



INSTITUTO  
MILENIO  
BIODIVERSIDAD  
DE ECOSISTEMAS  
ANTÁRTICOS Y  
SUBANTÁRTICOS

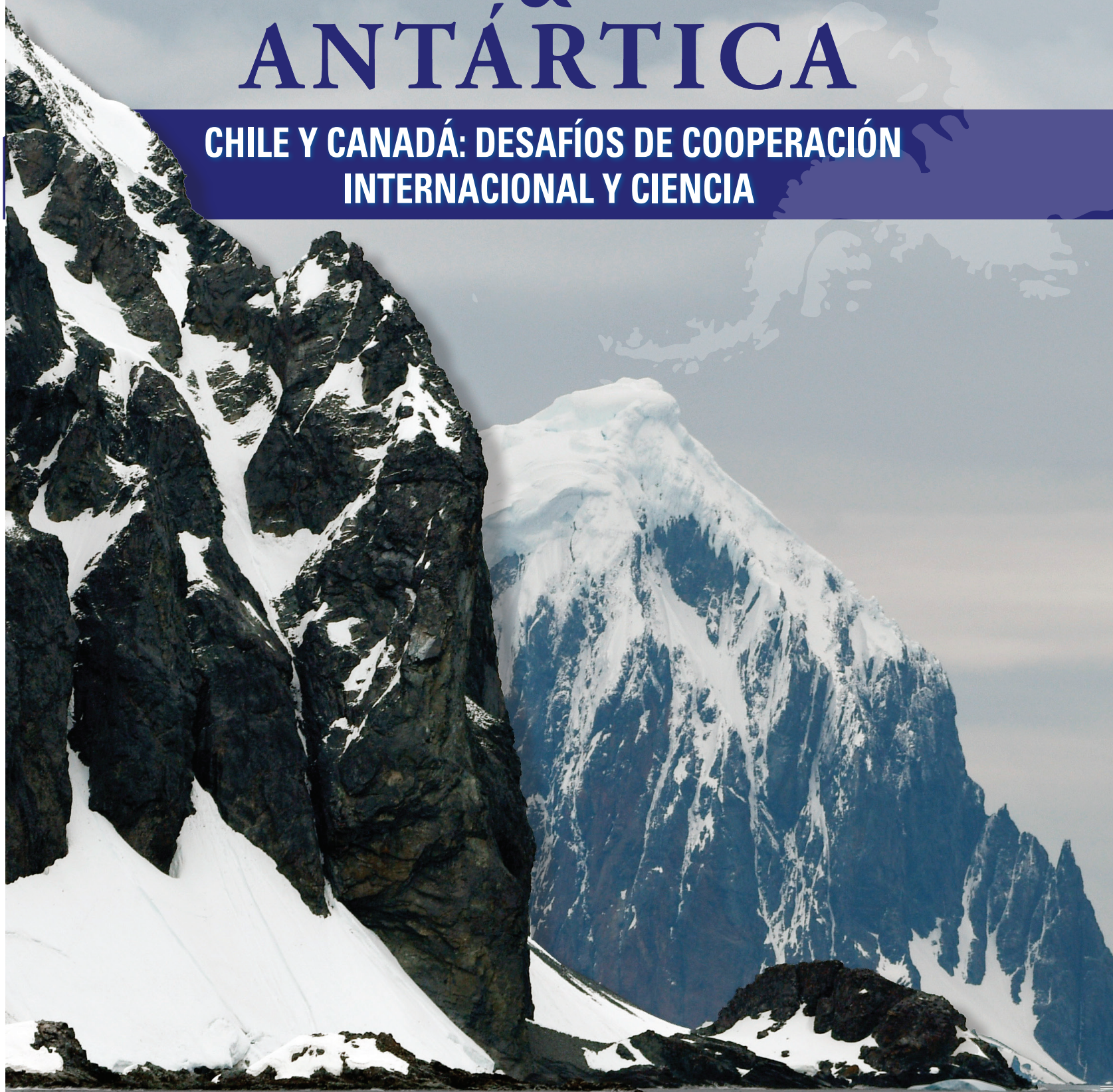


UNIVERSIDAD  
DE CHILE  
FACULTAD DE DERECHO

Canada 

# ÁRTICO & ANTÁRTICA

**CHILE Y CANADÁ: DESAFÍOS DE COOPERACIÓN  
INTERNACIONAL Y CIENCIA**





### *Autores*

Luis Valentín Ferrada  
Giovannina Sutherland  
Marcelo Masalleras  
Karin Gerard  
Máximo Frangopulos

### *Edición Editorial*

María Jesús Maibe

### *Diseño*

Juan Carlos Olate

### *Fotografías*

Aaron Cádiz Véliz, Marcelo Masalleras, Nadia Politis, Cristián Campos Melo

*Fotografía de portada:* Aaron Cádiz Véliz

*ISBN:* 978-956-08060-3-1

El Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos, conocido también como Instituto Milenio BASE, pertenece a la Iniciativa Científica Milenio, un programa de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile. Más información en <https://www.institutobase.cl>

Esta obra ha sido financiada por la Embajada de Canadá en Chile en el marco de un convenio firmado con Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos



INSTITUTO  
MILENIO  
BIODIVERSIDAD  
DE ECOSISTEMAS  
ANTÁRTICOS Y  
SUBANTÁRTICOS



UNIVERSIDAD  
DE CHILE  
FACULTAD DE DERECHO

Canada





INSTITUTO  
MILENIO  
BIODIVERSIDAD  
DE ECOSISTEMAS  
ANTÁRTICOS Y  
SUBANTÁRTICOS



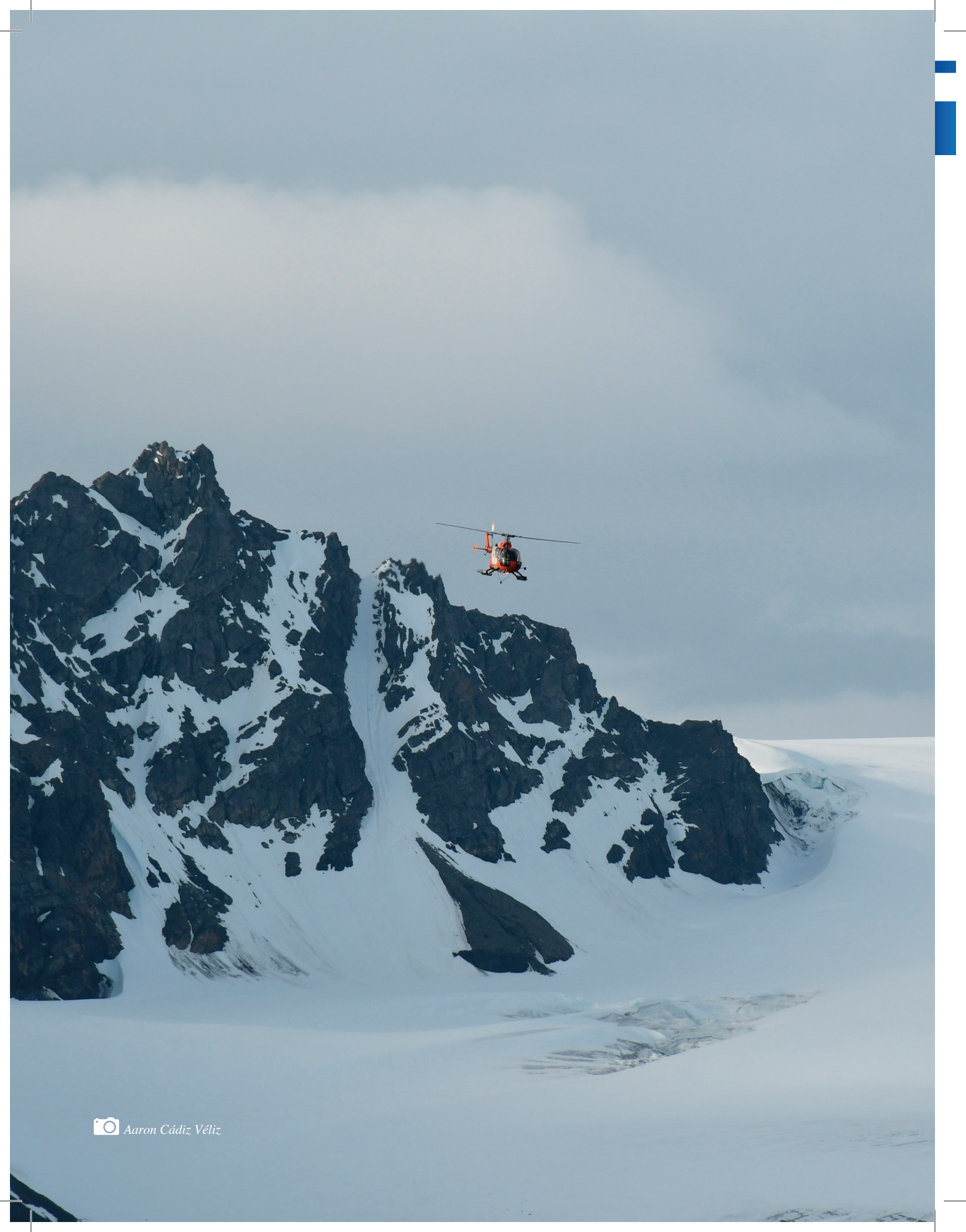
UNIVERSIDAD  
DE CHILE  
FACULTAD DE DERECHO

Canada 

# ÁRTICO & ANTÁRTICA

**CHILE Y CANADÁ: DESAFÍOS DE COOPERACIÓN  
INTERNACIONAL Y CIENCIA**







# Índice

## Presentación Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (BASE)

*Julieta Orlando* ..... 7

## Presentación Programa de Estudios Antárticos, Facultad de Derecho Universidad de Chile

*Luis Valentín Ferrada* ..... 9

## Desafíos de la Gobernanza Polar: El Ártico y la Antártica, una visión comparada

*Luis Valentín Ferrada* ..... 11

*Introducción* ..... 11

*Los polos como espacios históricos de atracción* ..... 11

*El cambio climático y la nueva centralidad de los polos* ..... 12

*Comparación polar: Ártico vs. Antártica* ..... 12

*Similitudes superficiales, diferencias profundas* ..... 13

*Aplicación de normas jurídicas y órganos de gobernanza internacional* ..... 15

*Conclusiones* ..... 16

## Tensiones Geopolíticas en el horizonte polar

*Marcelo Masalleras* ..... 19

*Aumento de interés antártico en un contexto que cambia* ..... 20

*¿Qué significa esto para Chile?* ..... 21

## República Popular China en la Antártica

*Giovannina Sutherland* ..... 25

## Observatorio Marino: Monitoreo de impactos de cambio climático actual y futuro sobre la biodiversidad antártica y subantártica

*Karin Gerard* ..... 34

*El Observatorio Marino: monitoreo a largo plazo de biodiversidad marina antártica y subantártica* ..... 34

*Herramientas nuevas para la Antártica* ..... 34

## Floraciones Algales Nocivas en ecosistemas subantárticos y antárticos: Desafíos y perspectivas

*Máximo Frangopulos* ..... 37

*Introducción* ..... 37

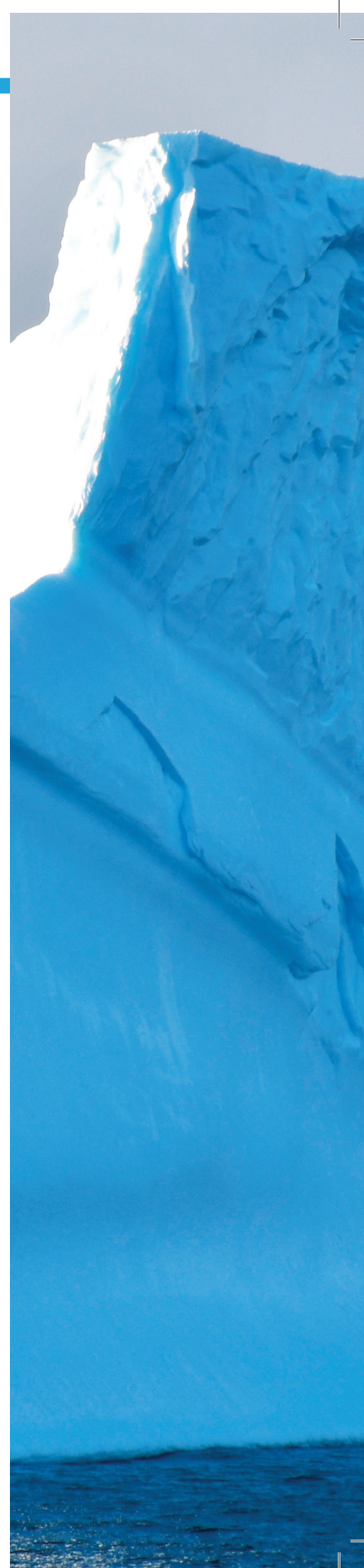
*El fenómeno de las Floraciones Algales Nocivas o mareas rojas* ..... 38

*Historia y registros de Floraciones Algales Nocivas (FANs) en la Patagonia austral* ..... 38

*Microalgas tóxicas: las protagonistas invisibles* ..... 39

*Transferencia de toxinas en la cadena alimentaria* ..... 40

*Desafíos y perspectivas futuras* ..... 41









# Presentación Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (BASE)

Julieta Orlando

*Directora Alterna, Instituto Milenio BASE*

*Profesora Asociada, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile*

En representación del Instituto Milenio de Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (BASE), es una gran satisfacción presentar este libro que refleja la colaboración entre nuestra institución, el Programa de Estudios Antárticos de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chile, y la Embajada de Canadá. Esta publicación surge de los seminarios realizados en Santiago y Punta Arenas en marzo de 2025, y constituye un valioso testimonio del diálogo académico y diplomático en torno a los desafíos geopolíticos del Ártico y la Antártica.

La cooperación entre Chile y Canadá, países con trayectorias y perspectivas polares complementarias, resulta especialmente significativa. Canadá, con su vasta experiencia en el Ártico, y Chile, como puerta natural de entrada a la Antártica, comparten una responsabilidad común: contribuir al conocimiento, la preservación y la gobernanza de regiones clave para el equilibrio del planeta. Este libro reúne reflexiones que abarcan desde la gobernanza y la geopolítica hasta los impactos ambientales y la biodiversidad, mostrando la riqueza de un enfoque interdisciplinario y comparado.

Desde el Instituto Milenio BASE buscamos fortalecer la comprensión de cómo los ecosistemas antárticos y subantárticos responden a la crisis climática y de biodiversidad, al tiempo que promovemos la colaboración internacional como pilar de la investigación científica y la toma de decisiones en contextos complejos. Por ello valoramos especialmente que en estas páginas confluyan miradas diversas que permiten reconocer la interdependencia entre la investigación académica y la gobernanza internacional. Tal como muestran las ponencias reunidas en esta obra, los polos no pueden entenderse de manera aislada: son espacios que reflejan tensiones globales, pero también oportunidades para la cooperación pacífica y el desarrollo de conocimiento compartido.

Confiamos en que esta publicación contribuya a consolidar un diálogo informado y duradero entre nuestras comunidades, y que, a su vez, refuerce la colaboración internacional necesaria para enfrentar los desafíos que Ártico y Antártica plantean en el presente y proyectan hacia el futuro. Que sus páginas estimulen nuevas preguntas, fortalezcan los vínculos y nos permitan avanzar hacia una visión compartida de los polos como espacios de paz, conocimiento y cooperación internacional.







