

GOBERNANZA ANTÁRTICA

Cooperación para un futuro sostenible

Mariano Arnaldo **Memoli**

Marcelo **Leppe Cartes**

Ole Arve **Misund**

Mariano **Aguas**

Mercedes **Santos**

Dolores **Deregibus**

Marcelo C. **Tarapow**

GOBERNANZA ANTÁRTICA

Cooperación para un futuro sostenible

Mariano Arnaldo **Memoli**

Marcelo **Leppe Cartes**

Ole Arve **Misund**

Mariano **Aguas**

Mercedes **Santos**

Dolores **Deregibus**

Marcelo C. **Tarapow**

Gobernanza antártica : cooperación para un futuro sostenible / Mariano Arnaldo Memolli ... [et al.]. - 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Konrad Adenauer Stiftung, 2024.

186 p. ; 23 x 16 cm.

ISBN 978-631-90010-5-1

1. Antártida Argentina. 2. Antártida. I. Memolli, Mariano Arnaldo
CDD 320.0982

Esta publicación de la Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. tiene por objetivo único el de proporcionar información. No podrá ser utilizada para propósitos de publicidad electoral durante campañas electorales.

Coordinación: Nadia Aguado Benítez
Corrección: Jimena Timor
Diseño de interior y de tapa: Ana Uranga B.

© Konrad-Adenauer-Stiftung
Suipacha 1175, Piso 3
C1008AAW
Ciudad de Buenos Aires
República Argentina
Tel: (54-11) 4326-2552
www.kas.de/argentina
info.buenosaires@kas.de

Agosto 2024

ISBN: 978-631-90010-5-1

Prohibida su reproducción total o parcial, incluyendo fotocopia, sin la autorización expresa del autor y los editores.

Índice

Prólogo.....	7
<i>Susanne Käss</i>	
Presentación	9
<i>Jorge Argüello</i>	
La contribución de Latinoamérica al Sistema del Tratado Antártico.....	13
<i>Mariano Arnaldo Memolli</i>	
Reflexiones desde el extremo sur de América: ¿es Antártica el continente del futuro?.....	43
<i>Marcelo Leppe Cartes</i>	
La Antártida y el Ártico: los desafíos polares del futuro vistos desde la región del Alto Norte.....	83
<i>Ole Arve Misund</i>	
El ecosistema antártico y el cambio climático. Un rompecabezas complejo	111
<i>Mariano Aguas</i>	
Áreas Marinas Protegidas en la Antártida: ¿qué está haciendo la Argentina para contribuir a la conservación del mar?	143
<i>Mercedes Santos y Dolores Deregibus</i>	

Una Antártida mejor es posible.

Hacia una logística ecosostenible 167

Marcelo C. Tarapow

Prólogo

La Fundación Konrad Adenauer busca fomentar la divulgación de información y el debate sobre las grandes preguntas del futuro de la humanidad. Por múltiples motivos, todas las temáticas relacionadas con la Antártida forman un conjunto de interrogantes fundamentales acerca de la sobrevivencia del planeta y de la humanidad y las formas de relacionamiento y cooperación entre países, gobiernos y personas. Por su ubicación geográfica, Argentina es el segundo país más cercano al continente antártico después de Chile. Por lo tanto, trabajar sobre el futuro de la Antártida en Argentina –juntamente con la Fundación Embajada Abierta– cobra especial importancia.

La Antártida juega un rol fundamental en la protección del clima y de las especies. Se trata de uno de los ecosistemas menos impactados por el ser humano. En el hielo del continente se concentra el 70% de las reservas de agua dulce de nuestro planeta. A pesar de que el Tratado Antártico consagra de manera exitosa desde su entrada en vigor en 1961 el uso pacífico y científico del territorio antártico con el objetivo de la protección del equilibrio ecológico, pugnas futuras sobre recursos naturales y poder político son previsibles. En mayo de 2024 se supo que Rusia descubrió gigantescas reservas de petróleo en el continente blanco, 30 veces mayores que las de Vaca Muerta y 10 veces la producción total del Mar del Norte, noticia que preocupa a la comunidad científica internacional debido a los posibles deseos económicos que podría despertar en desmedro de la protección medioambiental. De esta manera, se agudiza la pregunta de cómo tratar ese continente

en la controversia entre la protección del medioambiente por un lado y los intereses económicos y geopolíticos por el otro.

La presente publicación pretende brindar información sobre la Antártida y las diferentes dimensiones de su importancia para la protección del clima y de la biodiversidad. Además, quiere poner el foco de atención en la cooperación exitosa en el marco del Tratado Antártico, modelo a defender y a seguir. La figura del Tratado Antártico de 1961 es **única** en el derecho internacional público. El Tratado fue elaborado en los tiempos de la Guerra Fría para evitar la expansión del conflicto y garantizar la paz en el sexto continente por la vía de la cooperación en la protección del medioambiente y la ciencia.

Los grandes desafíos del futuro solamente podrán ser resueltos por la vía de la cooperación internacional. En la Antártida, el principio de la cooperación internacional ha sido implementado de una manera tan exitosa como probablemente en ninguna otra región del mundo. Los principios del bien común y de la cooperación son privilegiados con éxito ante intereses de Estados nacionales y competencia. Con este trabajo y el debate sobre el mismo, queremos impulsar la reflexión sobre la pregunta de cómo este espíritu del Tratado Antártico se puede preservar en el futuro. Agradecemos el importante trabajo de todos los autores y de la Fundación Embajada Abierta.

Susanne Käss
REPRESENTANTE DE LA
FUNDACIÓN KONRAD ADENAUER EN LA ARGENTINA

Presentación

Son escasos los ámbitos de investigación, producción y divulgación de conocimiento donde la Antártida reciba cobertura y atención permanente. En reconocimiento de la relevancia política, económica, militar, cultural y ambiental de la región para la Argentina y el mundo, la Fundación Embajada Abierta asumió, desde su creación en 2014, el abordaje integral y constante sobre las cuestiones relativas al continente antártico. Hemos encontrado en la Oficina Argentina de la Fundación Konrad Adenauer y su equipo un aliado estratégico, confiable y generoso para desarrollar esta tarea.

El presente libro pretende ser un aporte –una actualización en el punto de partida– para los diferentes desafíos que plantea la Antártida para la Argentina y América Latina, así como para el resto de los países con presencia e intereses en la región. Con ese objetivo, la publicación reúne un heterogéneo colectivo de expertos de distintas disciplinas.

Las autoras y los autores convocados aceptaron la propuesta y el desafío de presentar las problemáticas complejas referidas al presente y futuro de la Antártida, que están vinculadas a sus proyectos de investigación y áreas de estudio, en un registro accesible para el público general. Biólogos, médicos, militares y periodistas que, más allá de sus valiosos pergaminos profesionales, comparten el compromiso y la pasión por el continente.

La urgencia de los debates vinculados a la Antártida requiere que el debate fundado y honesto desborde los ámbitos científicos y militares, hábitats “naturales” y habituales para estas problemáticas, para insertarse en forma permanente en las discusiones políticas, económicas y culturales. Los evidentes efectos del cambio climático y la intensificación de las actividades humanas en la Antártida convierten la problemática medioambiental en uno de los ejes y aportes centrales del libro.

No hay espacio para medias tintas: Argentina está llamada a jugar un rol protagónico. Los aportes que se incluyen en este libro contrastan con las posiciones negacionistas sobre el cambio climático que, a pesar de la evidencia científica abrumadora, se cristalizan y reproducen peligrosamente desde diversos ámbitos políticos y mediáticos. Frente a la necesidad ineludible de un abordaje inmediato de los efectos nocivos del cambio climático, es fundamental que la sociedad y los líderes políticos reconozcan la importancia de tomar medidas basadas en la ciencia para garantizar la sostenibilidad de la Antártida y su impacto en el resto del planeta. En ese sentido, el recorrido por los capítulos que componen esta publicación deja en claro la relevancia que tiene para ese objetivo el fortalecimiento de la gobernanza del continente.

La compilación contempla los clásicos –y necesarios– análisis historiográficos y/o naturalistas que han guiado los análisis sobre la Antártida pero incorpora nuevas visiones y abordajes que enriquecen, matizan y complejizan el debate alrededor del presente y el futuro del continente y su relevancia, tal vez desconocida, en las estructuras productivas de muchos países.

En ese sentido, el fortalecimiento del Sistema del Tratado Antártico es señalado como una herramienta institucional imprescindible para la protección del medioambiente antártico frente a las nuevas y viejas problemáticas sociales y ambientales. Los países de América del Sur, en especial Argentina y Chile, tienen un interés especial en

mejorar el conocimiento científico de los ecosistemas compartidos y en protegerlos de los impactos del cambio climático, el crecimiento exponencial del turismo, la explotación comercial de los recursos naturales, la introducción de especies no nativas o la amenaza de los microplásticos.