# Presentación Programa de Estudios Antárticos, Facultad de Derecho, Universidad de Chile

Luis Valentín Ferrada

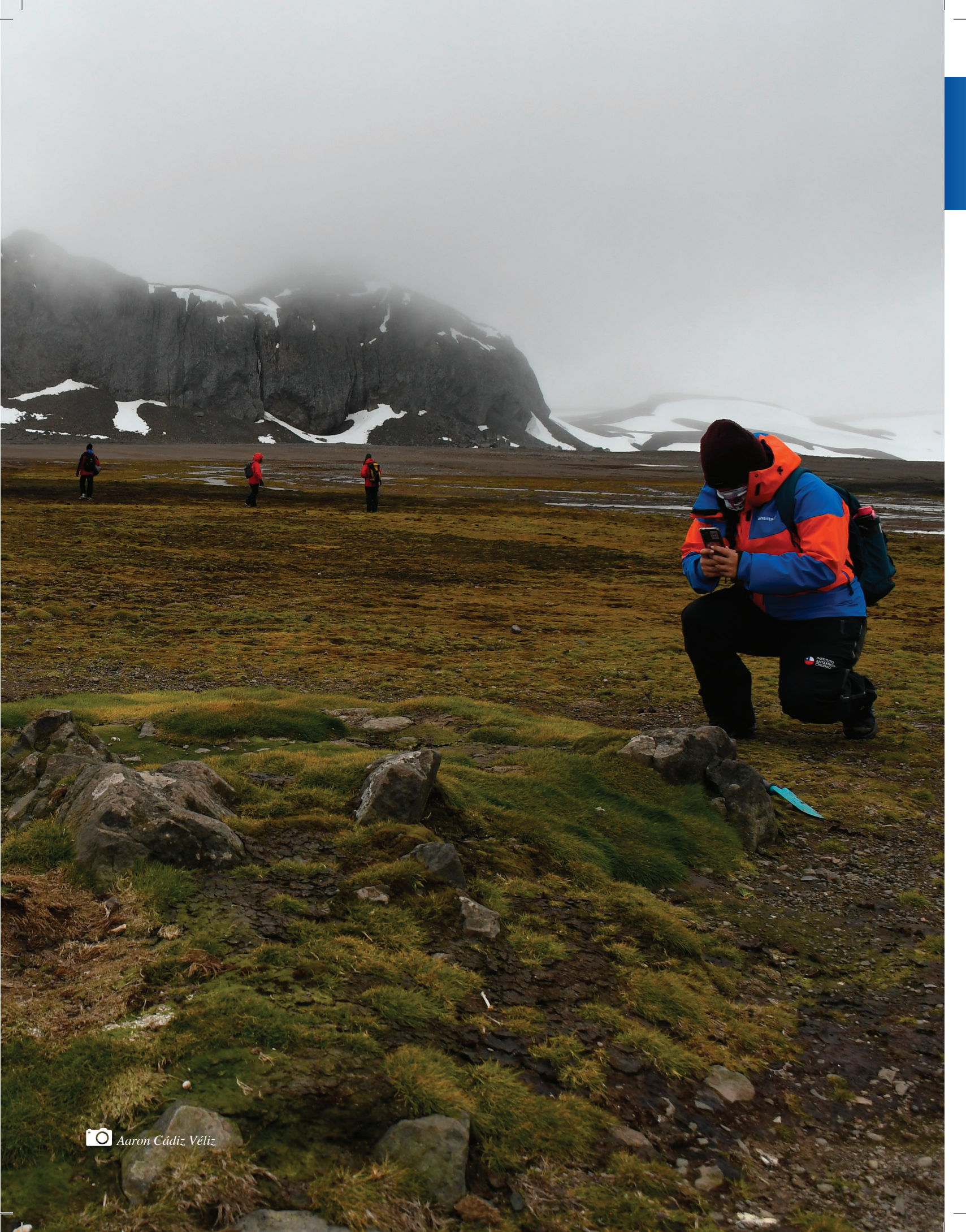
*Director del Programa Estudios Antárticos, Facultad de Derecho, Universidad de Chile  
Investigador principal, Instituto Milenio BASE*

El objeto de estudio principal del Instituto Milenio BASE son los ecosistemas antárticos y subantárticos, en una mirada amplia que comprende la biodiversidad, la conservación y el derecho. Sin embargo, en un mundo en que los fenómenos y procesos naturales y políticos necesariamente se interrelacionan, hace ya mucho tiempo que hemos comprendido que debemos estar también atentos a cuanto ocurre en el Ártico. Aún más, hemos emprendido campañas científicas hacia el Polo Norte (el que fue alcanzado por uno de nuestros equipos el 17 de julio del 2024) y reflexionado acerca de cómo funciona su gobernanza (por ejemplo, en el Diplomado sobre Estudios Polares que uno de nuestros investigadores codirige en la Universidad Complutense de Madrid). Por lo mismo que nos pareció tan atractivo cuando, con motivo de la visita a Chile del buque HMCS Margaret Brooke de la Real Armada Canadiense, la Embajada de Canadá nos propuso realizar algunas actividades académicas en que pudiéramos dialogar sobre nuestras respectivas experiencias polares. Canadá es un país eminentemente ártico, que con el correr de los años ha manifestado su interés en la Antártica; Chile es un país eminentemente antártico, que de un modo tal vez no tan decidido, pero sí con una recurrencia regular, ha manifestado su interés por el Ártico. Tenemos mucho de que conversar.

En este sentido, esperamos que la presente publicación sea solo un acercamiento inicial a un trabajo de largo aliento. Ella ha sido preparada en conjunto por el Programa de Estudios Antárticos de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chile, el Instituto Milenio BASE y la Embajada de Canadá en Chile, y recoge algunas de las ponencias presentadas tanto en el seminario “Desafíos geopolíticos del Ártico y la Antártica” desarrollado por estas tres instituciones en Santiago el día 20 de marzo de 2025, como en el seminario “Los polos cambiantes: Antártica y el Ártico”, organizado en Punta Arenas por la Embajada de Canadá junto a la Universidad de Magallanes, el día 24 de marzo de 2025, y en que también participaron investigadores del Instituto Milenio BASE.

Los desafíos ambientales, de gobernanza y de todo tipo que enfrentan ambos polos son enormes. La única manera de afrontarlos adecuadamente es actuando en conjunto y coordinadamente. Para que ello sea posible, es necesario previamente difundir el conocimiento al respecto, tarea en la que queremos contribuir mediante los trabajos aquí contenidos. Esperamos que ellos incentiven un diálogo informado sobre estas materias.







# Desafíos de la Gobernanza Polar: El Ártico y la Antártica, una visión comparada

Luis Valentín Ferrada<sup>1</sup>

## *Introducción*

Ambas regiones polares, la Antártica y el Ártico, representan áreas de especial interés desde muchas perspectivas distintas, existiendo una relación recíproca en cómo lo que ocurre en el resto del mundo las afecta y cómo ellas condicionan la vida en el resto del planeta. En esta publicación se abordan algunas de esas facetas e interrelaciones, como asimismo la vinculación entre ambos polos.

En este sentido, el objeto de estas líneas es ofrecer un marco introductorio general a los temas que luego se abordarán con mayor profundidad. Para ello, se hará referencias a las similitudes y en particular a las diferencias entre el Ártico y la Antártica en tanto espacios geográficos, y en cuanto a la gobernanza de cada uno de ellos. Obviamente, ambas zonas polares tienen parecidos, e incluso enfrentan algunos problemas similares, pero, como se verá, hay una serie

de elementos naturales, sociales y políticos que obligan a distinguirlos.

Este texto es una versión editada de la ponencia que ofrecí en el seminario “Desafíos geopolíticos del Ártico y la Antártica”, organizado en Santiago en el mes de marzo del 2025 por la Embajada de Canadá, por el Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (BASE), y por el Programa de Estudios Antárticos de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chile. Algunas de las otras ponencias entonces expuestas se incluyen también en esta obra. Asimismo, se recogen algunos de los trabajos presentados en un segundo seminario que, bajo el nombre de “Los polos cambiantes: Antártica y el Ártico”, organizó la Embajada de Canadá junto a la Universidad de Magallanes, también en marzo del 2025, en Punta Arenas.

## *Los polos como espacios históricos de atracción*

Desde tiempos remotos, los polos han representado una fuerte atracción para la humanidad. Han sido partes de la imaginación y sueño de los exploradores, y en los mapas se dibujaban poblados de bestias fantásticas y mitológicas. Cuando el desarrollo tecnológico permitió organizar expediciones hacia la profundidad polar, aparecieron figuras emblemáticas como el estadounidense Robert Peary, quien afirmó haber alcanzado el Polo Norte en 1909 (aunque posteriormente su hazaña fue debatida), y el noruego Roald Amundsen, quien llegó con certeza al Polo Sur en 1911.

También el capitán británico Robert Falcon Scott, quien alcanzó el Polo Sur semanas después de Amundsen, en enero de 1912, y falleció trágicamente en su intento de retorno.

Se trata de ejemplos clásicos de esta fascinación del ser humano por llegar a los extremos de sus posibilidades. Son asimismo episodios que ilustran cómo las regiones polares han sido, desde sus exploraciones iniciales, escenarios de desafío, ambición y tragedia.

<sup>1</sup> Doctor en Derecho. Director del Programa de Estudios Antárticos, Facultad de Derecho Universidad de Chile. Investigador Principal, Instituto Milenio BASE.



## *El cambio climático y la nueva centralidad de los polos*

En el presente, la atención hacia el Ártico y la Antártica ya no es exclusiva de exploradores y aventureros. El cambio climático ha obligado a que todos, como comunidad internacional, centremos nuestra atención en estas regiones.

Este fenómeno ha puesto en evidencia dos aspectos fundamentales, en un sentido complementarios, pero también hasta cierto punto contrarios.

Por una parte, ambos polos representan una gran vulnerabilidad ecológica, encontrándose el Ártico y la Antártica entre las zonas más afectadas por el cambio

climático. Sus ecosistemas, de gran fragilidad, son especialmente sensibles y vulnerables al calentamiento global, uno de los fenómenos resultantes del cambio climático a nivel mundial.

Por otra parte, ambas regiones polares, y en particular la Antártica, juegan un papel crucial en el equilibrio climático del planeta en su conjunto. En efecto, sus entornos fríos influyen directamente sobre las corrientes marinas y atmosféricas, repercutiendo de este modo en los sistemas climáticos del resto del mundo. Lo que ocurre en los polos no es un fenómeno aislado; tiene consecuencias globales.

### *Comparación polar: Ártico vs. Antártica*

Aunque superficialmente el Ártico y la Antártica comparten una característica evidente – su cobertura de hielo –, este parecido es más aparente que real. De partida porque las estaciones en cada hemisferio, y las épocas de mayor y menor presencia de hielo, son opuestas. El verano austral se corresponde con el invierno boreal. Pero, además, porque se trata de hielos muy distintos.

En efecto, mientras el Ártico es un océano congelado rodeado de tierras (también llamado Océano Glacial Ártico), la Antártica es todo lo contrario, se trata de un continente cubierto de hielo rodeado de océanos. En este sentido, el hielo marino antártico, que cada invierno se extiende por los mares que rodean al continente austral y cada verano se derrite, tiene alguna similitud con el hielo del Ártico, pero los glaciares y el hielo continental del sexto continente, que de hecho constituyen la mayor reserva de agua dulce del planeta, no tiene ningún equivalente en el extremo norte de la Tierra.

Lo anterior, sin perjuicio de además considerar cómo el cambio climático ha afectado a la cantidad de hielo que cada año se forma, se conserva o se pierde en cada una de las zonas polares. Esto es especialmente evidente en el caso del Ártico, que en los últimos años ha presentado niveles de

hielo mucho menores que los observados históricamente. La Antártica no está ciertamente ajena a estos procesos, pero de algún modo la barrera ecológica y climática que constituye la corriente circumpolar antártica ha permitido moderar en algo sus efectos.

La existencia de hielo en ambos polos tiene una explicación astronómica: el movimiento de rotación y traslación de la Tierra, sumado a su inclinación axial, lo que provoca que durante seis meses del año uno de los polos reciba luz solar oblicua en tanto el otro no recibe luz en lo absoluto. Esto genera condiciones extremas y temperaturas muy bajas, aún durante los periodos de luz continua.

La extensión del área que en cada polo recibe luz o permanece en oscuridad, alternadamente, determina el círculo polar. Así, los círculos polares ártico y antártico representan una de las líneas imaginarias que sirven para delimitar las zonas polares. Al norte del círculo polar ártico y al sur del círculo polar antártico hay, al menos, un día al año en que no sale o se pone al sol. En cada uno de los polos ello ocurre durante seis meses, lo que va variando hasta los círculos polares, al sur y al norte de los cuales, respectivamente, el sol sale y se pone los 365 días del año.



En el caso del Ártico, esta línea comprende enormes superficies de territorios habitados, en América del Norte y Eurasia, los que están por cierto sujetos a diversas soberanías estatales. En cambio, en la Antártica, la relevancia de esta línea es menor, dado que los instrumentos del Sistema del Tratado Antártico rigen al sur de los 60° de latitud sur o al sur de la convergencia antártica (entre los 60° y los 45° de latitud sur, según las áreas), por lo que el círculo polar carece de mayores efectos prácticos.

## *Similitudes superficiales, diferencias profundas*

Una comparación popular, pero certera, entre ambas regiones es la referida a sus especies emblemáticas: el oso polar en el Ártico y el pingüino en la Antártica. Esta distinción sirve para ilustrar una realidad más profunda: la notable diferencia ecológica entre ambas regiones. No existen pingüinos en el Ártico, ni osos polares en la Antártica. De hecho, si alguna vez se ve una imagen que sugiera lo contrario, es señal de desconocimiento.

Más allá de lo anecdótico, las diferencias entre ambas áreas polares son sustanciales.

La primera de ella, de naturaleza geográfica, ya la hemos señalado: La Antártica es un continente cubierto por una gruesa capa de hielo continental de más de 2.000 metros de profundidad en promedio, circundado por un mar que en parte se congela y descongela a lo largo del año. Predominantemente, el hielo antártico está formado por glaciares que fluyen lentamente desde el interior del continente hacia la costa, donde se desprende transformado en icebergs. El Ártico, en cambio, es un océano congelado con hielo marino flotante de solo algunos metros de profundidad, rodeado por tierras de los continentes americanos y euroasiático, que también integran su ecosistema. Esta capa de hielo que constituye el Océano Glacial Ártico ha estado allí por miles de años, pero, como demuestran las últimas décadas, es especialmente vulnerable al cambio climático.

El clima es mucho más severo y las temperaturas son más bajas en la Antártica que en el Ártico. El primero es el continente más alto, más frío, más ventoso y más aislado del planeta.

Como queda de manifiesto, y profundizaremos más adelante, estas diferencias geofísicas entre ambas zonas polares tienen implicancias geopolíticas profundas, especialmente en cuanto al ejercicio de la soberanía, al acceso a recursos naturales comercialmente explotables, a las rutas marítimas y a la gobernanza internacional.