Pero el alcance de la publicación no está limitado a los efectos del cambio climático y los abordajes posibles, sino que explora desafíos poco estudiados como la logística antártica y aquellos asociados a su explotación comercial. Asimismo, la publicación ofrece una perspectiva de los desafíos de las dos regiones polares del planeta desde el Norte que refuerza la necesidad de abordar los retos de continuar ofreciendo soluciones basadas en la ciencia para abordar la conservación del ecosistema marino antártico.

En conjunto, estos aportes reflejan la diversidad de perspectivas y la complejidad de los desafíos que enfrenta la Antártida en la actualidad. Confiamos en que este libro será una herramienta para avanzar con las imprescindibles tareas de concientización y ampliación de los ámbitos de abordaje de las problemáticas antárticas y progresar en la protección y gestión sostenible de un continente que es crucial para el futuro del planeta.

Jorge Argüello
PRESIDENTE DE LA FUNDACIÓN EMBAJADA ABIERTA

La contribución de Latinoamérica al Sistema del Tratado Antártico

Mariano Arnaldo Memolli¹

ARGENTINA

RESUMEN

Latinoamérica es el continente más próximo a la Antártida. Entre los países con intereses en el continente blanco, los países latinoamericanos han realizado muchas tareas vinculadas con la cuestión ambiental desde el inicio de las actividades antárticas. Argentina y Chile son miembros signatarios del Tratado Antártico desde su entrada en vigor y tienen mayor cercanía al continente desde Ushuaia y Punta Arenas, respectivamente. Brasil, Ecuador, Perú y Uruguay se unieron posteriormente como miembros consultivos para formar la Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (RAPAL). Esta reunión se constituyó no solo como un foro de temas logísticos, sino que desde su comienzo, en 1990, incluyó de manera sostenida en la agenda la cuestión ambiental basada en el conocimiento científico.

¹ Médico especializado en hemoterapia e inmunología. Presidente de la Fundación PROAntártida. Ex director nacional del Antártico (2003-2016). Durante las campañas antárticas de 1990 y 1991, ejerció como médico y jefe de la base científica Jubany. Es profesor universitario con numerosas publicaciones y experiencia en docencia y en foros internacionales multilaterales, entre otras áreas.

Posteriormente se unieron como adherentes Colombia y Venezuela, tanto a la Reunión Consultiva del Tratado Antártico como al Comité de Protección Ambiental y a la RAPAL. El capítulo describe el interés latinoamericano por la protección del ambiente antártico desde la investigación científica y la cooperación internacional como un eje de la política de cada país y del conjunto de naciones latinoamericanas con intereses antárticos sin dejar de lado la cooperación con los demás miembros del Tratado Antártico.

1. Introducción

El presente capítulo aborda la contribución de Latinoamérica a la protección ambiental de los ecosistemas antárticos como un tema transversal a todos los foros del Sistema del Tratado Antártico (STA).

El continente antártico tiene la particularidad de ser el menos habitado y el menos contaminado. Por ende, todos los programas antárticos, las empresas de turismo, las organizaciones no gubernamentales, las empresas pesqueras y los sectores vinculados con la actividad antártica deben comprometerse con el cuidado ambiental en forma explícita y en la práctica operacional. Los programas nacionales antárticos han asumido un fuerte compromiso ambiental desde la firma del TA, en tanto se han ocupado de perfeccionar, con el transcurso de los años, la protección del ambiente utilizando una herramienta incuestionable: la evolución del conocimiento aportado por la investigación científica antártica y la decisión basada en la evidencia. Si bien existen opiniones que señalan una lentitud en la toma de decisiones, los mecanismos de trabajo establecidos en los diferentes foros, y en particular en la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (en adelante RCTA), brindan solidez y eficiencia en el cumplimiento de las decisiones

consensuadas en los foros del STA, hecho que no ocurre en otras partes del mundo.

De todas maneras, las acciones y aportes latinoamericanos deben entenderse como contribución a los aportes globales en cooperación con otras partes del Tratado Antártico (TA), y no como una expresión para el aislamiento de un continente.

Sudamérica es el continente más próximo a la Antártida y sus ecosistemas y condiciones climáticas se vinculan fuertemente. Varias especies migratorias sudamericanas tienen hábitats en los dos continentes, lo que obliga a tener un especial interés por mejorar el conocimiento científico de los ecosistemas compartidos, no solo en los hábitats terrestres sino en los marinos y anfibios. En el campo de la microbiología también es relevante cuidar la introducción de especies no nativas en la Antártida. En las puertas de entrada a la Antártida desde Sudamérica, Punta Arenas y Ushuaia, el cuidado tiene mayor interés por la adaptación de microorganismos patagónicos al ambiente antártico y la de especies no autóctonas a ese ecosistema muy frágil, teniendo en cuenta el cambio climático, que produce disminución de las masas glaciares, la disminución del permafrost y la pérdida de las superficies heladas en las costas de las islas y de la península Antártica. La disminución del permafrost puede favorecer el crecimiento de plantas talofitas en lugares desprovistos de nieve sujetos a altas temperaturas para la zona.

El calentamiento global, sin un compromiso real, que no es solo de gobiernos, determinará que los ecosistemas antárticos se vean muy comprometidos y con cambios irreversibles cuya magnitud final es difícil de estimar.

En el Sistema del Tratado Antártico la cuestión ambiental es transversal a cada foro y la toma de decisión se realiza basándose en la mejor información científica y las evidencias disponibles. Es cierto que

existen otros temas de similar envergadura que la cuestión ambiental, pero no se abordarán en este capítulo por la complejidad que implica el desarrollo de cada tema en particular. La descripción de los temas abordados en cada foro del STA será ambiental y vinculada a los aportes de Latinoamérica a la protección ambiental en la Antártida.

2. Los inicios de los países latinoamericanos en el Tratado Antártico

La presencia latinoamericana en la Antártida tiene diferentes vertientes históricas, entre las cuales hay algunas diferencias de fechas y precisiones de acuerdo a cada autor, pero queda muy firme que es anterior a la firma del Tratado Antártico, como los acuerdos entre Argentina y Chile previos a este para coordinar actividades conjuntas en ese continente, en especial las vinculadas a la paz y cooperación, en la década del 40.

La Conferencia Antártica de 1959, que dio lugar al Tratado Antártico, modificó el escenario geopolítico y permitió la incorporación de nuevos países en este sistema de gestión para la gobernanza de un continente. Las incorporaciones favorecieron en gran medida a Europa y también a Latinoamérica.

Los países de la región signatarios originales del Tratado Antártico fueron Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Estados Unidos de Norteamérica, Francia, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, Japón, Noruega, Nueva Zelanda, Reino Unido y Sudáfrica. Argentina y Chile fueron los únicos representantes de la región hasta 1975.

En un orden cronológico, los países latinoamericanos que se incorporaron al sistema fueron:

Estado	Entrada en vigor	Estatus consultivo
Brasil	1975	1983
Uruguay	1980	1985
Perú	1981	1989
Ecuador	1987	1990

Fuente: elaboración propia.

Hubo otros países que se sumaron a las RCTA en carácter de miembros adherentes.

Estado	Entrada en vigor	Estatus consultivo
Cuba	16 de agosto de 1984	No
Colombia	31 de enero de 1989	No
Guatemala	31 de julio de 1991	No
Venezuela	24 de marzo de 1999	No
Costa Rica	11 de agosto de 2022	No

Fuente: elaboración propia.

La particularidad de Costa Rica, Cuba y Guatemala es que nunca presentaron documentos en las reuniones, aunque lo mismo ocurre con otros países de diferentes continentes.

3. La Reunión Consultiva del Tratado Antártico

Las reuniones quedaron establecidas en el artículo 9 del Tratado Antártico y luego se establecieron las Reglas de Procedimiento para las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico con el consenso de todas las partes consultivas. Por definición, "... es el foro para que las

Partes demuestren el interés por la Antártida, en especial la investigación científica, con el fin de intercambiar información, realizar interconsultas de mutuo interés y formular medidas o recomendaciones a los correspondientes gobiernos para promover los objetivos y principios del Tratado Antártico". En las RCTA rige, como regla de oro, el CONSENSO. Por esta razón, las medidas, decisiones y resoluciones se adoptan por este mecanismo de toma de decisión, para brindar igualdad entre las partes consultivas. Las *medidas* abordan aspectos centrales de la gobernanza de la Antártida y son jurídicamente vinculantes, luego de que todas las partes las aprueben mediante los mecanismos legislativos de cada país. Las *decisiones* se utilizan para los aspectos de organización interna de la RCTA, son exhortatorias y sin carácter vinculante. Las *resoluciones* no tienen carácter vinculante, su función es establecer una recomendación para los miembros de la RCTA sin nexos jurídicos.

Las partes signatarias o contratantes del TA son aquellas que, luego de aprobar el Protocolo de Protección Ambiental y el Tratado Antártico, son aceptadas por los miembros consultivos. Inicialmente, los Estados miembros fueron los doce Estados conocidos como *miembros signatarios originales*. Son quienes participan en la presentación de documentos de trabajo y en la toma de decisiones.