Estas diferencias físicas influyen profundamente en la biota de cada región. El Ártico posee una flora relativamente rica, con pastos, flores silvestres y tundra que florecen durante el verano boreal. La Antártica, en cambio, presenta una vegetación extremadamente limitada: solo dos especies de pasto, algunos líquenes y musgos, todos confinados a escasas zonas libres de hielo.

La fauna también difiere en su composición y adaptabilidad. La corriente circumpolar antártica ha aislado la Antártica de otros ecosistemas, generando una biodiversidad muy particular. Muchas especies son endémicas o han evolucionado bajo condiciones extremas. En principio, existe una biodiversidad mucho más abundante en las especies marinas que en las terrestres, distinguiéndose las ballenas, focas, el kril y aves marinas como los albatros y ciertamente los pingüinos. En el Ártico, por su parte, la conectividad entre los continentes y la capa de hielo sobre el mar congelado permite que ciertas especies compartan hábitats entre la zona polar, Eurasia y América del Norte. Esta continuidad geográfica facilita la migración y la distribución de la fauna terrestre adaptada al hielo, como osos polares, renos, zorros árticos o ciertos mamíferos marinos. Salvo el caso de algunas aves, estas migraciones son un fenómeno impensable en la Antártica, debido a su aislamiento geográfico.

Estas diferencias físicas explican también la disparidad en la presencia humana. El Ártico ha estado habitado desde tiempos inmemoriales por pueblos indígenas. Existen más de 40 grupos étnicos diferentes, entre los que se cuentan los saami en las zonas circumpolares de Finlandia, Suecia, Noruega y el noroeste de Rusia; a los nenets, khanty, evenks y chukchi en Rusia; a los aleuts, yupik e inuit (iñupiat) en Alaska



(Estados Unidos de Norteamérica); a los inuit (inuvialuit) en Canadá; y a los inuit (kalaallit) en Groenlandia. Todos los países árticos, excepto Islandia, tienen pueblos indígenas como parte de su población. Estos grupos han desarrollado culturas, lenguas y modos de vida propios, estrechamente vinculados al entorno natural. En contraste, la Antártica no cuenta con habitantes originarios. La presencia humana allí es exclusivamente exógena: científicos, personal militar, operadores logísticos y turistas, cuya estancia es estacional y depende completamente del apoyo externo. Hasta la fecha, no es posible vivir de forma autónoma en la Antártica, a diferencia del Ártico, donde existen comunidades humanas permanentes. El cambio climático podría modificar este panorama en el futuro, pero por ahora, esa diferencia es categórica.

La presencia humana conlleva inevitablemente la explotación de recursos. El Ártico es rico en petróleo, gas natural, recursos pesqueros y minerales, que son explotados con distintos niveles de regulación, generalmente más laxa en comparación con la Antártica. Esta explotación tiene implicancias ecológicas, políticas y económicas significativas. A ello se suma que, en ocasiones respaldado por razones culturales, se mantienen la caza de ballenas o de focas.

La Antártica, por su parte, también posee grandes riquezas naturales, pero la explotación de minerales e hidrocarburos está completamente prohibida por el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medioambiente. La pesca está estrictamente regulada conforme a la Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos. Otros tipos de explotación, como la caza comercial de ballenas o focas, aunque históricamente relevantes, hoy no existen. En general, todas las actividades que se realizan en la Antártica están sometidas a rigurosos controles ambientales. De este modo, el Sexto Continente se presenta como un espacio donde prima la conservación por sobre la explotación económica.

Estas diferencias influyen directamente en cómo los estados perciben y abordan los asuntos de cada una de las regiones polares. La Antártica, incluso desde antes que el Tratado Antártico entrara en vigor en 1961, se ha consagrado como un gran espacio de paz, desmilitarizado y desnuclearizado, donde priman las actividades científicas, la cooperación internacional y la protección del medioambiente. El Ártico,

en cambio, es un área mucho más controvertida, donde las actividades militares y de explotación de recursos se realizan en forma abierta, amplia y regular, y en que el desarrollo institucional que ha seguido a la Declaración de Ottawa (1996), que creó al Consejo Ártico como foro de alto nivel intergubernamental, ha tenido objetivos más modestos y sido mucho menos robusto que el Sistema del Tratado Antártico.

Existen cinco países con litoral en el Océano Glacial Ártico (Canadá, Dinamarca –a través de Groenlandia–, Noruega, Rusia y Estados Unidos –a través de Alaska), y otros tres países que, a pesar de estar un poco más retirados, también se consideran como Estados Árticos (Islandia, Suecia y Finlandia). Todos ellos poseen significativos intereses estratégicos y económicos en el área. La proximidad geográfica y la viabilidad técnica de explotación de recursos hacen que las decisiones sobre el Ártico impacten directamente en sus economías.

En cambio, el Tratado Antártico y el régimen creado a su amparo ha sido exitoso en garantizar la paz y la protección medioambiental, en parte, por la lejanía y difícil acceso hacia el continente austral. En otras palabras, resulta más barato –económica y políticamente– limitar las actividades y proteger el medioambiente de un territorio cuya explotación no afecta directamente el desarrollo económico cotidiano de un país.

Aun así, hay ciudades que sí dependen parcialmente de las actividades antárticas. Por ejemplo, Ushuaia (Argentina) genera ingresos importantes del turismo antártico, mientras que Punta Arenas y Puerto Williams (Chile) cumplen un rol clave en los programas científicos y en el apoyo logístico de sus actividades en el sexto continente, además de una participación más reducida en materia de turismo. Sin embargo, a nivel global, la Antártica tiene un impacto económico mucho menor que el Ártico.

Finalmente, todas estas diferencias materiales también se reflejan en los regímenes jurídicos con que se gobiernan ambas regiones polares y en el rol de la soberanía en ellos. En el Ártico, los Estados ribereños no solo ejercen su soberanía nacional sobre sus territorios continentales dentro del Círculo Polar Ártico, sino que también la proyectan a sus zonas marítimas conforme el Derecho



del Mar (mar territorial, zona contigua, zona económica exclusiva, plataforma continental jurídica y plataforma continental extendida). Esta realidad jurisdiccional ha generado tanto acciones de cooperación como conflictos, pero la autoridad de cada uno de tales Estados es por lo general no disputada.

En el caso de la Antártica, siete países afirman derechos soberanos sobre distintos sectores del continente: Chile, Argentina, Reino Unido, Noruega, Australia, Francia y Nueva Zelanda. Al respecto, el Tratado Antártico suspendió las controversias sobre soberanía en el sexto continente, reconociendo la existencia de estos derechos, pero en caso alguno solucionó las disputas sobre ello. Estas no solo son entre estos siete países, y en particular entre

Chile, Argentina y Reino Unido cuyos territorios están parcialmente superpuestos, sino que también lo son respecto a los demás estados que no reconocen los derechos territoriales invocados por los países nombrados. Lo que el Tratado Antártico hizo fue fijar un statu quo, a un tiempo que impide las actividades de carácter militar y privilegia la realización de investigaciones científicas en el área al sur de los 60° de latitud sur. A ello se agregó la creación de un mecanismo de gobernanza internacional a través de las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico, en las que hoy un grupo de 29 Estados deciden por consenso sobre la administración y protección del continente austral. Esto se ha visto respaldado y complementado por los instrumentos y medidas que componen el régimen internacional del Sistema del Tratado Antártico.

## *Aplicación de normas jurídicas y órganos de gobernanza internacional*

Como no debiera resultar sorprendente, la aplicación del derecho también difiere en cada una de las regiones polares.

En términos generales, en la Antártica la aplicación de las normas ante algún suceso de relevancia jurídica se produce según en siguiente orden de prelación:

- En primer lugar, se aplican las disposiciones del Sistema del Tratado Antártico, constituido por cuatro tratados internacionales (el Tratado Antártico, la Convención sobre Focas Antárticas, la Convención sobre Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos, y el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medioambiente) y por las disposiciones acordadas en dos foros internacionales (la Reunión Consultiva del Tratado Antártico y las reuniones de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos).
- Si no se encuentra una solución en dichas normas, o en aquellos aspectos que ellas no comprenden, se aplica el derecho doméstico, el cual obviamente varía entre cada uno de los estados implicados. En principio, los siete países que afirman soberanía sobre porciones de la Antártica, y al menos respecto a esas áreas, consideran que sus leyes domésticas se aplican con eficacia territorial. Por su parte, los demás estados aplican, sobre sus ciudadanos, sus leyes nacionales con

eficacia personal. El tema del ejercicio de la jurisdicción sobre las personas en el sexto continente y sus mares circundantes es, por razones políticas y jurídicas, uno de los aspectos más complejos de la gobernanza antártica.

- Finalmente, ante la ausencia de una solución, ya sea en el Sistema del Tratado Antártico o mediante la aplicación del derecho doméstico, no queda más que recurrir al Derecho Internacional general.

En el Ártico, este orden de alguna manera se invierte:

- En primer lugar, se aplica el derecho doméstico de los estados sobre sus respectivos territorios soberanos al norte del círculo polar ártico y, en el caso de los cinco ribereños al Océano Glacial Ártico, se aplica también el derecho doméstico sobre las masas de agua o de mar congelado en las áreas bajo su jurisdicción que se proyectan desde sus costas, en conformidad al derecho del mar.
- En segundo lugar, y en cuanto corresponda, se aplicarán las normas del Derecho Internacional general y, en particular del Derecho del Mar (especialmente la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar). Aunque Estados Unidos no es parte de este tratado, dado que sus normas son consideradas en



buena medida como derecho consuetudinario, sus disposiciones debieran por lo general ser aceptadas.

- Luego, en las materias pertinentes, corresponde aplicar las normas de derecho indígena, situación que claramente no ocurre en la Antártica.
- Finalmente, y si bien los acuerdos adoptados en el Consejo del Ártico son de naturaleza más política que jurídica, o bien de *soft law*, hay al menos tres acuerdos vinculantes y obligatorios: el Acuerdo de Cooperación sobre Búsqueda y Salvamento Aeronáutico y Marítimo en el Ártico (2011), el Acuerdo de Cooperación sobre Preparación y Respuesta a la Contaminación Marina por Hidrocarburos en el Ártico (2013), y el Acuerdo para Mejorar la Cooperación Científica Internacional en el Ártico (2017).

Los principales órganos de gobernanza internacional de ambas regiones dan cuenta asimismo de sus realidades particulares.

En el caso de la Antártica, como ya se ha señalado, el principal foro de toma de decisiones es la Reunión Consultiva del Tratado Antártico, que se reúne en forma anual. Allí se abordan los asuntos políticos generales, incluyendo los temas de protección ambiental. Actualmente congrega a un total de 29 Estados Consultivos, sin perjuicio de la eventual asistencia, aunque sin derecho a participar en los procesos de toma de decisiones, de los otros 29 Estados No-Consultivos, y de las entidades que se invitan como Observadores o como Expertos. Complementariamente, la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos, organización internacional que celebra su reunión principal también una vez al año, regula la explotación pesquera y de recursos vivos marinos en general. Si bien esta convención

fue originalmente de carácter pesquero, en las últimas décadas ha incorporado progresivamente un enfoque más ambientalista. Participan en los procesos de toma de decisiones de la Comisión un total de 26 Estados, más, bajo ciertas reglas especiales, la Unión Europea.

Por su parte, en el caso del Ártico, el órgano principal de gobernanza internacional es el Consejo del Ártico. En él participan tanto los cinco estados ribereños del océano Ártico como los otros tres países árticos no-ribereños. También tienen la condición de participantes permanentes seis agrupaciones que representan a los diversos grupos indígenas de la región. Además, son invitados a asistir en calidad de Observadores, representantes de otros 13 estados, de 13 organizaciones interestatales y de 12 organizaciones no-gubernamentales.

Esta diferencia en la estructura institucional también se refleja en el grado de internacionalización en la gobernanza de cada una de las regiones polares, derivado ciertamente de su situación geográfica. Mientras que en la Antártica hay 29 países con capacidad de participar en la toma de decisiones en las Reuniones Consultivas o 26 estados más una organización regional en las reuniones de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos, conforme unas membresías que no depende necesariamente de su posición geográfica, sino que del compromiso histórico que han demostrado con cuanto ocurre en el sexto continente, la participación en los procesos de toma de decisiones en el Ártico es mucho más acotada, estando básicamente restringida a un grupo de ocho países que ejercen su influencia conforme a su cercanía geográfica y su interés estratégico en la región polar boreal. Lo anterior, sin perjuicio que en el entorno del Consejo del Ártico participa (y eventualmente influye) una gran cantidad de otras entidades, de muy diversa naturaleza.

## Conclusiones

El cambio climático y sus efectos sobre la criósfera y la biodiversidad representa un desafío mayúsculo para ambas regiones, obligándonos a desplegar serios esfuerzos para, por una parte, detener los procesos que lo causan, y en especial la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación de la atmósfera y los océanos, y por otra, para adaptarnos a los nuevos escenarios, tanto ecológicos

como políticos, que causará la pérdida de hielo en ambas regiones polares, lo que hasta cierto punto serán inevitables. Las realidades diversas del Ártico y la Antártica, conforme se ha detallado, producirán sin duda respuestas distintas y conducirán hacia resultados diferentes, pero hay algunas ideas matrices y semejanzas que también deben tenerse en cuenta.

En la Antártica, aunque el fenómeno del deshielo aún se concentra en zonas específicas, el aumento de áreas libres de hielo ha sido progresivo y preocupante desde una perspectiva ecológica. También el hielo marino que se forma cada invierno, su extensión y duración, está siendo afectado por el cambio climático, con efectos directos sobre la biota marina. Estas transformaciones tienen implicancias directas sobre la explotación de recursos, sobre decisiones que en el fondo son políticas, pero también sobre las condiciones para la vida humana en la Antártica. Seguramente son procesos que tomarán todavía muchos años, pero no puede olvidarse que las islas Shetland del Sur están a la misma latitud que Islandia, solo que en el hemisferio opuesto. ¿Serán algún día más habitables? ¿Qué implica eso para países como Chile?

En el Ártico, por su parte, el derretimiento de los hielos, además de las enormes consecuencias ecológicas, ha abierto nuevas rutas de navegación entre los océanos Atlántico y Pacífico. Eso tiene grandes implicancias geopolíticas y económicas. También se han reactivado los debates sobre la plataforma continental extendida, o ha hecho que terceros estados, como China, muestren un interés cada vez mayor por esa región. El acceso a recursos antes inaccesibles genera nuevas oportunidades, pero también incrementa los riesgos de conflicto y la presión sobre el ecosistema. ¿Qué significa todo esto para países como Canadá?