Las *partes adherentes no consultivas* son los países que deben ser aceptados mediante invitación para participar en las RCTA y tienen derecho a nombrar representantes para asistir a las reuniones, pueden presentar documentos de información y no pueden intervenir en la toma de decisiones. También existen las categorías de *observador* y *experto*; en ambas se invita a participar a organizaciones y no a países.

Latinoamérica tiene una presencia importante con participación activa en las RCTA, las cuales pueden medirse por la gran cantidad de documentos de trabajo presentados en conjunto, con un número

mayor de documentos informativos. En muchos de ellos se pone de manifiesto el compromiso con la cuestión ambiental y con la investigación científica.

En el Sistema del Tratado Antártico, la Reunión Consultiva no es el único foro multilateral, los otros foros admiten miembros que no necesariamente son parte de la RCTA.

Los foros del STA son:

- el Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR),
- la Convención para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA),
- el Consejo de Administradores de Programas Nacionales Antárticos (COMNAP), y
- el Comité de Protección Ambiental (CPA).

La Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (RAPAL) no es una reunión oficial ni contemplada en el sistema, pero su regularidad y la frecuencia de reuniones hacen que sea un importante foro para la región.

4. La investigación científica en la Antártida

El Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR, acrónimo inglés de Scientific Committee on Antarctic Research) tiene sus orígenes en el Año Geofísico Internacional de 1957-58. Este proyecto de tomar como base la investigación en los dos polos tuvo su foco en el espacio y la Antártida para unos pocos países. El entorno político estaba marcado por la expansión de la ex Unión Soviética y el militarismo de los EEUU. La investigación científica tuvo una muy buena producción, no solo académica sino también política, por lo que fue un excelente antecedente para la Conferencia Antártica de Washington en 1959.

Doce países tenían presencia en la Antártida en los años previos a la Conferencia Antártica de Washington, a saber: Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Estados Unidos, Francia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, Reino Unido, Sudáfrica y la Unión Soviética. Cinco de ellos ya tenían estaciones antárticas: Argentina, Australia, Chile, Francia y el Reino Unido.

La primera base antártica permanente fue la base Orcadas de Argentina en 1904, Chile tiene su primera base en 1947, la base Pratt. A partir de sus primeras bases establecieron nuevas bases permanentes y bases de verano. Ambos países sudamericanos estuvieron presentes en los comienzos del prestigioso Comité para la Investigación Científica en la Antártida.

El SCAR tiene un sistema de membresías diferente al resto de los foros. Sus miembros son uniones científicas asociadas al International Science Council (ISC). También incorpora miembros nacionales con instituciones vinculadas a las investigaciones científicas antárticas de países miembros y no miembros del Sistema del Tratado Antártico (STA).

El Comité tiene como misión iniciar, desarrollar y coordinar investigaciones científicas internacionales de alta calidad en la región antártica (incluido el océano Austral) y sobre el papel de la región antártica en el ecosistema terrestre. Su trabajo científico lo conducen sus Grupos Científicos Permanentes, que representan las disciplinas científicas activas en la investigación antártica y reportan al SCAR.

Como hecho científico-político destacado, proporciona asesoramiento científico objetivo e independiente a las RCTA y a otras organizaciones, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Panel Internacional para el Cambio Climático (IPCC), en cuestiones de ciencia y conservación que afectan el gerenciamiento de la Antártida y de los océanos australes, y el rol de la región antártica en el sistema terrestre.

A nivel latinoamericano, los miembros, de acuerdo con las diferentes categorías del SCAR, son:

Miembros de pleno derecho

Un *miembro de pleno derecho* es una organización nacional que se adhiere al International Science Council o que ha sido nominada por una organización nacional que se adhiere al ISC, y que representa a la comunidad científica de su país. El país debe mantener un programa activo y continuo de investigación en la región antártica y la organización nacional debe haber formado un comité nacional para comunicarse con SCAR.

Las subcategorías de miembros de pleno derecho son:

Contribuyentes especiales: no hay miembros latinoamericanos; son Estados Unidos y la Federación de Rusia.

Programas bien desarrollados: Argentina y Brasil.

Programas en etapa inicial: Chile, Ecuador, Perú, Uruguay.

Miembro asociado

La segunda categoría, de *miembro asociado*, es para organizaciones que no cumplen con todos los requisitos del miembro de pleno derecho pero que realizan investigaciones científicas en Antártida. Los representantes latinoamericanos asociados son: Colombia, México y Venezuela.

El interés de Latinoamérica en la investigación científica tiene correlación con la presencia y conducción de los principales grupos científicos permanentes e incluso con el Comité Ejecutivo con varios vicepresidentes, como también con la participación de científicos en las diferentes reuniones del SCAR. Las nuevas iniciativas que impulsan

a una mayor participación de investigadores de todo el mundo son las Conferencias Científicas Abiertas del SCAR (SCAR Open Science Conferences), para que haya mayor vinculación y conocimiento de las actividades científicas antárticas entre los participantes de estas conferencias. La periodicidad es bianual, con países postulantes a ser anfitriones de la conferencia y de la reunión del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR). La participación en estas conferencias abiertas es masiva, con inscriptos de todos los continentes, lo que implica un gran esfuerzo logístico y presupuestario. Latinoamérica tiene el antecedente de la organización de la 4.^a Reunión del SCAR Open Science Conference (OSC), realizada en Argentina en 2010; Chile lo hará en 2024 con la 11.^a reunión. La primera reunión del SCAR OSC fue en Bremen en 2004, que dio lugar a una nueva e importante iniciativa científica.

5. La Comisión para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA)

La CCRVMA es un muy importante foro multilateral del sistema responsable de la conservación de toda especie relacionada con el ecosistema marino.

Esta comisión surge de un acuerdo internacional que fue adoptado en la Conferencia sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos celebrada en Canberra (Australia) del 7 al 20 de mayo de 1980, y se promulgó en 1982. Tanto Argentina como Chile fueron parte de la Conferencia de Canberra y prestaron consenso para la creación de esta convención. Luego se incorporaron Uruguay en 1985, Brasil en 1986, Perú en 1989, Panamá en 2013 y Ecuador en 2022.

El objeto de esta comisión es preservar la vida marina en la Antártida y sus alrededores. Muchas de las especies que habitan el

continente dependen de las aguas circundantes para alimentarse. Debido a que en estas aguas viven tantas especies diferentes, la sobrepesca podría afectar negativamente el ecosistema. La convención tiene principios que intentan prevenir o minimizar cualquier cambio que no pueda revertirse, como podría darse ante el avance de la explotación comercial de los recursos marinos y, muy especialmente, del kril antártico, componente clave de ese ecosistema.

La CCRVMA monitorea el ecosistema y su dinámica con los datos que aporta su Comité Científico y el SCAR. Por su lado, el enfoque precautorio busca reducir al mínimo los efectos negativos a largo plazo sobre el ecosistema antártico, para poder tomar decisiones en especial cuando no todos los datos están disponibles.

El interés de los recursos pesqueros de aguas antárticas y subantárticas también derivó en la sobreexplotación de varios otros recursos marinos de los océanos australes, lo que obligó a fortalecer la participación en la Convención. Las Medidas de Conservación implementadas por la CCRVMA pueden incluir "... la apertura y cierre de zonas, regiones o subregiones con fines de estudio científico o conservación, con inclusión de zonas especiales para protección y estudio científico".

Al ejercer su responsabilidad de conservación de los ecosistemas marinos antárticos, la CCRVMA adopta una estrategia de orden para las pesquerías centrada en el ecosistema. Esto no excluye la recolección en la medida en que esta se realice de manera sostenible y se tomen en cuenta los efectos de la pesca sobre el resto de los componentes del ecosistema. Como medida de gestión para asegurar la conservación de las especies se propusieron las Áreas Marinas Protegidas, que todavía no lograron entrar en vigor por la falta de consenso de dos partes (República Popular China y Federación de Rusia).

Los miembros de la CCRVMA son aquellos que participan en investigaciones o en la explotación pesquera; pueden ser Estados u organizaciones regionales de integración económica, como lo es la Unión Europea. Este foro también tiene dos categorías de membresía, los Estados contratantes y los Estados adherentes, que no participan en la toma de decisiones.

Latinoamérica tiene representación por Estados y no por bloque regional de integración económica. Los Estados miembros contratantes son: Argentina, Brasil, Chile, Ecuador y Uruguay, mientras que los adherentes son Panamá y Perú.

En este sentido, Latinoamérica ha sostenido una posición de conservación adhiriendo a la creación de Áreas Marinas Protegidas establecidas bajo los términos de referencia de la CCRVMA y del Sistema del Tratado Antártico, sin apoyar la creación de áreas marinas establecidas unilateralmente en territorios ilegalmente ocupados.

Desde el año 2012, Chile y Argentina han trabajado conjuntamente en el Área Marina en el Dominio 1, que abarca una zona marina comprendida por las aguas correspondientes a la península Antártica Occidental y el sur del Arco de Escocia. Esta zona representa la mayor pesquería de kril y de otras especies que merecen especial atención; hasta el momento no hubo consenso en la creación de más AMP. El resto de las partes latinoamericanas acompañan las medidas de protección de las especies marinas.