Al concluir estas líneas, debe resaltarse que, más allá de sus diferencias, resulta esencial incentivar los estudios comparados de ambas regiones polares. Hay aspectos y desafíos en que se asemejan, y otros en que se distinguen, pero el aprender de las experiencias en el otro extremo del planeta será siempre de interés y la mayor parte de las veces de utilidad. Su disparidad debe ser comprendida para avanzar en modelos de gobernanza diferenciados, pero coordinados, que respondan adecuadamente a los desafíos

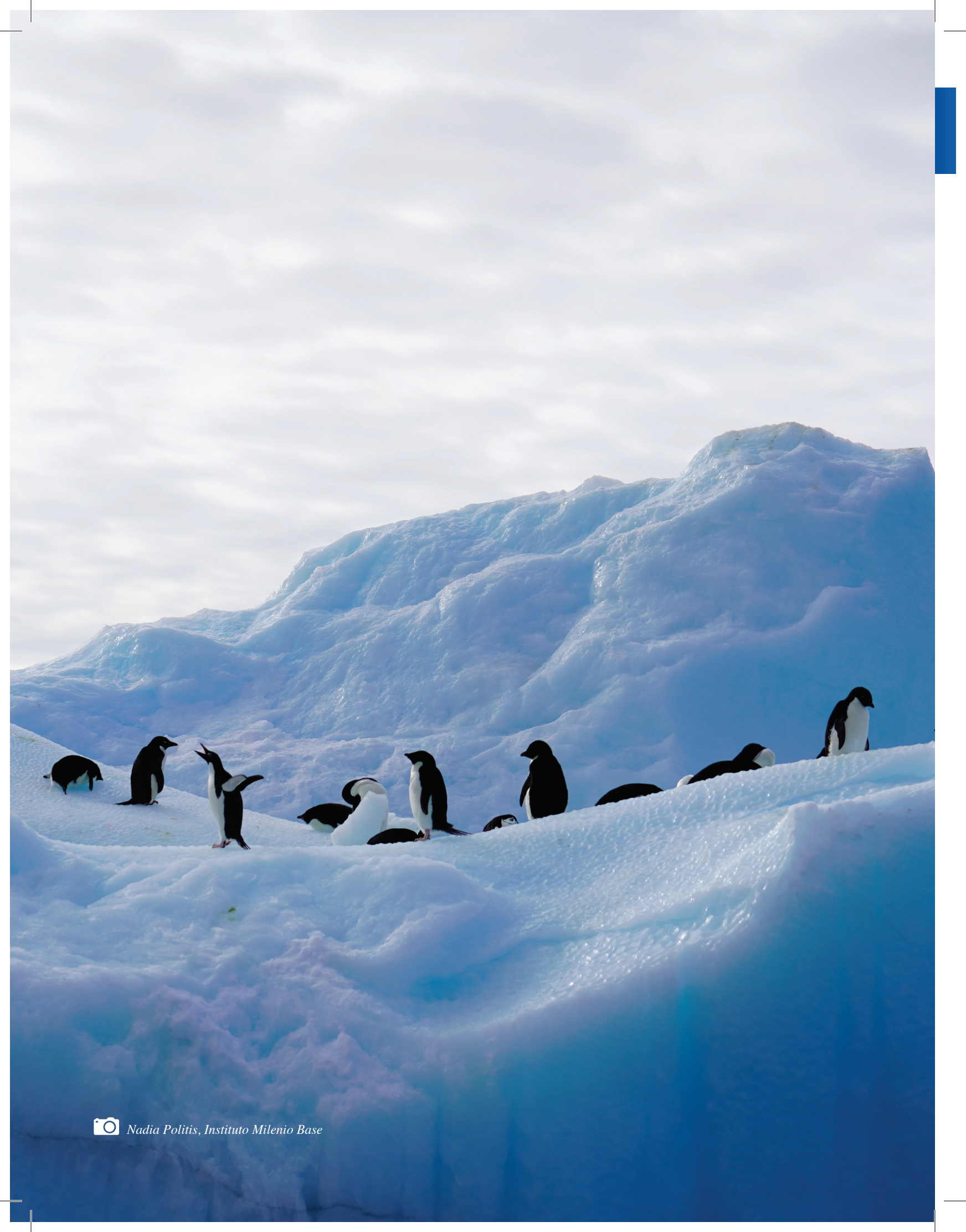
del cambio climático y las tensiones geopolíticas emergentes.

El futuro de la gobernanza polar dependerá de la capacidad de los estados para sostener una cooperación efectiva en contextos de creciente rivalidad. Tanto el Ártico como la Antártica enfrentan presiones externas –económicas, ambientales, geopolíticas– que pondrán a prueba los marcos jurídicos e institucionales actuales. Es fundamental no olvidar, como demuestra la experiencia del Sistema del Tratado Antártico, que incluso en contextos de competencia, como lo fue la Guerra Fría, es posible construir acuerdos duraderos y pacíficos. Para avanzar en ello resulta esencial que los actores internacionales involucrados comprendan que el destino de los polos está intrínsecamente ligado al destino del planeta.

Canadá es un país eminentemente ártico, pero que desde hace mucho posee vinculaciones con la Antártica, y que ha incrementado su interés en los últimos años, al punto de manifestar formalmente su intención de ser aceptado como Estado Consultivo del Tratado Antártico. Chile, por su parte, es un país intrínsecamente antártico, pero que desde 1928 es parte del Tratado de Spitsbergen (Svalbard) (1920) referido a la condición jurídica y explotación de dicho archipiélago ártico, y en los últimos años ha mostrado su interés por acercarse al Consejo del Ártico y eventualmente convertirse en Observador de este. Ambos países tienen mucho que aprender recíprocamente.

Asimismo, comprender acertadamente las dinámicas geopolíticas, económicas e incluso militares del Ártico, podría servir de alerta temprana para evitar oportunamente los conflictos y tensiones en la Antártica. Y, lo que sería aún mejor, la tradición pacifista y medioambientalista del continente austral podría inspirar el devenir de la región ártica.







# Tensiones Geopolíticas en el horizonte polar<sup>2</sup>

Marcelo Masalleras<sup>3</sup>



*Equipo de Athenalab e invitados en el Polo sur*

Para Chile, la Antártica y sus derechos en dicho continente son estratégicos. Tradicionalmente, los asuntos antárticos han sido abordados de manera predominante desde ópticas científicas y jurídicas, siempre con la visión de preservar este continente libre de contaminación y efectos por parte del ser humano. Así, la importancia de Sistema del Tratado Antártico (STA) radica en que ha significado estabilidad y

un alto nivel de acuerdos, el que ha sobrevivido por más de medio siglo.

No obstante, con el paso del tiempo, el interés por el continente blanco ha crecido a nivel global, ya sea para fines altruistas, como la investigación científica y la preservación del medio ambiente, pero también por razones quizás

2 El presente artículo extrae las principales ideas del Documento de Trabajo N° 30 de Athenalab "Actualización Geopolítica del Territorio Chileno Antártico", de octubre de 2024.

3 Investigador Senior en Athenalab. Ex oficial de Ejército, licenciado en Cs. Militares. Oficial de Estado Mayor de las Academias de Guerra del Ejército, Fuerza Aérea y del US Army Command and General Staff College. Master en Cs. Militares ACAGUE y en Seguridad Internacional de U. Georgetown. Ha sido docente en ACAGUE, Fuerza Aérea, así como en la Academia Militar de West Point EE.UU.



menos bondadosas, considerando los potenciales recursos naturales y la posición estratégica que tiene respecto de asuntos como la observación del espacio y el seguimiento satelital, entre otros.

Por lo anterior, se evidencia la necesidad de ampliar esta aproximación a una que tenga un importante componente geopolítico. Esto, pues el futuro de la Antártica estará mucho más determinado por factores y decisiones de este tipo que

por aquellos de naturaleza científica o temas exclusivamente jurídicos.

En las siguientes líneas se discutirá sobre el creciente interés que se evidencia sobre la Antártica, los cambios que están ocurriendo en el contexto geopolítico global, y cómo estos afectan el régimen antártico y, particularmente, a los intereses de Chile. Finalmente, se plantearán algunas ideas de cómo Chile puede enfrentar de mejor manera este escenario.

## *Aumento de interés antártico en un contexto que cambia*

El creciente interés por la Antártica se ve reflejado en múltiples aspectos. El más evidente es el número de Estados adscritos al Tratado Antártico (TA). Si en 1959 eran doce los países signatarios originales, hoy alcanzan a 58 partes. Si bien hay distintas condiciones de participación, lo cierto es que el aumento de firmantes es una realidad que va mucho más allá de la cercanía geográfica al continente blanco. Llama la atención que los últimos en adherirse fueron cuatro países lejanos, todos del hemisferio norte, tan variados como Costa Rica, San Marino, Arabia Saudita y Emiratos Árabes Unidos. La interrogante que primero aparece es cuáles son los intereses en la Antártica de países tan diversos y lejanos.

Del mismo modo, la cantidad e intensidad de actividades en territorio antártico solo aumenta con el tiempo. Por un lado, la cantidad de bases permanentes y temporales sólo se incrementa con los años. A modo de ejemplo, China inauguró su primera instalación recién en el año 1985. El año 2024 abrió su quinta plataforma, y ya empezó con los trámites de su sexta base; esta última, dentro de la zona no reclamada. Otro país que ha incrementado significativamente su presencia es India, quien han manifestado tener un serio compromiso con el continente, buscando asumir un rol importante a través de la contribución científica y el respeto al uso pacífico del continente. El asunto de las bases adquiere mayor importancia cuando no se tiene conocimiento de lo que se realiza en ellas y se presentan capacidades de uso dual que pueden ser empleadas con fines distintos a lo estrictamente científico, como en el ámbito militar.

Canadá, un país eminentemente del Polo Norte, no solo ha sido activo en la Antártica, sino que desde hace unos pocos años ha manifestado su intención de integrarse al TA

de manera formal. Son decenas las empresas canadienses con presencia en el Polo Sur, ya sea con operaciones aéreas y/o logísticas, como mediante la presencia de medios de transporte, equipamiento, vestuario especializado, entre otros. De hecho, hace pocas semanas, Canadá desplegó uno de sus buques a la zona antártica chilena, el HMCS “Margaret Brooke”, la primera visita de estas características por una nave de la Marina Real Canadiense.

Si bien el interés por la Antártica no es una novedad exclusiva de nuestros días, actualmente la atracción se da en un contexto geopolítico distinto al que caracterizaba el sistema internacional al momento de suscribirse el tratado. Primero, pues se vive en un orden internacional en transición, donde la unipolaridad de Estados Unidos está en retirada y es desafiada por una bipolaridad o multipolaridad —lo que está por verse—, que se traduce en mayor inestabilidad, lo cual ha sido una tónica en períodos de transición a lo largo de la historia universal. Así, la competencia y confrontación entre grandes potencias es lo que define al sistema, generando incertidumbre, fragmentación y eventuales presiones por alineación. En este sistema internacional degradado, en el cual se debilita el respeto por las reglas y se les otorga un menor valor a las instituciones internacionales, han surgido potencias revisionistas, lo que perfectamente puede afectar a las normas que han dado estabilidad al Sistema del Tratado Antártico (STA).

A lo anterior, se debe adicionar que esto ocurre en medio de un fenómeno de aceleración en casi todos los ámbitos, ya sea en el desarrollo tecnológico y del conocimiento, pero también en el crecimiento de la población y la consecuente demanda de alimentación, agua potable y otros recursos naturales, como pesca, petróleo y gas natural, todos con presencia antártica.

Del mismo modo, se evidencia una crisis política en una buena parte de los países, con claras muestras de problemas de representatividad, efectividad de los gobiernos, descontento transversal, falta de liderazgo político, dando paso a populismos peligrosos. Además, esto se da en medio de una crisis económica con evidentes muestras de proteccionismo, conflictividad entre las principales economías del mundo, acarreando una menor disponibilidad de recursos para satisfacer las siempre crecientes demandas sociales. Todo lo anterior, ante el desafío que impone el cambio climático, donde la Antártica representa un elemento importante, ya sea como factor relevante en el clima global o como víctima de los efectos que este fenómeno tiene y tendrá.

En resumen, el interés por la Antártica se da en un mundo más inestable, con menos respeto por las normas, con

una creciente demanda de recursos naturales —muchos de ellos presentes en el continente—, nuevos actores no estatales con influencia, alcance e interés por lo que ocurre y ocurrirá en el extremo sur del mundo, en un contexto de crisis política y económica de buena parte de los países, donde además el uso de la violencia persiste como herramienta para solucionar diferencias dentro y fuera de los Estados. Todo lo anterior significa mayor desafío a las reglas existentes —incluido el STA—, mientras potencias globales y regionales incrementan la búsqueda por ampliar sus áreas de influencia, así como asegurar el acceso a recursos estratégicos en aquellos espacios donde la soberanía estatal es menos clara o inexistente: océanos, espacio exterior, ciberespacio o zonas polares. Resultado: mayor presión geopolítica sobre la Antártica y el consecuente estrés para los intereses de Chile.

## *¿Qué significa esto para Chile?*

Chile es un país antártico, con claros y definidos derechos sobre su proyección hacia el Polo Sur. La continuidad y contigüidad geográfica, la herencia de la corona española, así como el ejercicio sostenido de la soberanía respaldan la definición de los límites del Territorio Chileno Antártico. No obstante, lo anterior, el aumento de interés y el contexto geopolítico significan riesgos para el país.

En primer lugar, el *statu quo* del TA está en riesgo, y pensar que su estabilidad será permanente no solo es iluso, sino que peligroso para los intereses nacionales. Ya sea por cambios en el sistema internacional, acelerados en los últimos años, o bien por el creciente interés —altruista o no— por el continente blanco y el impacto del cambio climático, se ha generado mayor estrés sobre el STA, el que podría terminar debilitándose o, eventualmente, siendo desafiado o desconocido.

Del mismo modo, no obstante, existen innumerables posiciones en común sobre la conservación y el régimen antártico con Argentina y el Reino Unido, no hay que olvidar que ambos Estados presentan reclamaciones territoriales que se superponen con el territorio nacional en la Antártica. Además, se debe tener en cuenta que países como los Estados Unidos no reconocen ninguna reclamación de soberanía y se han reservado el derecho a exigirla en el futuro.

Por último, tanto la situación actual como la futura indican que los países que sirven de entrada a la Antártica —Chile es el más cercano— tienen una oportunidad para transformarse en piezas clave de este escenario geopolítico. Si Chile no realiza las inversiones necesarias ni adapta sus políticas públicas con la celeridad requerida, corre el riesgo de perder relevancia e influencia. Por el contrario, una visión de Estado, de carácter estratégica, sólo otorgaría beneficios y consolidaría una posición destacada que ha llevado tiempo y esfuerzo en construirse, pero que se encuentra bajo permanente acecho.

Por cierto, que esta situación no ha sido por falta de interés; sin embargo, este ha sido más bien “variable” y ha tenido vaivenes con períodos de mayor relevancia. 1842, 1906, 1940 o 1947-48 son años de gran importancia antártica para Chile, pero que han estado separados por otros en que el asunto no ha tenido la importancia suficiente, ya sea por falta de capacidades y recursos o por una limitada visión estratégica. Nombres como O’Higgins, Bulnes, Aguirre Cerda, González Videla o Escudero, Pinochet de la Barra y Cañas Montalva representan próceres del tema antártico nacional. Hoy en día son cientos de personas dedicadas a la Antártica, pero en su inmensa mayoría son científicos, jurídicos, académicos, algunos pocos diplomáticos o miembros de las fuerzas armadas.



Lo anterior se traduce en que en la aproximación a la Antártica se impone una visión jurídica y científica, con pocas intervenciones desde las ciencias sociales. La difusión antártica es limitada, lo que dificulta la adquisición de una “conciencia antártica”; esto se manifiesta en una modesta tratativa en los programas escolares promovidos por el Ministerio de Educación, o en la ausencia del Territorio Chileno Antártico en mapas publicados en sitios web oficiales, como el de la Biblioteca del Congreso Nacional. En resumen, este tema es otra manifestación de la falta de visión estratégica en la élite política nacional, y si bien hay interés, los asuntos antárticos tienen una prioridad relativa y muchas veces postergada.