La creación de las AMP no ha logrado el consenso para su total implementación y es una discusión que queda pendiente para el futuro. Se considera una medida de especial interés para evitar cambios negativos mayores en los frágiles ecosistemas marinos en el contexto de un cambio climático cada vez más grave.

6. El Consejo de Administradores de Programas Antárticos Nacionales (COMNAP)

El Consejo de Administradores de Programas Nacionales Antárticos (COMNAP, acrónimo en inglés de Council of Managers of National Antarctic Programs), que reúne los programas antárticos nacionales gubernamentales de 33 países que son partes consultivas o partes no consultivas, tiene como requisito aceptar el Tratado Antártico y el Protocolo Ambiental para ser miembros del Consejo. Latinoamérica mantiene una fuerte presencia desde su creación en 1988. En este consejo se abordan temas como la logística, el apoyo a la investigación científica, el turismo, la salud y aquellos vinculados a la vida en la Antártida. Dentro de los objetivos centrales figura "servir como foro para desarrollar prácticas que mejoren efectividad de las actividades en un entorno ambientalmente manera responsable", reuniendo la información y experiencia de los programas antárticos nacionales que lo integran. Por definición, la protección ambiental es transversal a cada tema que se discute en las diferentes sesiones. La diferencia del COMNAP con otros foros antárticos es que las reuniones anuales no tienen informes finales abiertos al público general, por lo cual es difícil obtener información fidedigna.

En el tópico de facilidades antárticas del COMNAP figuran las bases que cada miembro tiene en el continente. Si bien se señalan 76 estaciones, dos son laboratorios que no cumplen con la condición de base. De las 74 estaciones restantes, 27 pertenecen a países latinoamericanos, lo que representa el 36,5% del total.

Los miembros plenos latinoamericanos son Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay, mientras que los adherentes son Colombia y Venezuela, ambos sin bases. La participación latinoamericana ha sido relevante en muchas oportunidades para la toma de decisiones

en temas relevantes para la gestión de la península Antártica, el turismo, cuestiones ambientales y cooperación logística. Uno de los puntos más fuertes ha sido, sin duda, la búsqueda y rescate en la Antártida, en donde Argentina y Chile han realizado aportes significativos, además de ser sede de talleres para mejorar el sistema de posicionamiento de buques y las mejores prácticas para este punto.

7. El Comité de Protección Ambiental

El Protocolo Anexo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente establece la creación del Comité de Protección Ambiental (CPA) como un foro para “proporcionar asesoramiento y formular recomendaciones a las Partes en relación con la aplicación de este Protocolo, incluyendo el funcionamiento de sus Anexos, para que sean consideradas en las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico”. Este Comité ha adquirido cada vez más fuerza técnica y política mediante las recomendaciones a la Reunión Consultiva del Tratado Antártico.

La relevancia política y técnica que adquiere este comité tiene su base en el artículo 3 del Protocolo, donde se establecen los lineamientos de la evaluación de impacto ambiental, sus alcances y la comprensión del ecosistema, y se complementa con el artículo 8, que establece las categorías para analizar el tipo y la metodología para la evaluación de impacto ambiental con evaluaciones medioambientales iniciales (IEE, acrónimo en inglés) para actividades con impactos mínimos o transitorios y evaluaciones medioambientales globales (CEE, acrónimo en inglés) para actividades con impactos mayores que mínimos o transitorios. Las evaluaciones ambientales globales requieren de la aprobación por consenso para poder implementarse.

Estos criterios se aplican a cualquier actividad a desarrollar dentro del área del Tratado Antártico, y aquellas CEE que carezcan del

consenso deberán posponerse o suspenderse hasta lograr su aprobación por el Comité y la RCTA. La opinión del Comité se convierte en una herramienta político-técnica de gran relevancia para la continuidad de las operaciones en el territorio antártico. Los procedimientos recientes para la Evaluación de Impacto Ambiental en la Antártida se establecieron por la Resolución 1 en la RCTA 39 (Santiago de Chile, 2016).

Existen zonas dentro del área del Tratado Antártico que merecen una especial atención por la necesidad de proteger los valores científicos, históricos, estéticos o valores naturales de interés. A estas zonas se las denomina Zonas Antárticas Especialmente Protegidas (ZAEP) y son designadas en las reuniones del CPA y aprobadas por la RCTA; existen partes proponentes y partes que las gerencian. Otra categoría de zona con protección especial es la de Zona Antártica Especialmente Administrada (ZAEA), que son zonas con actividad previa o con planificación a futuro en donde se establecen coordinaciones y planificación de actividades, con la cooperación internacional como herramienta principal, para reducir al máximo el impacto ambiental y posibles conflictos. La administración del sitio la realizan varias partes consultivas del Tratado Antártico. Los Sitios y Monumentos Históricos (SMH) son aquellas zonas del Tratado Antártico que por su valor histórico cuentan con una gestión y protección especial.

Las propuestas, designación, administración y sistema de permisos están establecidos en el Anexo V del Protocolo de Protección Ambiental.

Las partes consultivas de Latinoamérica han propuesto un total de 26 SMH, 11 ZAEP y dos ZAEA en conjunto con otras partes consultivas. La administración de las ZAEA y las ZAEP requiere una planificación y gestión con esfuerzos extra para quienes administran las zonas, de acuerdo a lo establecido en el Anexo V.

Muchas de las normas para proteger el ecosistema antártico se han convertido en herramientas de gestión para realizar actividades en la Antártida, que abarcan actividades gubernamentales, turísticas y no gubernamentales. La protección ambiental es una de las mayores preocupaciones de todos los países con presencia en el continente, por la importancia de mantenerlo prístino en un contexto con mayores presiones humanas y climáticas sobre los frágiles ecosistemas del continente blanco.

En 2015 el CPA creó el Grupo Subsidiario sobre Respuesta al Cambio Climático (GSRCC) como respuesta a la preocupación de los Estados miembros del CPA frente al calentamiento global y los cambios en los ecosistemas antárticos y asociados, temas que son prioridad número uno en la agenda de trabajo del CPA y se considera que los miembros del CPA deben atender, dentro de sus propios sistemas de financiamiento a la ciencia y programas nacionales de investigación antártica, la forma en que pueden abordar las necesidades y acciones científicas identificadas en el grupo subsidiario.

La relevancia del trabajo del CPA y del GSRCC ha producido una importante declaración adoptada como Resolución 2 de la XLV RCTA y XXV CPA, en donde todas las partes del Tratado Antártico envían un mensaje sobre las consecuencias de continuar con las emisiones de gases de efecto invernadero, la falta de medidas de mitigación y resiliencia ante el cambio climático, el incremento del nivel de los mares, los cambios en los ecosistemas y la relevancia de realizar una comunicación efectiva sobre el estado de la Antártida, las investigaciones en curso y cómo prevenir cambios irreversibles a escala global. No han sido pocos los esfuerzos por concientizar a los formadores de políticas gubernamentales y no gubernamentales respecto al grave problema que enfrentará la humanidad en poco tiempo. Desde los diferentes foros del Sistema del Tratado Antártico, y en especial el CPA, se

promueven acciones para mitigar los efectos y evitar consecuencias catastróficas e irreversibles.

Latinoamérica no ha mantenido una conducta indiferente frente a estos desafíos. Por el contrario, sus posiciones han sido proactivas y, dentro de las posibilidades de cada país, comenzaron a realizar cambios en sus estructuras para cumplir con las recomendaciones del GS-RCC. La producción de documentos de trabajo presentados desde la primera reunión del CPA hasta el año 2023 ha sido de 151 documentos, excluyendo los documentos informativos y de resguardo.

8. El foro latinoamericano: RAPAL

Los países latinoamericanos con intereses en el continente antártico tienen muchas similitudes. Una de ellas es el idioma, que permite mejorar sustancialmente la comunicación entre las partes. El portugués no ha sido un impedimento para una comunicación fluida y las reuniones permiten el uso del idioma por parte de Brasil sin que haya obstáculo alguno. Otra característica de Latinoamérica es la proximidad continental a las islas Shetland del Sur y que el cuadrante de proyección sudamericana sobre la península Antártica es el sitio de mayor crecimiento demográfico desde 1970.

Las reuniones previas a la primera reunión oficial tuvieron lugar en Buenos Aires (1987), Santiago de Chile (1988) y Montevideo (1989), en las que los titulares de cada programa antártico comenzaron las deliberaciones. Por parte de Argentina participó Juan Manuel Sola y, posteriormente, Jorge E. Leal; por Chile, Jorge Berguño y Óscar Pinochet de la Barra; por Uruguay, Ricardo Galarza y Roberto Puceiro Ripoll.

Luego de las reuniones preliminares, la ciudad de Buenos Aires fue sede de la primera Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (RAPAL) en junio de 1990. Los países

participantes fueron Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Uruguay.

Se destaca que, en los primeros párrafos de la declaración final, los miembros expresan la necesidad de promover todas las acciones para el cuidado del ambiente antártico y ecosistemas asociados, incluyendo la depredación pesquera de los océanos australes y la problemática del adelgazamiento de la capa de ozono. Otro punto que se resaltó fue la preocupación por el crecimiento de las estaciones (bases) antárticas en la zona de las islas Shetland del Sur y la península Antártica.

Como herramientas para establecer las medidas conservacionistas, se recordaron los principios del Tratado Antártico de la libre investigación científica, el uso pacífico de la Antártida, la desnuclearización y la cooperación internacional. La investigación científica se mencionó como un eje central para la conservación del ambiente en varios párrafos del informe.

La segunda reunión se realizó en Santiago de Chile en 1991, con la presencia de cuatro países: Argentina, Chile, Perú y Uruguay. Se continuó en la misma dirección, evaluando la implementación del Protocolo de Madrid sobre Protección Ambiental.

En las siguientes RAPAL se trabajaron temas sobre la polución y la contaminación marina. Se realizó, previo al inicio de la RAPAL VII de 1996, el seminario Medio Ambiente Antártico y sus Ecosistemas Dependientes y Asociados, con un temario que abordó las áreas protegidas, el impacto ambiental de las estaciones en actividad, el turismo antártico y los desafíos a escala global.

El significado político del seminario puede entenderse dentro del inicio de la agenda ambiental y la promoción de los valores ambientales que adoptan los países latinoamericanos de manera conjunta y

coordinada para atender las resoluciones de los diferentes foros del sistema. A partir del seminario, la inclusión de las cuestiones ambientales formó parte de la agenda de manera permanente, no solo en cuestiones científicas sino que se incorporó el estado ambiental de las bases antárticas como ítem de la agenda.

Un logro importante de la cooperación entre países latinoamericanos ha sido la Patrulla Naval Combinada entre Argentina y Chile, que comenzó en noviembre de 1998 y continúa hasta la actualidad. El propósito de la patrulla es la pronta respuesta a derrames accidentales y el manejo de la contaminación marina. También sirvió de apoyo a diferentes programas antárticos en evacuaciones sanitarias y traslado de personal entre distintas estaciones.

Los temas ambientales fueron abordados en todos los plenarios, y se incluyeron puntos de agenda y talleres vinculados a la reparación del ambiente antártico y la responsabilidad en casos de daño ambiental accidental.

Un hecho importante fue la presentación del Documento de Trabajo 35 en la XXIII RCTA, una elaboración conjunta redactada por todos los miembros consultivos latinoamericanos respecto a la responsabilidad en contingencias ambientales. Allí se presentan definiciones y conceptos atinentes al manejo de un protocolo de responsabilidad por daños al ambiente antártico. El documento fue bien recibido por la RCTA y hubo criterios que se adoptaron.

A partir del año 2003, en la XIV RAPAL, se incluye en la agenda la "Prospección Biológica en la Antártida" para establecer conversaciones respecto a este punto, sobre el cual algunos de los países latinoamericanos no tienen una clara posición y entienden que en las RCTA tampoco hay un criterio establecido. El término prospección biológica se utiliza como *la utilización del genoma de los seres vivos para su*

desarrollo comercial con patentes establecidas. Posteriormente, la definición fue discutida en las RCTA subsiguientes, sin llegar a un acuerdo, tanto en las RAPAL como en las RCTA. El hecho concreto es que existen investigaciones en el campo de la biología molecular con un gran desarrollo de patentes, pero se desconoce el número real y el alcance científico y comercial de las investigaciones.

A partir del mismo año la reunión mantuvo el consenso para el apoyo al Año Polar Internacional 2007-2009 propuesto por el SCAR y por el Consejo Internacional para la Ciencia (ICS).

En la XVII RAPAL del año 2006 en Punta Arenas (Chile), el cambio climático ocupó un lugar destacado nuevamente, que generó la "Declaración de Punta Arenas", donde Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay expresaban su preocupación por las consecuencias del cambio climático en el marco del comienzo del 4.º Año Polar Internacional (API), y reafirmaban "su convicción de que el pasado, presente y futuro de Sudamérica y el Continente Antártico están indisolublemente unidos". La lectura política que puede observarse es un compromiso en sostener el vínculo de cooperación entre los Estados miembros del Tratado Antártico de Latinoamérica, unidos por el interés científico y logístico, remarcando que el continente está firmemente vinculado a Sudamérica.

En la XIX RAPAL hubo un especial interés de las delegaciones por el accidente del buque de turismo Explorer, que por una colisión con un témpano de hielo se hundió en aguas de la península Antártica. En el debate hubo consenso sobre la importancia de la Patrulla Naval Combinada entre Argentina y Chile, la importancia de los cursos de navegación en aguas antárticas y la experiencia adquirida por los operadores logísticos latinoamericanos. Las posiciones conjuntas tuvieron su presentación en la XXXI RCTA, realizada en Kiev (Ucrania). En este punto los debates fueron interesantes porque el siniestro producido, con alto impacto

ambiental, se dio en un buque de turismo de una empresa canadiense con bandera de Liberia. En la RCTA siguiente a la XIX RAPAL, se aceptó el informe de la investigación del accidente, de manera preliminar, elevado por Liberia. El siniestro sería analizado con posterioridad en las siguientes reuniones pero con pocos resultados prácticos, dado que cualquier medida de mitigación del impacto era de imposible cumplimiento debido a la profundidad de las aguas en la zona del hundimiento. De todas maneras, Argentina y Chile continuaron monitoreando el área y las posibles zonas afectadas por el combustible a bordo del Explorer con la Patrulla Naval Combinada y otros medios.

El encuentro de científicos latinoamericanos de la XIX RAPAL tuvo como temas importantes el "Censo de Vida Marina Antártica", proyecto internacional liderado por Australia e importante para toda la comunidad científica internacional, y la exploración de las capacidades científicas de cada miembro para poder mejorar la cooperación internacional en proyectos de investigación.

La Reunión de Galápagos (Ecuador), XXI RAPAL, tuvo un punto de debate en donde se analizó la cantidad de documentos presentados en la Reunión de Expertos en Cambio Climático realizada en Noruega, porque se presentaron 11 documentos para la reunión, de los cuales 5 eran de organizaciones no gubernamentales (ONG). El eje del debate se centró en cómo, desde la sociedad civil, se puede influir en la toma de decisión política en las RCTA, un tema que despertó el interés de los asistentes a la RAPAL. También se discutió sobre el esfuerzo presupuestario de incrementar el número de reuniones intersesionales promovidas desde la RCTA, el uso del idioma inglés sin traducción simultánea como es obligatorio en las reuniones consultivas y la paridad de los Estados con las ONG en las reuniones satélites del STA. No obstante, se mantuvo el creciente interés y compromiso de los miembros por mitigar las consecuencias del calentamiento global.

Las reuniones subsiguientes mantuvieron el análisis de los ítems desarrollados en las reuniones del Comité de Protección Ambiental, con el tratamiento de los puntos de interés para los Estados miembros de la RAPAL. Se han mantenido los ejes principales, como evitar la introducción de especies no autóctonas, la reducción de emisiones y la ciencia como impulsora de las medidas de protección ambiental.

La bioprospección volvió a tomar impulso por su tratamiento en varias RCTA, lo cual motivó el renovado interés por el tema entre los países. En ese sentido, se distinguen dos posiciones respecto a las capacidades económicas y técnicas para el desarrollo de investigaciones en el campo de la biología molecular y la genética, marcado entre los países que disponen de los recursos necesarios para desarrollar actividades de bioprospección y quienes no los tienen. La delegación de Chile, en ocasión de la RAPAL XXXI de 2020, presenta en esa ocasión la realización del taller "Bioprospección antártica: una mirada Latinoamericana", realizado en Viña del Mar el 2 de octubre de 2019, que informa sobre el estado de la bioprospección y las implicancias para América Latina.

Un tema con derivaciones geopolíticas importantes es el de las Áreas Marinas Protegidas (AMP), que ha generado controversias en el ámbito de la Convención para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), el Comité de Protección Ambiental y la RCTA por la oposición a la creación de las AMP por parte de algunas partes consultivas. Este tema se abordó en la RAPAL XXX 2019 en Viña del Mar (Chile). Ninguno de los países integrantes de la RAPAL tiene posiciones contrarias a la creación de las AMP. En este sentido, hubo consenso en el tema, y Argentina y Chile propusieron la creación de un AMP. Además, los dos países han establecido AMP por fuera del ámbito del Tratado Antártico con criterio proteccionista.

Los microplásticos como contaminantes fueron abordados por las delegaciones de las reuniones. Hubo consenso sobre la importancia de su estudio y la adopción de medidas de mitigación, ya sea de forma individual o asociada entre miembros de la RAPAL.