En consecuencia, dado este escenario, Chile debe asegurar y reforzar sus derechos antárticos. Para ello, en primer lugar, se debe respaldar el fortalecimiento del STA, pues, al menos por ahora, es la mejor opción. Aquí, se debería procurar el mejoramiento del sistema de inspecciones de bases y de otras actividades en el continente austral y el océano circundante. Paralelamente, las autoridades y miembros de la “comunidad antártica” (científicos, juristas, militares, diplomáticos, políticos, empresas privadas, entre otros) deben visualizar escenarios alternativos para anticiparse a potenciales problemas que afecten los intereses nacionales. En este sentido, generar sociedad con Estados con intereses similares y complementarios es una buena alternativa. Si bien se deben mantener las miradas jurídicas y científicas, estas no deben ser ingenuas ni sacrificar los intereses de Chile, sino que mantenerse en un lógico equilibrio que asegure la soberanía, respete las normas del derecho internacional, mantenga la relevancia de Chile y comparta los esfuerzos con Estados socios. Del mismo modo, hay que observar lo que sucede en el Polo Norte, que si bien presenta una problemática distinta (no es un continente, sino un océano), existen tensiones geopolíticas que permiten obtener lecciones.

En segundo lugar, es indispensable fortalecer la identidad antártica; hay que “antartizar” Chile. Para esto, resultan indispensables los currículums de formación escolar; la investigación, pero no sólo desde las ciencias naturales; la difusión activa y permanente por parte del Estado, el refuerzo en el discurso político, entre otras cosas. Se debe conformar una idea de comunidad antártica más allá de lo estrictamente científico o de las fuerzas armadas, y así construir una conciencia antártica nacional.

Por otra parte, resulta conveniente evaluar la dependencia administrativa del Territorio Chileno Antártico de la Región de Magallanes y Antártica Chilena. Si bien se reconoce su cercanía geográfica, se debe también admitir que el asunto antártico es de interés mucho mayor y que las regiones tienen sus propios problemas y dinámicas. Al menos, vale la pena evaluar.

En cuarto lugar, se estima necesario examinar la dependencia del tema antártico del Ministerio de Relaciones Exteriores, al mismo tiempo que se potencian los organismos responsables directos. Por un lado, si se entiende —y así es— que el espacio entre los meridianos 53° y 90° son parte de Chile, entonces su dependencia y administración deberá estar bajo el manto del Ministerio del Interior. Por otro lado, la actual División de Asuntos Antárticos del Ministerio de RR.EE. debería contar con un estatus similar a otras al interior de la Cancillería, como es la División de Fronteras y Límites. A mayor abundamiento, el mismo Instituto Antártico Chileno no está bajo la dependencia administrativa de la división a cargo de dichos temas, lo que es una curiosidad.

En quinto lugar, resulta conveniente potenciar las capacidades de los espacios subantárticos. En este sentido, si se aspira a ser la entrada preferida de países extrarregionales, se debe contar con la infraestructura logística y operativa para ello. El desarrollo y mejoramiento de instalaciones portuarias y aeroportuarias en Punta Arenas y Puerto Williams es lo básico. Del mismo modo, la conectividad terrestre inter e intrarregional de Magallanes es un factor débil que debe completarse a la brevedad. La construcción de la Ruta 8 que une a Aysén (Punta Pisagüa) con Magallanes (Puerto Natales) es un factor geopolítico y estratégico. Paralelamente, el tramo Estancia Vicuña-Yendegai en Tierra del Fuego, que permitirá unir el estrecho de Magallanes con el canal Beagle, sigue retrasada.

Asimismo, se requiere fortalecer las capacidades antárticas, vale decir, aquellas para alcanzar y habitar en el continente helado. Buques y aeronaves son fundamentales para alcanzar la costa, desarrollar investigación y apoyar a las bases, pero se requiere sumar y potenciar capacidades terrestres para explorar y habitar más a la profundidad del territorio antártico, ojalá con presencia de carácter permanente alejada de la costa. Ejemplos como la construcción del buque polar “Almirante Viel” por parte de Asmar, es una extraordinaria noticia que da cuenta de las reales capacidades de Chile. En

contraposición, el cierre de la Villa Las Estrellas ha sido muy negativo, por lo que se requiere su pronta reapertura.

Por último, cualquier solución a los planteamientos anteriores no puede depender exclusivamente del Estado, aunque sea una parte muy importante. Para esto, se debe buscar una aproximación “híbrida”. Híbrida, por la combinación público-privada, civil-militar, ciencias naturales-ciencias sociales, jurídica-geopolítica, conservacionista-economista, nacional-internacional, etc. Todo esto, bajo el permanente objetivo de velar por los intereses nacionales. En palabras del general Ramón Cañas Montalva, *lo que no se conoce, no se quiere; lo que no se quiere, no se defiende*.

En síntesis, ante escenarios en que se desafíe el statu quo del STA o se descubran nuevos recursos naturales que catalicen el interés por el continente helado, se requiere que el Estado de Chile esté delineando estratégicamente alternativas de acción para enfrentar estas u otras eventualidades. Se necesita posicionar el tema antártico —antartizar Chile—, incorporándolo fuertemente en la educación, cultura e identidad nacional; generando conciencia antártica con visión de largo plazo, de manera de enfrentar con mejores posibilidades de éxito las tensiones geopolíticas que se visualizan en el horizonte polar.









# República Popular China en la Antártica

Giovannina Sutherland<sup>4</sup>

El presente artículo desarrolla los temas abordados por la autora en la exposición “República Popular China y Antártica”, en el conversatorio “Desafíos geopolíticos del Ártico y la Antártica”, organizado en conjunto por el Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (BASE), la Embajada de Canadá en Chile y el Programa de Estudios Antárticos de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chile. En este contexto, se pretende enunciar brevemente cómo ha sido el avance de China en el Continente Antártico desde una perspectiva logística, científica y política, evidenciando sus principales directrices a nivel interno y su participación en los espacios de gobernanza antártica.

Cualquier estudio geopolítico que involucre a China debiera comenzar con el análisis de su nombre en la lengua original “中国 Zhōngguó”, cuya traducción al castellano es “Reino del medio”, y del significado “天下 Tiānxià” o “todo bajo el cielo”, que sitúa la ubicación geográfica del país en el centro del firmamento. Ambos conceptos nos señalan cómo esta nación se define a sí misma y de qué manera esta mirada impacta en cada uno de los ámbitos internacionales en los que se desenvuelve. Históricamente, China se ha reconocido como un territorio de grandes avances tecnológicos y culturales que atrae las miradas del resto del mundo, y que, salvo por un período de fuerte decadencia entre mediados de los siglos XIX y XX, tildado como el “siglo de la humillación”, surge la República Popular China y con ello un sueño nacional que se esfuerza por recobrar tal posición central.

La Antártica no ha sido la excepción a sus esferas de influencia y constituye un área de especial interés. Pese a haberse unido relativamente tarde al Sistema del Tratado Antártico (STA), es indudable que el avance de China en estas materias ha sido exponencial. A mediados de la década de 1950 habría demostrado su disposición para participar del Año Geofísico Internacional de 1957-58, instancia que ha sido considerada como la antesala del Tratado Antártico, sin embargo, dada la difícil situación que vivía la política interna del país y su conflicto latente con la República de China (Taiwán), no se logró llegar a un acuerdo para que ambas administraciones coexistieran en un mismo encuentro.

Dos décadas más tarde se identificaron los primeros registros de China en el continente gracias a la invitación que realizaron diversos países para que investigadores chinos se unieran a sus expediciones científicas. De esta manera, en 1979 se reportaron científicos en la expedición antártica australiana, mientras que, por otro lado, un periodista de la agencia de noticias *Xinhua* compartió con la expedición chilena. Esta cooperación internacional continuó por varios años y, en 1983, China se unió al Tratado Antártico en calidad de Estado Adherente. Un año después envió su primera expedición científica nacional y en 1985 adquirió el status consultivo, construyendo su primera base antártica “长城” *Chángchéng*, para luego convertirse en miembro del *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR) en 1986. Estas son algunas de las fechas importantes que marcan el inicio de esta historia antártica y que tendremos presente a lo largo de este texto.

<sup>4</sup> Abogada y bachiller en Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad de Chile. Diplomada en Pedagogía Jurídica e Investigación Educativa y estudiante del programa de Doctorado en Derecho de la Universidad de Chile. Investigadora Adjunta del Núcleo Milenio Impactos de China en América Latina (ICLAC) y estudiante del Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (BASE). ORCID 0009-0009-6258-8552. Correo: gsutherland@derecho.uchile.cl



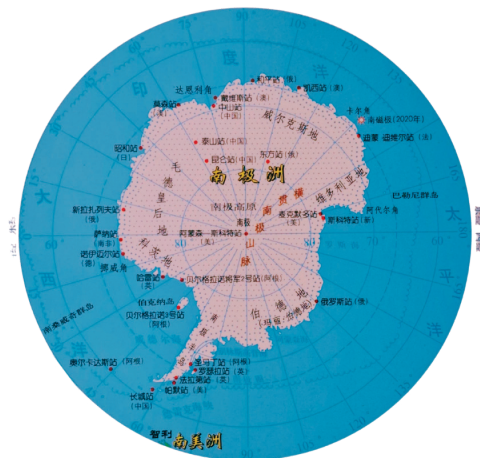
Tanto la evolución logística como científica han sido cruciales para el posicionamiento de China en la discusión polar. La rapidez en la construcción de edificaciones y la eficiencia de su funcionamiento se han evidenciado no sólo en las estaciones antárticas utilizadas por su propio programa antártico nacional, sino también por otros Estados, como el caso de Brasil, que en 2020 inauguró la base Comandante Ferraz, cuya construcción estuvo a cargo de la empresa *China Electronics Import and Export Corporation*. Asimismo, es destacable la prospección estratégica que ha desarrollado este país para escoger los sitios donde cimentar sus estaciones, las que en una primera instancia privilegiaron una cooperación internacional efectiva a través de la Península Antártica, en Isla Rey Jorge, para luego sumergirse hacia zonas menos exploradas y de gran valor científico, como el caso de la investigación astronómica. No me cabe duda de que esta misma lógica está detrás de la reciente propuesta presentada por China en febrero de 2025, para construir una sexta base en la zona Marie Byrd.

Por otro lado, me parece de especial interés realizar un breve análisis en torno a las denominaciones que tienen estas bases y su valor cultural, ya que cada una de ellas representa no sólo un sitio histórico de la lejana tierra china, sino que también evoca símbolos nacionales que logran asentar un poderoso mensaje de *soft power*. La primera estación construida, 长城 Chángchéng, se traduce como “Gran Muralla” y hace referencia a la mayor fortificación de la historia en materia de defensa, convirtiéndose en un símbolo indiscutido de esta cultura asiática; la estación

中山 Zhōngshān, que se traduce literalmente como “la mitad de la montaña”, coincide con el nombre de una ciudad ubicada al sur del país en la provincia de Cantón, frente a Hong Kong y Shenzhen, y es además el pseudónimo utilizado por Sun Yat-sen, padre de la China moderna; la estación 昆仑 Kūnlún, que se traduce como “Montaña de Dios”, es la segunda cadena montañosa más alta de China, y proviene de un importante símbolo mitológico que sitúa al eje de la tierra entre los cuerpos celestes, también conocido como el pilar del mundo; la estación 泰山 Tàishān, traducida como el “Monte Tai”, es una de las cinco montañas sagradas para taoísmo en China; y por último 秦岭 Qínling, también hace referencia a una de las cadenas montañosas más importantes del territorio chino. Sin perjuicio de la lejanía geográfica que existe con el Continente Antártico, estas designaciones permiten construir un vínculo de conciencia e identidad nacional con la población china.

A modo de referencia, en el siguiente mapa antártico, cuya edición fue realizada en el año 2022, se incluyen algunas de estas estaciones chinas y otras pertenecientes a países extranjeros como Argentina, Australia, Estados Unidos, Reino Unido, Rusia y Sudáfrica. Es inevitable que ante un mapamundi surjan varias preguntas y se planteen interesantes discusiones. Una de ellas es cuál habrá sido el criterio para escoger las bases científicas antárticas que irían en el papel. Por ejemplo, el caso de Chile es llamativo, ya que no se evidencia ninguna de sus bases, a pesar de ser un país históricamente aliado con China en estas materias.

**Imagen 1:** Antártica en el mapamundi de la República Popular China



**Fuente:** 星球地图出版社, 2022, 世界地图, 1:23.000.000, Beijing.

El avance logístico de China ha venido de la mano con un gran desarrollo científico a cargo del *Chinese National Arctic/Antarctic Research Expedition* (CHINARE), institución que incluye al *Polar Research Institute of China* (PRIC) y al *Chinese Arctic and Antarctic Administration* (CAA), donde participan cerca de 80 institutos de investigación, universidades y compañías.

Al presente año 2025 se han desarrollado 41 expediciones antárticas por parte de China, contando con abastecimiento aéreo y marítimo, especialmente a bordo de los rompehielos 雪龙Xuě lóng 1 y 雪龙Xuě lóng 2, que, entre otras funciones, acceden a áreas con alta densidad de hielo, permitiendo llegar a lugares cada vez más recónditos y difíciles.

Para mayor claridad de sus objetivos, en septiembre de 2023, el Programa Antártico Nacional Chino publicó las prioridades científicas claves del país en el sitio web de la Secretaría del Tratado Antártico, estableciendo cinco lineamientos centrales:

1. Inestabilidad de la capa de hielo y cambio del nivel del mar
2. Circulación en el océano Austral y sus repercusiones globales
3. Procesos geológicos antárticos y árticos y su origen y efectos ambientales

4. Sensibilidad y vulnerabilidad del ecosistema polar

5. Interacción solar-terrestre en regiones polares y cuestiones físicas extraterrestres

Por otro lado, este avance científico también se constata a través de la bioprospección o prospección biológica antártica que realiza el país. Si bien la discusión en torno a este concepto no está conteste en la doctrina y tampoco en los foros políticos del STA, el SCAR proporcionó dos posibles definiciones en el Apéndice 1 del WP002 (SCAR) presentado en la XXXIII RCTA (Punta del Este, 2010), donde indica que se puede referir tanto a la recogida de material biológico y el análisis de sus propiedades materiales, o de su contenido molecular, bioquímico o genético, con el fin de desarrollar un producto comercial; o a la búsqueda de compuestos químicos y material genético valiosos a partir de plantas, animales y microorganismos. En ambas acepciones, se trataría de buscar componentes presentes en la naturaleza antártica para reproducirla posteriormente en un laboratorio, comercializando un producto final.

En el marco del sistema del Tratado de Cooperación en materia de Patentes de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), se identifican las principales fuentes de inscripción de patentes relacionadas con temas antárticos, sus solicitantes, inventores y fechas (*Tabla en pág. 28*).