Las reuniones han mantenido el espíritu de cooperación, diálogo y fortalecimiento de las relaciones regionales, con especial énfasis en la cuestión ambiental. Este foro mantiene encuentros anuales como tal desde 1990 y fue precedido por tres reuniones preparativas anteriores. Si bien la pandemia tuvo impacto sobre las actividades antárticas, la presencia física se pudo reemplazar con las reuniones virtuales para mantener la anualidad de los encuentros.

Inicialmente las reuniones tuvieron un contenido declamatorio, para luego cambiar a su rol central, según se establece en la definición de la reunión en los términos de referencia: **"se constituye en el principal foro de coordinación a nivel latinoamericano sobre temas de orden científico, logístico y ambiental, así como de intercambio de puntos de vista y, según sea apropiado, colaboración a nivel educativo, sociocultural y comunicacional de relevancia en el área antártica"**.

9. Los inconvenientes

La cooperación en materia científica y ambiental latinoamericana ha enfrentado inconvenientes económicos muy significativos. Las dificultades presupuestarias para poder organizar las campañas antárticas han sido temas recurrentes en las conversaciones informales entre las diferentes delegaciones durante las reuniones de los diferentes foros del Sistema del Tratado Antártico.

Inicialmente los proyectos conjuntos no tenían una representación concreta en el terreno, pero con el transcurrir de los años se fueron consolidando y se obtuvieron logros como la Patrulla Naval Combinada, las

inspecciones conjuntas, proyectos de investigación con presencia efectiva en el terreno, áreas marinas protegidas conjuntas y posiciones comunes en los otros foros del sistema del Tratado Antártico.

Un inconveniente por superar es la atomización de temas en grupos intersesionales, reuniones de expertos, reuniones temáticas y grupos aislados que tienen encuentros por fuera de los foros del STA. La mayoría de las reuniones se realizan a varios miles de kilómetros de Latinoamérica y en idioma inglés, sin traducción. Al momento de evaluar las intervenciones que se reflejan en los informes finales de las reuniones en inglés sin traducción, la participación de los países no angloparlantes nativos es muy inferior.

Igual situación se observa al momento de la ponderación de los trabajos científicos publicados: en idiomas diferentes al inglés no son contemplados o reciben poca o nula lectura. La intención de una publicación indexada en español impulsada originalmente por Chile no pudo materializarse, aunque se trataba de una muy valiosa herramienta para los investigadores antárticos. Esa herramienta es un tema pendiente a nivel latinoamericano.

La creciente incorporación de países en todos los foros del STA ha reducido la influencia que Latinoamérica mantenía, al no incrementarse el número de seis miembros consultivos que atienden las principales reuniones. No obstante, se incorporó Colombia como miembro adherente, de una creciente presencia científica, y también Venezuela, que manifestaron su interés en incorporarse como miembros consultivos de la RCTA.

10. El futuro

Las reuniones RAPAL y las reuniones bilaterales entre países de América Latina, en especial de Sudamérica, serán la base para la

construcción de políticas ambientales con impacto positivo en cada programa antártico nacional y dentro de la región. La idea de formar núcleos de concientización ambiental para poder dimensionar la gravedad de este calentamiento global es una de las estrategias de los administradores de los programas antárticos latinoamericanos (APAL) para mitigar el impacto del cambio climático en Antártida y en Latinoamérica. Los proyectos orientados a jóvenes estudiantes de todos los niveles son transversales a todos los APAL para promover un cambio en favor del cuidado ambiental.

Con vistas al futuro, Chile ha sumado a su iniciativa empresas del ámbito privado para brindar servicios a terceros países que abarcan las operaciones logísticas, el turismo, las operaciones portuarias y facilidades para científicos en tránsito. El desarrollo de la industria para el apoyo a la actividad antártica tiene ejemplos en otros países del Sistema del Tratado Antártico (STA), como Australia y Nueva Zelanda, cuyas empresas brindan apoyo operativo a diversos programas antárticos. También existen compañías logísticas con múltiples bases operativas y que se dedican a la logística y al turismo antártico, una de ellas con base en Punta Arenas y en el glaciar Unión. El resto de los países latinoamericanos basa sus actividades con menor presencia del sector privado en operaciones logísticas.

La problemática de la sobreexplotación pesquera será un tema a resolver en el futuro. Si bien las empresas pesqueras latinoamericanas no generan un daño a los ecosistemas marinos, existen empresas radicadas en países miembros del STA que sí tienen un fuerte impacto en el equilibrio ecosistémico. Deberán analizarse medidas de protección a las especies antárticas y subantárticas marinas con posiciones conjuntas, evaluando los problemas con una mirada regional.

En el futuro cercano, las operaciones conjuntas y la cooperación científica y técnica deben mejorar con acciones concretas frente a las

posibles nuevas presiones sobre el Sistema del Tratado Antártico. Las ventajas comparativas de realizar acciones conjuntas entre los Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (APAL), ya sea por la cercanía a la Antártida, el idioma común o la permanente cooperación, permitirán mitigar el impacto del cambio climático y posibles vaivenes de políticas económicas perjudiciales para la investigación científica y la protección ambiental en el continente antártico.

El pasado de Latinoamérica en la Antártida es una excelente proyección para los nuevos desafíos ambientales y políticos para la gestión de un sistema de gobernanza en un continente cuya toma de decisión se basa en los aportes científicos y el cuidado ambiental.

Referencias

- Abruzza, A. (2013). "El Tratado Antártico y su Sistema", *Boletín Centro Naval* N.º 836 Mayo/Agosto 2013.
- Agüero, P.D. (2010). "Roberto Guyery su propuesta de creación de una entente antártica de los países del Hemisferio Sur", *Estudios Hemisféricos y Polares*, 1(2), 1-16.
- Antarctic Facilities Information - COMNAP - <https://www.comnap.aq/antarctic-facilities-information>.
- Berguño, J. (2009). "Evolución y perspectivas del Sistema Antártico", *ISTOR, Revista Internacional de Historia*, 10(39), 70-84.
- Bou Franch, V. (1989). *La conservación de los recursos vivos marinos antárticos en la Convención de Canberra de 1980*.
- Bowley, G., Revkin, A. (2007). "Icy Rescue as Seas Claim a Cruise Ship", *The New York Times*, 2007, 24 de noviembre.
- Buedeler W. (1957). *El Año Geosífico Internacional*, UNESCO.
- Capdevila, R. y Comerci, S. (2013). *Los tiempos de la Antártida: Historia Antártica Argentina*, Ushuaia, Argentina: Cultural Tierra del Fuego.
- Caplan, S. (2015). "Hacia una Antártida suramericana". *Boletín Informativo del CENSUD*.

- Capurro, A. P. (2019). Áreas marinas protegidas en Antártida: análisis de criterios para su designación, con énfasis en la región de la Península Antártica.
- Choudhry, I. (2023). Constructing a continent for peace and science: re-examining the role of the Scientific Committee on Antarctic Research. Doctoral dissertation, University of Manchester.
- Colacrai, M. O. (2019). *Argentina-Chile: Convergencia, Concertación y Cooperación en la Antártida*.
- Colombo Andrea (2019). "International co-operation in Antarctica: the influence of regional groups", *The Polar Journal*. Pp. 175-196, <https://doi.org/10.1080/2154896X.2019.1618555>.
- De Programas Antárticos, Reunión de Administradores. Latinoamericanos [RAPAL] (2018). Términos de Referencia, 2018. <https://www.rapal.org.ar/es/t%C3%A9rminos-de-referencia-0>.
- Dirección Nacional del Antártico (1978). *Contribuciones al conocimiento de la Historia de la Antártida Argentina*. Buenos Aires: DNA.
- Dodds, K. (2009). "La administración del continente polar: los orígenes geopolíticos del Tratado Antártico de 1959", *Istor Revista de Historia Internacional*, 10(39), 27-49.
- Dodds, K. (2009). "La administración del continente polar: los orígenes geopolíticos del Tratado Antártico de 1959", *Istor Revista de Historia Internacional*, 10(39), 27-49.
- Faría de Mattos, L., & Paulucci de Hora Viana, G. (2023). *La ciencia brasileña llega a la Antártida: intereses brasileños en el continente en la década de 1960*.
- Ferrada Walker, L. V. (2012). "Evolución del sistema del Tratado Antártico: desde su génesis geoestratégica a sus preocupaciones ambientalistas", *Revista de Derecho y Ciencias penales: Ciencias Sociales y Políticas*, N.º 18, 2012, pp. 131-151, ISSN-e 0719-9376, ISSN 0718-302X.
- Hanessian, J. (1960). "The Antarctic Treaty 1959", *International & Comparative Law Quarterly*, 9(3), 436-480.
- Harris, C.M., Lorenz, K., Fishpool, L.D.C., Lascelles, B., Cooper, J., Croxall, J.P., Emmerson, L.M., Fijn, R., Fraser, W.L., Jouventin, P., LaRue, M.A., Le Maho, Y., Lynch, H.J., Naveen, R., Patterson-Fraser, D.L., Peter, H.-U., Poncet, S., Phillips, R.A., Southwell, C.J., van Franeker, J.A., Weimerskirch, H., Wienecke, B., & Woehler, E.J. (2015). *Important Bird Areas in Antarctica 2015 Summary*.

- BirdLife International and Environmental Research & Assessment Ltd., Cambridge.
- Loose, F. F. (2011). *Bioprospecção na Antártida*.
- Martin, D. (2013). "Búsqueda y rescate en la Antártida. Patrulla Antártica Naval Combinada", *Boletín del Centro Naval*, 836.
- McIvor, E. (2020). "The Committee for Environmental Protection and the important role of science in international efforts to protect the Antarctic environment", *Antarctic Affairs*, 7, 13-28.
- Moneta, C. J. (1986). *La Antártida y el Atlántico Sur en el sistema internacional: Alternativas de conflicto y vías de cooperación*. EURAL, Centro de Investigaciones Europeo-Latinoamericanas.
- Novas, M. A. (2018). "La Bioprospección entre la Gobernanza Antártica y los Estados Soberanos: el Caso Argentino Genoma Blanco entre 2005 y 2015", *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal*, 18(31), 25-55.
- Nuttall, A. D. (2018). "National Antarctic Programmes: the politics-science interface". En *The Routledge Handbook of the Polar Regions*, Routledge, pp. 294-308.
- Orheim, O., Press, A., & Gilbert, N. (2011). *Managing the Antarctic environment: The evolving role of the committee for environmental protection. Science diplomacy: Antarctica, science, and the governance of international spaces*.
- Padilha, J. A., Carvalho, G. O., Espejo, W., Pessôa, A. R. L., Cunha, L. S. T., Costa, E. S., Torres, J. P. M., Lepoint, G., Das, K., Dorneles, P. R. (2023). "Trace elements in migratory species arriving to Antarctica according to their migration range", *Marine Pollution Bulletin*, Volume 188, 2023, 114693, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114693>.
- Prior, S. (2015). "El desarrollo de un nuevo instrumento legal para la navegación en aguas Antárticas". *Volumen I Marzo 2015/Año I*, 59.
- Retamales, J., & Rogan-Finnemore, M. (2011). *The Role of the Council of Managers of National Antarctic Programs. Science Diplomacy: Antarctica, Science, and the Governance of International Spaces*.
- Sanchez, W. A. (2017). "Argentina, Chile and the Joint Antarctic Naval Patrol: a successful confidence building mechanism", *The Polar Journal*, 7(1), 181-192.
- Schiaparelli, S., Danis, B., Wadley, V., & Michael Stoddart, D. (2013). The census of Antarctic marine life: the first available baseline for Antarctic marine biodiversity. *Adaptation and Evolution in Marine Environments*, Volume 2: The Impacts of Global Change on Biodiversity, 3-19.

- Secretaría del Tratado Antártico (2019). *Reglas de procedimiento de la Reunión Consultiva del Tratado Antártico y del Comité para la Protección del Medio Ambiente*. Revisado 2019. DT 10, RCTA XLII; República Checa.
- Sylvester, Z. T., & Brooks, C. M. (2020). "Protecting Antarctica through co-production of actionable science: Lessons from the CCAMLR marine protected area process", *Marine Policy*, 111, 103720.
- Taller "Bioprospección Antártica: Problemas y Desafíos desde una Mirada Latinoamericana", Instituto Antártico Chileno, 2019 2 de octubre. <https://site.inach.cl/rapal30/taller-de-bioprospeccion-antartica/>.
- XXXII, R. C. D. T. A. Actualización de las actividades del Programa Antártico Argentino sobre Bioprospección y Biorremediación en la Antártida, Information Paper 84, Agenda Item 17.
- Walton, D. W. (2011). *The Scientific Committee on Antarctic Research and the Antarctic Treaty. Science Diplomacy: Antarctica, Science, and the Governance of International Spaces*.

Documentos

- Conferencia Antártica, https://documents.ats.aq/DCDC/fr/DCDC_fr001_s.pdf.
- Tratado Antártico, <https://www.ats.aq/s/antarctic treaty.html>.
- Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, <https://www.ats.aq/s/protocol.html>.
- Convención sobre la conservación de los recursos vivos marinos antárticos, <https://www.ccamlr.org/es/organisation/acerca-de-la-ccrvm>.
- Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA): Reglas de procedimiento, https://documents.ats.aq/atcm41/ww/ATCM41_ww006_s.pdf.
- Comité para la Protección del Medio Ambiente (CPA): Reglas de procedimiento, https://documents.ats.aq/ATCM46/WW/ATCM46_WW004_s.pdf.
- SCAR Rules of Procedure, <https://scar.org/about-us/governance/rules-and-policies>.
- Términos de Referencia de la Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, <https://www.rapal.org.ar/es/t%C3%A9rminos-de-referencia-0>.

Reflexiones desde el extremo sur de América: ¿es Antártica el continente del futuro?

Marcelo Leppe Cartes¹

CHILE

RESUMEN

El presente artículo tiene por finalidad entregar una visión sucinta de la relación entre lo “austral” y lo “antártico”, desde distintas miradas que intentan ir más allá de los clásicos análisis historiográficos o naturalistas. En las sociedades tradicionales, el pasado, el presente y el futuro forman un continuo donde cada época va compactando el suelo para la siguiente en un horizonte temporal amplio y gradual. Nuestro entendimiento del rol del sexto continente en un contexto regional y global ha ido evolucionando junto con la aceleración en el ritmo de cambio de las sociedades. La modernidad es un ejemplo palpable, y hoy la incertidumbre acerca de “cómo será el futuro” se ha hecho cada vez más frecuente. Sin embargo, el conocimiento sobre Antártica ha tenido saltos cuánticos

¹ Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Concepción. Académico y paleobiólogo. Vicepresidente del Comité Científico en Investigaciones Antárticas (SCAR) e investigador del Núcleo Milenio EVOTEM, además de miembro del Conseil Scientifique de l’Institut Polaire Français Paul-Émile Victor. Entre 2018 y enero 2024 fue director nacional del Instituto Antártico de Chile (INACH). Asesor del Ministro de Relaciones Exteriores para temas científicos antárticos.

durante las últimas dos décadas, y especialmente después del tercer Año Polar Internacional (IPY por sus siglas en inglés), que se llevó a cabo entre los años 2007 y 2009. Dichos saltos han confrontado nuestra visión de un continente aislado, prístino e inmutable, con uno conectado, influyente y profundamente vulnerable.

1. Introducción

1.1. Antártida, Antártica o Antártica

No es la intención de este texto discutir el origen etimológico del concepto Antártica, el cual se encuentra claramente fundado en raíces griegas, para designar la antípoda de las tierras bajo la constelación *Ursa Major* o Osa Mayor, en griego *Arktus* o el Ártico. El Ártico fue probablemente descubierto al mundo helénico en el 325 a. C., un mundo ya imbuido de la antigua idea de las antípodas, que suponía que en el confín opuesto de la Tierra existía un *antarktikós*, textualmente el "opuesto al Ártico". La teoría griega tardaría 2.145 años en ser demostrada empíricamente.

El continente antártico ha sido el último en ser descubierto, hace un poco más de dos siglos, y su exploración, hasta el día de hoy, está limitada a un pequeño grupo de personas. En efecto, para la temporada estival 2022-2023, por conceptos de logística y ciencia, cerca de 5.000 personas la visitaron. En cambio, de acuerdo a cifras entregadas por IAATO, el turismo antártico recibió a casi 105.000 visitantes. Sumando ambas actividades, solo el 0,0013% de la población mundial tuvo la oportunidad en 2023 de entrar a los 60° de latitud sur. Si a ello agregamos que durante gran parte del siglo XX se enseñó en las aulas que el planeta Tierra estaba conformado por solo cinco continentes, resulta un poco más comprensible el que para nuestro imaginario occidental contemporáneo esa enorme masa de roca y hielo aún no se abra paso para encontrar un lugar en nuestra cultura.

Junto con la evolución del concepto de continente, la forma en que se le llamó ha ido evolucionando también. Existe consenso de que entre 1820 y 1832, varios lugares de Antártica, especialmente la península Antártica, recibieron topónimos basados en esos primeros exploradores, como Trinity Land (Bransfield), Graham Land (Biscoe) o el mar de Bellingshausen, incluso la mal interpretada New South Greenland de Morrell (1832), o las Tierras de Palmer, acordadas en 1964 entre el Antarctic Place-names Committee del Reino Unido y el Advisory Committee on Antarctic Names de los Estados Unidos, que dividieron la península Antártica en la Tierra de Graham al norte y la Tierra de Palmer al sur (Herzfeld, 2013). Chile y Argentina nominan Tierra de O'Higgins y Tierra de San Martín respectivamente al mismo territorio.