 Aaron Cádiz Véliz



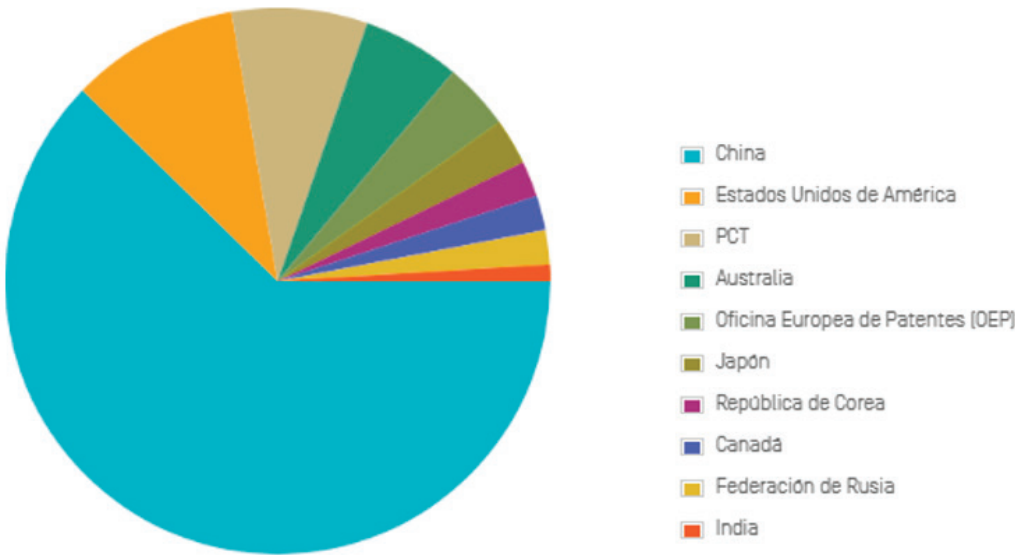
Tabla 1: Cantidad de patentes registradas en Patentscope con el término “antarctic” (OMPI)

| Países                            |     | Solicitantes        |     | Inventores      |     | código CIP |     | Fechas de publicación |     |
|-----------------------------------|-----|---------------------|-----|-----------------|-----|------------|-----|-----------------------|-----|
| China                             | 643 | AKER BIOMARINE      | 175 | XU XIANQIANG    | 125 | A61K       | 289 | 2016                  | 38  |
| Estados Unidos de América         | 103 | ANTARCTIC           | 156 | JIANG FAMING    | 99  | A23L       | 183 | 2017                  | 52  |
|                                   |     | SHENZHEN            |     | PAN LIANXING    | 78  | A61P       | 136 | 2018                  | 68  |
| PCT                               | 83  | OPTOELECTRONIC      | 29  | RAO WEIWEI      | 40  | C12N       | 113 | 2019                  | 87  |
| Australia                         | 60  | TECH CO LTD         |     | XU TAO          | 31  | C11B       | 107 | 2020                  | 120 |
| Oficina Europea de Patentes (OEP) | 41  | EAST CHINA SEA      | 29  | NILS HOEM       | 30  | C12P       | 89  | 2021                  | 112 |
|                                   |     | FISHERIES RESEARCH  |     | FINN MYHREN     | 28  | A23K       | 71  | 2022                  | 91  |
| Japón                             | 28  | INSTITUTE CHINESE   | 29  | TILSETH, SNORRE | 25  | G02F       | 65  | 2023                  | 107 |
| República de Corea                | 22  | ACADEMY OF FISHERY  |     | YU YIKE         | 24  | C12R       | 61  | 2024                  | 48  |
| Canadá                            | 21  | SCIENCES            | 23  | LIU DAICHENG    | 23  | A23D       | 50  | 2025                  | 6   |
| Federación de Rusia               | 21  | SHANDONG NORMAL     |     |                 |     |            |     |                       |     |
| India                             | 10  | UNIVERSITY          | 20  |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | OCEAN UNIVERSITY OF |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | CHINA               |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | KOREA INSTITUTE OF  |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | OCEAN SCIENCE AND   |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | TECH                | 17  |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | YELLOW SEA          | 12  |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | FISHERIES RESEARCH  |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | INSTITUTE CHINESE   | 12  |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | ACADEMY OF FISHERY  |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | SCIENCES            | 12  |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | ZHEJIANG OCEAN      |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | UNIVERSITY          | 10  |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | DALIAN POLYTECHNIC  |     |                 |     |            |     |                       |     |
|                                   |     | UNIVERSITY          |     |                 |     |            |     |                       |     |

Fuente: Patentscope, <https://patentscope.wipo.int/search> (consulta: 10 de abril de 2025)

Si analizamos detalladamente los principales Estados a los que pertenecen estas fuentes, se identifican los siguientes datos:

Gráfico 1: Estados que han solicitado patentes según el término “antarctic”.

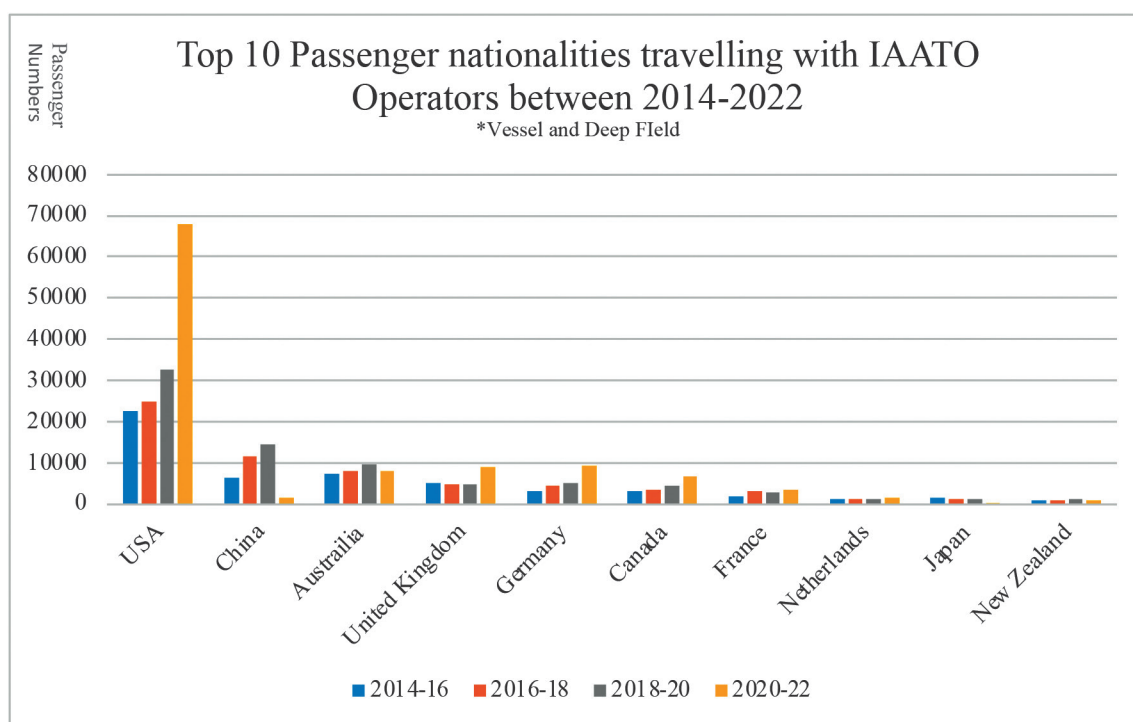


Fuente: Patentscope, <https://patentscope.wipo.int/search> (consulta: 10 de abril de 2025)

Como es posible evidenciar, China lidera indiscutiblemente la cantidad de patentes que utilizan materias de origen antártico, sextuplicando a Estados Unidos, país que recién lo secunda en la lista. No obstante, se debe considerar que éste es uno de los sistemas existentes para la patentabilidad de productos a nivel internacional, por lo que el gráfico no representa la totalidad de registros a nivel mundial ni aquellas patentes que se hayan podido tramitar únicamente según la normativa interna de su Estado de origen.

En cuanto al turismo antártico, también se evidencia un aumento significativo durante la última década. Según la Asociación Internacional de Operadores Turísticos de la Antártica (IAATO, por su sigla en inglés), al consultar la nacionalidad de los principales turistas que viajaron al continente en el año 2010, China se situaba en el octavo lugar. Esto cambió drásticamente tan solo unos años después, avanzando al tercer puesto en 2014, y luego al segundo lugar en 2018, superando significativamente a Australia y quedando tras Estados Unidos.

**Gráfico 2:** Diez principales nacionalidades de pasajeros que viajaron con operadores de la IAATO entre 2014 y 2022.



**Fuente:** IA IP 57 (IAATO, 2023), presentado en la XLV RCTA, Helsinki.

En cuanto a los objetivos políticos que proyecta China en la Antártica, el 13° Plan Quinquenal para el desarrollo económico y social de la República Popular de China, correspondiente a los años 2016-2020, fue especialmente esclarecedor respecto de la importancia que está adquiriendo el continente en sus asuntos internos. Dentro de los propósitos que se plantearon para el período, se encontraba: 1) la construcción de una nueva base de investigación antártica (lo que se logró con la estación *Qínling*); 2) la fabricación de un nuevo y avanzado rompehielos (también se alcanzó con el *雪龙 Xuě lóng 2*); 3) el aumento de la capacidad de aviación antártica (conseguido a través de nuevas aeronaves y una

pista de aterrizaje); 4) completar el marco básico para una plataforma de observación tierra-mar-aire; y 5) el desarrollo de equipamiento y tecnología adecuada para la exploración e investigación antártica.

Por su parte, en 2017 la Administración Estatal Oceánica de China publicó el documento “中国的南极事业” *Zhōngguó de nánjī shìyè*, traducido al castellano como “La Causa de China en Antártica” o el “Libro blanco de China en la Antártica”, donde se detallan aspectos políticos y regulatorios. De igual manera, expresa tanto el compromiso del país con el uso pacífico y la protección del medioambiente antártico, así



como la incorporación de estas materias en la enseñanza secundaria, con el fin de promover una mejora en la percepción del público general respecto de la investigación científica, especialmente por parte de las generaciones adolescentes.

Éstos son solo algunos de los planteamientos propuestos para desarrollar en detalle más adelante. Actualmente se analiza la presencia china en el Continente Antártico desde una posición de temor, incertidumbre y mera expectación, lo que impide una comprensión de sus intenciones geopolíticas y cierra oportunidades para una negociación efectiva. Si bien conocemos atisbos de su política internacional, tal como la Iniciativa de la Franja y la Ruta (BRI, por su sigla en inglés) con su fortalecimiento económico a través de nuevas rutas marítimas, su interés por un mayor desarrollo satelital con el sistema BEIDOU, los esfuerzos por lograr estudios astronómicos, entre otras decenas de proyectos, queda mucho por investigar.

A nivel de gobernanza antártica, la falta de entendimiento de esta nación asiática impacta directamente en la toma de decisiones del STA, particularmente en los foros de discusión de las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico (RCTA) y las Reuniones de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (Comisión CRVMA), ya que al ser necesario el consenso para la toma de decisiones, basta que China (u otro país, claro está) se oponga a una propuesta normativa para evitar su aprobación, debiendo esperar un nuevo año para volver a discutir la temática.

Un caso paradigmático que ejemplifica esta dificultad de consenso es la propuesta conjunta que ha impulsado Chile y Argentina desde el año 2018 para establecer un Área Marina Protegida en el área del Dominio 1, al oeste de la Península Antártica y el sur del Arco de Scotia. China ha sido un persistente opositor a esta idea, argumentando el derecho a una utilización racional de los recursos y la falta de evidencia científica contundente, ¿Qué podemos hacer para lograr un acuerdo? ¿Cómo podemos acercarnos a la visión china?

El tema principal del Reporte de Munich publicado en febrero de 2025 fue el multipolarismo, mediante el que se desarrollan los riesgos de que el poder se desplace hacia una mayor cantidad de actores con capacidad de influir en asuntos claves y su impacto en la seguridad global. Uno de los capítulos está dedicado exclusivamente a China y la relación que tiene esta potencia con los países del llamado Sur Global. Aunque nada se menciona sobre Antártica, es interesante plantearnos cómo esta visión multipolar afecta la gobernanza austral y de qué manera se contraponen la perspectiva de China con la de Occidente frente a estas materias.

La única forma de entender a China con un mayor grado de asertividad es conocer su historia, aprender chino mandarín y lograr comunicarnos en un lenguaje común que demuestre nuestra disposición por respetar una cultura tan grande, distinta y lejana. Antártica no es la excepción en esta ecuación.



 *Cristián Campos Melo*









Aaron Cádiz Véliz



# Observatorio Marino: Monitoreo de impactos de cambio climático actual y futuro sobre la biodiversidad antártica y subantártica

Karin Gerard<sup>5</sup>

Las especies invasivas están consideradas como la mayor amenaza de la biodiversidad marina costera. El proceso de invasión empieza con la presencia de unos pocos individuos de especie exótica fuera de su rango de distribución, seguido por el establecimiento de una población y finalmente su expansión en un área geográfica grande con consecuencias más o menos importantes para las especies nativas. En Antártica, a pesar de la detección de varias especies exóticas, ninguna especie invasiva se ha establecido en el ambiente marino de manera permanente. La ausencia de especies exóticas en las aguas antárticas someras se explica principalmente por la presencia de barreras físicas: geográficas, batimétricas, y oceanográficas que impiden el ingreso de especies de latitudes menores a Antártica. Históricamente, los organismos bentónicos de la zona subantártica y del continente antártico se separaron desde la formación de la Corriente Circumpolar Antártica (CCA). Sin embargo, recientemente se observaron larvas de especies subantárticas en aguas antárticas y plancton antártico en aguas sudamericanas, comprobando el intercambio de aguas a través del frente polar. Macroalgas subantárticas se encontraron varadas en orillas de islas de

la península Antártica, llevando en su superficie/frondas especies subantárticas de briozoos vivos. Otras especies fueron registradas puntualmente en Antártica del este (briozoos, cangrejo, choritos), algunas probablemente debido a actividades humanas, como transporte marítimo. Finalmente, las barreras físicas que aíslan el continente antártico se están debilitando, permitiendo la llegada de organismos marinos exóticos, sin embargo, ninguno de ellos ha logrado instalarse de manera permanente, ni a expandirse. En invierno, la temperatura del agua baja por debajo de cero durante varios meses, imponiendo condiciones extremas para organismos no adaptados. Actualmente, esta barrera fisiológica, que es la última frente a la invasión de especies exóticas, se está debilitando con el calentamiento global. La temperatura del agua en la Península Antártica ha subido 1°C entre 1954 y 1994. Las predicciones climáticas para 2100 indican un alza de 1-2°C, lo que provocaría una reducción de hábitat para las especies antárticas y una probable extensión de rango de distribución de las especies subantárticas hacia el sur. El calentamiento de las aguas antárticas facilitará el establecimiento de poblaciones estables de especies exóticas.

5 Investigadora asociada de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Magallanes. Estudia principalmente la biología evolutiva de invertebrados marinos del Océano Austral, investigando los efectos de cambios climáticos pasados, presentes y futuros sobre la distribución geográfica de la diversidad genética a través de disciplinas como filogenia, filogeografía, genética de poblaciones. Desde 2021, con el Instituto BASE, está a cargo del Observatorio Marino. Tiene un magíster en Sistemática Animal y Vegetal del MNHN de París (Francia). Realizó su doctorado en la Universidad del Mediterráneo en Marsella (defendido en 2008), realizó 4 postdoctorados (MARBEF/CNRS, ECOS, Fondecyt, Gaia-UMAG) antes de estar contratada por la Universidad de Magallanes en 2018. Hoy día trabaja en el Laboratorio de Ecosistemas Marinos Antárticos y Subantárticos (LEMAS) en Punta Arenas. Karin es buzo autónoma desde sus 12 años, con título profesional científico francés desde hace más de 20 años. Realizó una estadía de 17 meses en una base subantártica francesa de las islas Kerguelen (49°S, 70°E). En los últimos 14 años, fue jefa de 9 expediciones de buceo en la península Antártica y 6 en los canales y fiordos magallánicos.



## *El Observatorio Marino: monitoreo a largo plazo de biodiversidad marina antártica y subantártica*

El grupo de investigadores que componen el Instituto Milenio BASE tiene una larga trayectoria en estudio de biología evolutiva de especies Antárticas y Subantárticas enfocándose sobre los efectos pasados, presentes y futuros del cambio climático sobre la biodiversidad de alta latitudes. El Obs-Mar tiene como objetivos establecer una línea de base de la biodiversidad marina antártica y subantártica y monitorearla a lo largo de 10 años para poder detectar la llegada temprana de especies exóticas además de cambios de rangos de distribución. Hasta la fecha, se usaba principalmente el buceo autónomo como método de recolección de bentos submareal y consecuentemente

limitado a profundidades no mayores a 30 m. El uso de una variedad de herramientas estandarizadas de manera internacional, permite adquirir distintos tipos de datos de diversidad (desde bacterias hasta vertebrados marinos) y poder confrontarlas con bases de datos de distribución geográfica (GBIF) o de identificación por *barcoding* (BOLD). El Observatorio marino instalado por el Instituto Milenio BASE, es parte de una red de observatorios similares desplegados en Antártica continental en Bahía Terra Nova por investigadores italianos y en Terre Adelie por investigadores franceses. Esta red permite desplegar esfuerzos conjuntos alrededor del continente Antártico y alcanzar una mayor eficiencia.

### *Herramientas nuevas para la Antártica*

**Instalación de 3 ARMS** (*Autonomous Reefs Monitoring Structures*) estructuras cúbicas, hechas de 9 placas de PVC, apernadas al fondo marino en 20 m en las cuales van a reclutar comunidades bentónicas durante 1, 2 y 3 años. Observar el reclutamiento durante un número de años distinto permite acceder a la dinámica (secuencia temporal) de reclutamiento cuando en el fondo marino lo que se observa es el resultado después de mucho tiempo de competición por el espacio. Estas estructuras permiten captar una micro-diversidad críptica, escondida, que se ve poco, se estudia y se conoce. Además de la 3 suscitadas, una ARMS se dejará durante un invierno completo para poder determinar cuáles especies empiezan a llegar en invierno; y otra ARMS durante solo un verano, para captar especies que se instalan durante las mejores condiciones, pero no alcanzan a soportar las condiciones drásticas invernales: las especies exóticas.

Sobre cada ARMS removida, se recolectó un ejemplar de cada especie sésil y de cada especie móvil, y se secuenciaron a genes estándares (*barcoding*) de manera individual. El resto de las comunidades fijadas en las placas se raspan y se analizan todas juntas por secuenciación masiva (*Metabarcoding*). El *metabarcoding* provee un listado de secuencias que se enfrentan a base de datos BOLD para

identificación de especies detectadas; sin embargo, muchas secuencias quedan sin correspondencia. Las secuencias obtenidas por *barcoding* de organismos individuales servirán para complementar la identificación de secuencias de *metabarcoding* sin nombre.

**Recolección de eDNA** (*environmental DNA*). En la cercanía de las ARMS, se recolecta ADN ambiental a partir de filtración de agua (0.45µm para ADN y de 0.22 µm para bacterias) y de sedimento (comunidades bacterianas) para su posterior secuenciación masiva (*metabarcoding*) para detectar especies que están presentes sin ser observadas.

**Arrastre de fondo.** El uso de una pequeña red Agassiz (1m de ancho) permite la recolección de diversidad de macrobentos a profundidades fuera del alcance del buceo autónomo. La posterior caracterización taxonómica de esas comunidades bentónicas permite determinar o corregir el rango de distribución de especies poco estudiadas en biología evolutiva y describir las interacciones entre ellas para acceder a la composición de varios ambientes profundos. Hasta la fecha, los 6 lances de red Agassiz proveen composición de comunidades muy diferentes entre sí. Los organismos se identifican usando caracteres morfológicos (por expertos de cada grupo taxonómico) y usando el *barcoding*.

La **red Bongo** de 300  $\mu\text{m}$  permite la recolección de zooplancton entre 5 y 100  $\mu\text{m}$ . Las muestras del primer colector se conservan en formalina para identificación morfológica, y del segundo en etanol 95° para identificación molecular (*barcoding/metabarcoding*).

**Red vertical de fitoplancton y rosetta.** El fitoplancton se recolecta por medio de una red vertical de fitoplancton de 20  $\mu\text{m}$  (cuyo contenido se fija en formalina para análisis cualitativo) y muestras de agua a 5 profundidades (0, 5, 10, 20, 50 m) obtenidas por Rosetta (conservada en lugol para análisis cuantitativa).

Los diferentes tipos de muestras y métodos de análisis se retroalimentan ya que las secuencias obtenidas por *barcoding* individual de especies obtenidas por arrastre, ARMS, o Bongo servirán para completar la identificación

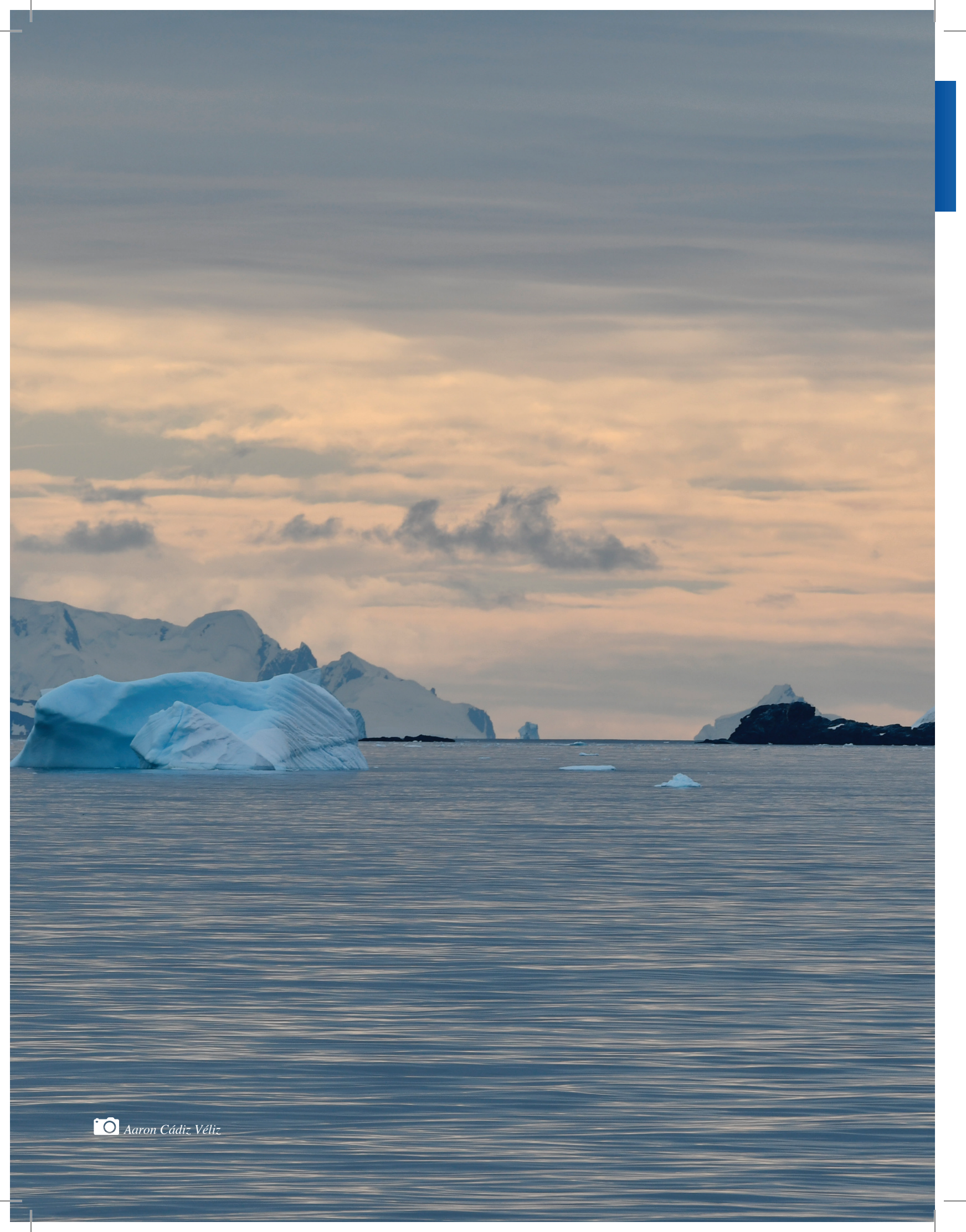
de secuencias obtenidas por *Metabarcoding* de placas de ARMS, eDNA o zooplancton. Los resultados de identificación morfológica se ingresan en formato Darwin Core a base de datos de diversidad GBIF para completar distribuciones geográficas de las especies identificadas. Las secuencias obtenidas por *barcoding* se depositarán en la base BOLD, ambas bases de datos siendo vinculadas.

El Obs-Mar con tan solo 3 años de funcionamiento ya empieza a acumular muestras y datos, pronto tendrá una evaluación de la biodiversidad marina de la Península Antártica muy completa que se podrá comparar entre 3 puntos de la Antártica: Terra Nova, Terre Adelie, Bahía Fildes. El monitoreo a lo largo de 10 años nos mostrará la evolución de la biodiversidad marina en la península Antártica en el contexto del cambio climático.



 Cristián Campos Melo







# Floraciones Algales nocivas en ecosistemas subantárticos y antárticos: desafíos y perspectivas

Máximo Frangopulos<sup>6</sup>

## Introducción

Las Floraciones Algales Nocivas (Floraciones Algales Nocivas (FANs en adelante)), también conocidas internacionalmente como Harmful Algal Blooms (HABs), y vernacularmente como mareas rojas, representan uno de los fenómenos oceanográficos más fascinantes, interesantes y a la vez complejos y preocupantes de nuestros ecosistemas marinos. Estas proliferaciones masivas del fitoplancton (organismos microscópicos fotosintéticos) no son simples cambios de coloración en el agua, sino eventos biológicos con profundas implicaciones ecológicas, económicas y sanitarias.

En su forma más básica, las FANs ocurren cuando ciertas especies de microalgas —organismos microscópicos que habitan los océanos mundiales y realizan fotosíntesis (organismos autótrofos), pero que también pueden alimentarse de otros organismos de igual o más pequeño tamaño (organismos mixotróficos) — se multiplican explosivamente bajo condiciones ambientales favorables. Sin embargo, una de las condiciones que distingue a estas floraciones como “nocivas” es su capacidad para producir potentes toxinas (compuestos químicos nocivos o metabolitos secundarios) que pueden acumularse y transferirse en la cadena alimentaria marina, afectando a otros organismos y, eventualmente, a los seres

humanos que consumen productos del mar contaminados con estas toxinas.

La ecorregión subantártica de Chile, particularmente los fiordos y el sistema de canales patagónicos que se extiende aproximadamente entre los 47° y 56° de latitud sur, ha sido escenario de estos fenómenos durante más de cinco décadas. Esta zona, caracterizada por su extraordinaria heterogeneidad ambiental y paisajística, constituye un verdadero laboratorio natural para el estudio de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el contexto del cambio climático global. Su ubicación estratégica en la transición hacia los ecosistemas antárticos la convierte en un área de especial interés científico, donde los cambios en las dinámicas ambientales y oceanográficas pueden anticipar transformaciones hacia las regiones polares.

La colaboración científica entre Chile y Canadá ha sido fundamental para avanzar en la comprensión de estos fenómenos. Ambos países comparten desafíos similares en sus regiones polares y subpolares, donde el retroceso glacial, los cambios en la estratificación de las aguas y las alteraciones en los patrones de

6 Investigador asociado, CIGA, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes. Su principal tema de investigación son las Floraciones Algales Nocivas (FANs) comúnmente conocidas como mareas rojas, investigando la ecología, autoecología y taxonomía de las microalgas productoras de toxinas marinas. Tiene más de 20 años de experiencia en investigación y desde 2021, se desempeña como investigador adjunto en el Instituto Milenio BASE, también el grupo de Observatorio Marino. Estudió Licenciatura en Ciencias mención Biología en la Universidad de Magallanes y su Doctorado en Biología de Organismos y Ecosistemas en la Universidad de Vigo, en España, donde obtuvo su doctorado *cum laude* en 2002; en esta misma institución también realizó un postdoc entre 2008-2009 y pasó a ser investigador asociado de la UMAG en 2018. Hoy día trabaja en el Centro de Investigación GAIA Antártica (CIGA) de la UMAG dependiente del Instituto de la Patagonia.



circulación oceánica están modificando las condiciones que regulan la aparición y comportamiento de las FANs.

Esta segunda sección de este documento divulgativo científico busca acercar al público general los conocimientos actuales sobre las FANs en los ecosistemas subantárticos y antárticos, explicando su naturaleza, historia, impactos y los

esfuerzos científicos para comprenderlas y monitorearlas. En un mundo donde los impactos del cambio climático se hacen cada vez más evidentes, comprender estos fenómenos no es solo una cuestión de curiosidad científica, sino una necesidad para la gestión sostenible de nuestros recursos marinos y por sobre todo, la protección de la salud pública.

## *El fenómeno de las Floraciones Algaes Nocivas o mareas rojas*

Las FANs son eventos naturales que han acontecido históricamente en la humanidad, incluso desde tiempos bíblicos (recordar cuando las aguas del río Nilo se tiñeron de sangre, eso es altamente probable que haya sido una proliferación de microalgas), que resultan cuando el fitoplancton (organismos unicelulares fotosintéticos y mixotróficos como diatomeas, dinoflagelados y otros grupos menores), experimentan un crecimiento explosivo, multiplicándose rápidamente hasta alcanzar concentraciones extraordinariamente altas, muchas veces de millones de células por litro. Este fenómeno puede manifestarse visualmente como manchas o cambios de coloración en el agua, que varían desde tonalidades verdosas y amarillentas hasta las conocidas “mareas rojas”, aunque el color no siempre indica toxicidad.

Lo que distingue a una floración algal “nociva” de una normal es precisamente su capacidad para generar efectos adversos. Estos efectos pueden producirse de dos maneras principales: por la producción de potentes toxinas que se acumulan en la cadena alimentaria, o por la producción de alta biomasa que altera el ecosistema circundante, reduciendo el oxígeno disponible o dañando física y mecánicamente a otros organismos.

En el sistema de canales y fiordos patagónicos de la ecorregión Subantártica, las condiciones ambientales crean un escenario particularmente propicio para el desarrollo de las FANs. Estos ecosistemas se caracterizan por una compleja y sinuosa geografía con múltiples canales, bahías, golfos y

estuarios, con una marcada influencia tanto glacial como oceánica.

La estratificación de las aguas —donde capas de diferente temperatura, salinidad y densidad se superponen con escasa mezcla entre ellas— crea microambientes ideales para ciertas especies de microalgas. Cuando a esta estratificación natural se suman factores como el aporte de nutrientes por deshielo, escorrentías terrestres o surgencias marinas, además de un aumento de la temperatura del agua de mar o alta irradiancia, se generan las condiciones ideales para el florecimiento explosivo de estas poblaciones microscópicas.

La ecorregión subantártica, comprendida aproximadamente entre los 47° y 56° de latitud sur, constituye un verdadero laboratorio natural para el estudio de estos fenómenos. Su ubicación estratégica en la transición hacia los ecosistemas antárticos la convierte en un área donde las consecuencias del cambio climático se manifiestan con particular intensidad. El retroceso glacial, los cambios en los patrones de precipitación y las alteraciones en la circulación oceánica están modificando las condiciones que históricamente han regulado la aparición y comportamiento de las FANs. Junto a lo anterior, las FANs, como fenómenos sensibles a las condiciones ambientales, funcionan como indicadores biológicos de estos cambios, permitiéndonos anticipar transformaciones más amplias en los ecosistemas polares.

## *Historia y registros de Floraciones Algaes Nocivas (FANs) en la Patagonia austral*

La presencia de las FANs en la Patagonia austral es tan antigua como la presencia humana en estos territorios, aunque su

documentación científica es relativamente reciente. Los registros históricos nos permiten trazar una línea temporal

que revela no sólo la persistencia de estos fenómenos, sino también su evolución e impacto en las comunidades que habitan esta región austral.

Los primeros registros documentados se remontan al siglo XIX, cuando dos grupos de indígenas Yámanas, uno del lado chileno y otro documentado para el lado argentino, del canal Beagle, murieron tras consumir mariscos contaminados. Este trágico evento constituye una de las primeras evidencias de la presencia histórica de toxinas marinas en la región. No obstante, estudios recientes de registros históricos de bitácoras de viajes realizados por navegantes que cruzaron el estrecho de Magallanes, indicarían que la presencia de estos eventos naturales en aguas australes se remontaban incluso hasta el siglo XVII.

Sin embargo, no fue hasta 1972 cuando se registró oficialmente el primer caso de intoxicación por toxinas marinas con causa de fallecimiento para Chile. El 23 de octubre de ese año, tres pescadores artesanales sucumbieron tras consumir mariscos contaminados con toxinas paralizantes de los mariscos (TPM). Este evento marcó un punto de inflexión en la percepción pública y científica del fenómeno, iniciando una etapa de mayor atención hacia las floraciones algales en la región y posteriormente, en el país.

Posterior a eso, durante el período entre 1981 y 2024 se han registrado 20 personas fallecidas solo en la región de Magallanes y Antártica Chilena, de un total de 38 para todo el país. Estos números, lejos de ser meras estadísticas, representan tragedias familiares y comunitarias que han moldeado la relación de los habitantes locales con el mar y sus recursos.

A pesar de la constante difusión realizada por el Ministerio de Salud, que previenen el consumo responsable de mariscos

y que solo sean adquiridos en el comercio autorizado, los medios de comunicación continúan documentando numerosos casos de embarcaciones detenidas por transportar recursos contaminados con “marea roja”, testimoniando la persistencia de este problema y su impacto en la economía local y la salud pública.

Lo que resulta particularmente preocupante para científicos y autoridades es que, lejos de disminuir, las FANs continúan persistiendo en toda la zona de fiordos y canales australes. Estudios recientes han mapeado los principales eventos ocurridos en la zona de canales y fiordos desde 1970 hasta 2020, revelando patrones espaciotemporales que sugieren una expansión de estos fenómenos hacia áreas anteriormente no afectadas. Esta expansión no es casual. Los cambios en las condiciones oceanográficas, impulsados en gran medida por el calentamiento global, están alterando los patrones de circulación, estratificación y disponibilidad de nutrientes en las aguas australes. Estos cambios, sumados a la intensificación de actividades humanas como la acuicultura y el transporte marítimo, crean nuevas oportunidades para la proliferación y dispersión de especies fitoplanctónicas tóxicas.

La historia de las FANs en la Patagonia austral nos enseña que estos no son fenómenos aislados o recientes, sino parte integral de la dinámica ecológica y oceanográfica de la región. Sin embargo, su frecuencia, intensidad, cobertura geográfica y distribución están cambiando, planteando nuevos desafíos para las comunidades locales, las autoridades sanitarias y la comunidad científica local e internacional, que buscan comprender y mitigar sus impactos en un contexto de cambio global acelerado.

## *Microalgas tóxicas: las protagonistas invisibles*

En el corazón de las FANs se encuentran organismos microscópicos de extraordinaria complejidad y poder: las microalgas tóxicas. Estos diminutos seres, invisibles al ojo humano sin la ayuda de un microscopio, son los verdaderos protagonistas de un fenómeno que puede transformar radicalmente ecosistemas enteros y afectar la salud de quienes consumen productos marinos contaminados.

En las aguas australes de Chile, la especie que ha cobrado mayor notoriedad es *Alexandrium catenella*, un dinoflagelado —organismo unicelular con dos flagelos o “colas” que le permiten moverse en el agua— capaz de producir potentes neurotoxinas. Su nombre específico, “*catenella*” deriva de su tendencia a formar cadenas de células, como eslabones microscópicos que flotan en la columna de agua. Esta especie



ha sido responsable de la mayoría de los eventos de intoxicación por TPM en la región, causando numerosos estragos en los sistemas socioecológicos a lo largo de las últimas décadas.

Sin embargo, *A. catenella*, no actúa sola en este escenario. Los estudios realizados en cruceros oceanográficos como PROFAN 2019 y EXOFAN 2021, ambos a bordo del buque oceanográfico de la Armada de Chile AGS61 “Cabo de Hornos”, han revelado una biodiversidad sorprendente de microalgas tóxicas y potencialmente tóxicas en la región. Entre ellas destacan muchas especies previamente descritas, pero que coexisten y cohabitan estos escenarios australes, como *Dinophysis acuta*, productora de toxinas lipofílicas o diarreicas; *Protoceratium reticulatum*, que genera yessotoxinas y otras especies como *Pseudochattonella cf. verruculosa*, *Heterosigma akashiwo* y *Karenia selliformis*, cada una con sus propias características y potenciales impactos medioambientales y sociales.

Lo fascinante de estas microalgas es su extraordinaria adaptación a las condiciones ambientales de los fiordos y canales australes. Muchas de ellas han desarrollado estrategias sofisticadas para sobrevivir y prosperar en este entorno desafiante. Muchas de ellas pueden formar quistes o esporas de resistencia que permanecen dormidas en los sedimentos marinos durante meses o incluso años, esperando condiciones favorables para “despertar” y proliferar nuevamente. Otras son capaces de migrar verticalmente en la columna de agua, ascendiendo durante el día para captar luz solar y descendiendo por la noche para acceder a nutrientes en aguas más profundas.

Un descubrimiento particularmente relevante en los últimos años ha sido la identificación de microalgas bentónicas tóxicas —aquellas que viven asociadas al fondo o algún sustrato marino— en estos ecosistemas subantárticos y antárticos. Estas microalgas se asocian a macroalgas (como epífitas) o a granos de arena (epipsámicas), formando comunidades complejas que habían pasado relativamente inadvertidas hasta hace poco. Entre las toxinas emergentes detectadas en estos sistemas bentónicos se encuentran la Pinnatoxina (PnTX-G) y la Dinofisistoxina (DTX-1), compuestos cuyo impacto en los ecosistemas locales y la salud humana apenas comienza a comprenderse.

Para estudiar estos organismos microscópicos, los científicos emplean técnicas cada vez más sofisticadas. Los cultivos monoclonales permiten aislar y estudiar especies específicas; los análisis moleculares revelan su composición genética y relaciones evolutivas; mientras que la microscopía electrónica de barrido proporciona imágenes detalladas de su estructura. Estas herramientas, combinadas con muestreos sistemáticos en cruceros oceanográficos, están permitiendo construir un mapa cada vez más preciso de la biodiversidad de microalgas tóxicas en la región y comprender mejor su ecología y comportamiento.

Conocer a estos protagonistas invisibles no es solo una cuestión de curiosidad científica. Es el primer paso para desarrollar sistemas de alerta temprana más efectivos, implementar medidas de gestión adecuadas y, en última instancia, proteger tanto los ecosistemas marinos como la salud de las comunidades que dependen de ellos.

## Transferencia de toxinas en la cadena alimentaria

El viaje de las toxinas producidas por las microalgas, hasta llegar a nuestros platos es un proceso fascinante y preocupante que ilustra la interconexión de todos los elementos en los ecosistemas marinos. Este recorrido, que comienza en organismos microscópicos y puede terminar afectando la salud humana, representa uno de los aspectos más relevantes de las FANs desde la perspectiva de la salud pública y la seguridad alimentaria.

Todo comienza cuando las microalgas tóxicas son consumidas por el zooplancton, pequeños organismos que son los

consumidores primarios de las cadenas y tramas tróficas marinas, que se alimentan filtrando el agua y capturando partículas en suspensión, ingieren microalgas tóxicas y pueden acumular toxinas en sus tejidos, convirtiéndose en portadores involuntarios. A su vez, el zooplancton es alimento básico para peces pequeños (sardinas, por ejemplo), que también incorporan estas toxinas a sus organismos, concentrándose aún más. Siguiendo la cadena alimentaria, estos peces pequeños son consumidos por peces más grandes, aves marinas y mamíferos marinos, hacia niveles tróficos superiores. En cada paso de esta

cadena, puede ocurrir un fenómeno conocido como biomagnificación, donde la concentración de toxinas aumenta progresivamente en los tejidos de los organismos. Particularmente preocupante es el caso de los mariscos filtradores como mejillones, almejas, ostiones y ostras, que pueden filtrar grandes volúmenes de agua diariamente, acumulando rápidamente altas concentraciones de toxinas en sus tejidos.

Cuando estos mariscos contaminados son recolectados y consumidos por humanos, las toxinas pueden causar diversos síndromes de intoxicación, dependiendo del tipo específico de toxina involucrada. Entre los más comunes en la región austral se encuentran las ya indicadas TPM, cuyo complejo tóxico principal son las saxitoxinas, producidas por *A. catenella*. Esta intoxicación puede manifestarse con síntomas que van desde hormigueo y entumecimiento en labios y extremidades hasta parálisis respiratoria y, en casos severos, muerte. Otras toxinas presentes en la ecorregión Subantártica son las Toxinas Diarreicas de los Mariscos (TDM) y las Toxinas Amnésicas de los Mariscos (TAM), producidas por dinoflagelados del género *Dinophysis* y diatomeas del género *Pseudo-nitzschia*, respectivamente; en ambos casos, los síntomas de intoxicación son similares, con trastornos gastrointestinales y efectos neurotóxicos, pero sin letalidad.

Lo complejo de estas toxinas es que son termoestables, es decir, no se destruyen con la cocción normal de los alimentos.

## Desafíos y perspectivas futuras

El futuro de la investigación y monitoreo de las FANs apunta hacia una mayor integración de tecnologías automatizadas y remotas. Boyas oceanográficas equipadas con sensores que transmiten datos en tiempo real, vehículos submarinos autónomos capaces de realizar muestreos en áreas extensas, y técnicas de teledetección que permiten detectar floraciones desde satélites, representan la próxima frontera en nuestra capacidad para vigilar estos fenómenos dinámicos y complejos en una de las regiones más remotas y desafiantes de nuestro planeta. En la región más austral de la Patagonia (49°-55°S), se están realizando esfuerzos importantes para comprender la recurrencia de las FANs en un territorio caracterizado por una extraordinaria heterogeneidad ambiental y paisajística. Esta complejidad geográfica y

Tampoco alteran el sabor, olor o apariencia de los mariscos, lo que hace imposible detectarlas mediante inspección visual o durante el consumo. Un marisco contaminado puede parecer, oler y saber exactamente igual que uno seguro para el consumo.

Se han documentado casos de mortalidad masiva de aves marinas, peces e incluso mamíferos marinos coincidiendo con floraciones algales intensas. Para proteger la salud pública, las autoridades sanitarias implementan programas de monitoreo que analizan regularmente la presencia de microalgas tóxicas y de toxinas en los mariscos. Cuando se detectan niveles peligrosos, se establecen vedas que prohíben la extracción, comercialización y consumo de mariscos en las áreas afectadas. Estas medidas, aunque efectivas para prevenir intoxicaciones, tienen un impacto económico significativo en las comunidades que dependen de la pesca y recolección de mariscos para su sustento.

La educación pública juega también un papel crucial en la prevención y concientización hacia la comunidad acerca de las intoxicaciones. Las campañas informativas buscan enfatizar sobre los riesgos de consumir mariscos extraídos de zonas no autorizadas o durante períodos de veda. Sin embargo, persisten prácticas de extracción ilegal y consumo de productos no certificados, lo que explica la continuidad de casos de intoxicación a pesar de los sistemas de monitoreo y vigilancia permanente.

ecológica demanda un enfoque interdisciplinario que integre conocimientos de oceanografía física, química y biológica, climatología, ecología y ciencias sociales, entre otras disciplinas.

Uno de los principales desafíos radica en comprender los factores clave del cambio climático que influyen en los procesos oceánicos de la región. El retroceso glacial, los cambios en los patrones de precipitación, la alteración de corrientes marinas y la modificación de la estratificación de la columna de agua están transformando las condiciones que históricamente han regulado la aparición y comportamiento de las FANs en este sector del planeta. Desentrañar estas complejas interacciones es fundamental para desarrollar



modelos predictivos más precisos y estrategias de gestión adaptadas a escenarios futuros.

La colaboración internacional es otra instancia importante y que juega un papel fundamental en estos esfuerzos. Iniciativas como la cooperación entre Chile y Canadá permiten compartir experiencias, metodologías y recursos, potenciando la capacidad de ambos países para enfrentar desafíos comunes en sus respectivas regiones polares y subpolares. Eventos como la XXI Conferencia Internacional sobre Algas Nocivas (ICHA 2025), que se celebrará en Punta Arenas, Chile, en octubre de 2025, representan oportunidades valiosas para fortalecer estas redes de colaboración y compartir los últimos avances científicos en la materia, además de poner al país y la región en particular en el centro de la investigación mundial en esta temática.

Igualmente, importante es fortalecer la comunicación entre científicos, autoridades y las comunidades locales. El conocimiento científico sobre las FANs debe traducirse en políticas públicas efectivas y prácticas de transferencia comunitaria de conocimiento, que reduzcan la vulnerabilidad

frente a estos fenómenos. Esto incluye programas educativos que promuevan la comprensión de los riesgos asociados al consumo de mariscos contaminados, así como estrategias de diversificación económica que minimicen la dependencia de recursos potencialmente afectados por las FANs.

Comprender las FANs en esta región del planeta no es solo una cuestión académica. Para las comunidades costeras que dependen de la pesca y la acuicultura, estos fenómenos representan una amenaza directa a su sustento y modo de vida. Para las autoridades sanitarias, constituyen un desafío permanente en la protección de la salud pública. Y para los científicos, ofrecen una ventana única para observar las complejas interacciones entre clima, océano y vida microscópica en uno de los rincones más fascinantes y vulnerables de nuestro planeta. Los conocimientos generados en este rincón remoto del planeta tienen relevancia global, contribuyendo a nuestra comprensión colectiva de cómo los ecosistemas marinos, tanto costeros como oceánicos, están evolucionando en un mundo cambiante y qué medidas podemos tomar para proteger tanto su integridad ecológica como los servicios que proporcionan a las sociedades humanas.









UNIVERSIDAD  
DE CHILE  
FACULTAD DE DERECHO

Canada