Sin embargo, de acuerdo con varios autores, no fue hasta la United States Exploring Expedition de 1838-1842, dirigida por el comandante Charles Wilkes, que se propuso un nombre para el continente polar sur como un todo. Como informó desde Sydney en marzo de 1840, habiendo encontrado lo que parecía ser una extensa masa de tierra montañosa entre las latitudes 64° y 67° S, longitudes 154° y 97° E, decidió en enero de 1840 bautizar su descubrimiento como el "Continente Antártico", hecho que no se comunicó de inmediato a las naciones del hemisferio norte (Bulkeley, 2016). De la expedición de James Clark Ross (1839-1843) también se desprenden el uso del concepto de "continente antártico" e incluso el de "Tierra de Victoria".

El uso de un solo sustantivo para el continente antártico se atribuye a un sueco llamado Jakob Gråberg af Hemsö (1776-1847), quien usó el vocablo en italiano "Antartica" por primera vez entre 1839 y 1840, en dos trabajos sometidos al Congreso de Científicos Italianos (CIS) en Pisa y Turín, respectivamente. Su sucinto trabajo se basaba en las expediciones de Balleny (1838-1839) así como en las de Dumont d'Urville, Wilkes y Ross, algunas aún en curso en ese tiempo (Gråberg,

1841). Textualmente señala: "Antártica, este es el nombre que me siento seguro de adoptar de ahora en adelante para el nuevo continente que está emergiendo de ese océano helado que nuestros viejos mapas solían cubrir con tierra, pero que reapareció como un espacio en blanco durante el siglo pasado" (Gråberg, 1841; Bulkeley, 2016). Casi cuatro décadas más tarde y solo después de las expediciones del Challenger (1872-1876), el naturalista escocés-canadiense John Murray comienza a utilizar el vocablo "Antarctica".

El detallado trabajo de investigación de Bulkeley (2016) denominado *Naming Antarctica* devuelve un poco de justicia al olvidado nombre de Gråberg, un inquieto diplomático sueco con una fuerte vocación científica e imbuido del espíritu naturalista de su tiempo que hablaba media docena de idiomas y que documentó, entre muchas otras cosas, los brotes de peste negra en el sultanato de Marruecos. Bulkeley concluye que faltan muchas piezas para establecer la evolución de los nombres dados al sexto continente, pero sostiene que por lo menos el único continente desmilitarizado y consignado a la paz y la investigación científica no fue bautizado por geógrafos al servicio de una superpotencia monopolista.

2. De la Antártica mitológica a la a todo color

Finalmente, no resulta tan relevante cómo le llamemos, sino asumir en propiedad que solo durante las últimas dos décadas se ha comenzado a entender el verdadero papel que la Antártica juega en el sistema planetario. Hoy, excluir a la Antártica de la ecuación que quiere predecir el mundo que viviremos comienza a parecer insano. Pero no siempre fue así.

La época de la antártica mitológica, una basada en nuestros más profundos miedos a lo desconocido, a lo inexplorado, tomó un sentido

totalmente distinto con una trilogía de libros de una "sagrada" trinidad de autores. Me refiero a Edgar Allan Poe, con su novela *Las aventuras de Arthur Gordon Pym* (1838), Julio Verne, con *La esfinge de los hielos* (1897), y Howard Phillips Lovecraft, con *En las montañas de la locura* (1936). Poe dedicó su única novela publicada a una cruda y fantástica narración de un explorador del círculo polar antártico. Matices de la obra de Poe se reconocerán en mucha literatura y filmografía posterior. Incluso en Verne, quien continúa y concluye la epopeya de Poe a los pies de la mítica esfinge de hielo. Lovecraft infecta con una idea difícil de remover hasta el día de hoy, la de civilizaciones ancestrales precursoras de lo antiguo y de la humanidad, temática común a trasnochados documentales de dudosa calidad. Lovecraft, sin embargo, sabía que era ficción.

Desde los comienzos del siglo XX, la ficción se mezclará con los hechos de los descubrimientos. Los caudales de la información científica no permearán en la sociedad, de modo que quedarán amplios espacios para que la herencia de obras circunscritas a la ficción comiencen a mezclarse con la realidad.

Ya en el siglo XVII, la idea de que la Tierra es hueca es atribuible al clérigo y científico jesuita Athanasius Kircher en su obra *Mundus subterraneus, quo universae denique naturae divitiae* (Kircher, 1665). En su texto sostiene que la Tierra tenía un gran espacio subterráneo y estaba habitada por seres infraterrestres. El mismo concepto es tomado por el famoso astrónomo, matemático y físico británico sir Edmund Halley (el mismo del cometa), quien en 1692 sostendría que nuestro planeta constaba de varias esferas concéntricas huecas.

Sin duda inspirado en la obra de Halley, el capitán del ejército norteamericano John Cleves Symmes Jr. publicará su "Circular N.º1" (1818) en diarios y *magazines* de la época, en la que declara que la Tierra era hueca, que era habitable en sus subterráneos y que las

entradas estaban en los polos. En ese momento, varias de las misiones de exploración antártica habían zarpado desde el hemisferio norte.

Muchos autores, con una mezcla de ficción literaria y ciencia, han seguido replicando hasta el día de hoy esta controvertida teoría, incluido el diplomático y escritor chileno Miguel Serrano, quien tras participar en la 2.^a Expedición Chilena a la Antártica (1947) dio la charla "La Antártica y otros mitos", base del libro homónimo (1948) donde desarrolla su idea de la entrada a la tierra hueca en Antártica.

Dignas de mención son las teorías del escritor italiano Francis Amadeo Giannini en su libro *The Worlds Beyond the Poles* (1959), donde atribuye al almirante norteamericano Richard Byrd, primero en sobrevolar el Polo Sur en 1929, la autoría de un diario secreto, de existencia dudosa, donde relataba el hallazgo de una entrada a un mundo subterráneo poblado de bosques, seres de otro mundo, incluso prehistóricos.

El notable esfuerzo, conocido como la "época heroica de la exploración antártica", por mapear, cartografiar y describir el medio físico y biológico de la Antártica, a menudo por encima de las capacidades tecnológicas de la época, se produjo en un marco de expansiones imperiales y de un orden mundial liderado por la voluntad "civilizadora" de muchos Estados que veían en la Antártica el reto de la última frontera terrestre por conquistar. La Antártica de Dumont d'Urville, Nordenskjöld, Ross, Shackleton, McFarlane y nuestro ilustre Pardo era una Antártica lejana, enigmática y aislada. Tan desconocida que hasta los años ochenta no se empezó a hablar de que en la Tierra había seis continentes y no cinco.

Desde la incipiente literatura fantástica sobre Antártica de comienzos del siglo XIX llegamos a las medianías del siglo XX. Si bien es cierto que numerosos libros sobre el continente blanco se habían escrito

tras el famoso duelo de Amundsen y Scott, no fue hasta el advenimiento de los documentales a todo color, entre las décadas de los 70 y 80, que los ciudadanos a nivel planetario comenzaron a tener una idea más real de los paisajes, el clima y, fundamentalmente, la vida que se había adaptado a esos paisajes.

Para este cambio de percepción resultaron fundamentales los trabajos audiovisuales de Jacques-Yves Cousteau, oficial de la marina francesa, oceanógrafo, cineasta y escritor, uno de los inventores del primer aparato autónomo de respiración subacuática, que le permitió documentar, por primera vez, la desconocida vida submarina. Este invento resultaría fundamental en sus realizaciones sobre Antártica y en sus series de televisión, pues hoy sabemos que parte importante de la biodiversidad del continente blanco se encuentra en el océano Austral. Cousteau filmó y lanzó a comienzos de los 70 una serie de documentales sobre Antártica en el marco de su serie *El mundo submarino de Jacques Cousteau*, que en cuatro episodios se dedicó a la Antártica. Ya en 1975 estrena su película *Voyage to the Edge of the World* y en 1990, *Lilliput in Antarctica*, con un claro mensaje ambientalista a través de los ojos de niños de distintas culturas que visitan Antártica por primera vez. Y el año 1990 no es casualidad. A nivel del Sistema del Tratado Antártico ya habían comenzado las discusiones sobre un acuerdo multilateral con el fin de proteger el medioambiente antártico. El Protocolo sobre Protección del Medio Ambiente se firmó en Madrid el 4 de octubre de 1991 y entró en vigor en 1998. Establece que la Antártica es una "... reserva natural dedicada a la paz y a la ciencia..." (art. 2), que habrá actividades humanas permitidas y prohibidas en la Antártica (art. 3) y que se prohíben todas las actividades relacionadas con los recursos minerales excepto las que tengan fines científicos (art. 7), entre otras regulaciones.

El Protocolo de Madrid, como también se le conoce, es un hijo de su tiempo, probablemente generado a partir de las crecientes

preocupaciones entre los Estados parte del Tratado Antártico derivadas del interés de la Naciones Unidas de realizar una conferencia especial sobre el medioambiente, conferencia que contemplaría en 1992 Antártica como parte de la discusión.

A fines de los 80 hubo una creciente sensibilidad ambiental, unida a una popularización del valor de Antártica, en ese entonces ligado a su carácter prístino y único, hecho resaltado en las campañas de, entre otros, el mismo Cousteau. Varios informes de la ONU también comenzaban a esbozar la importancia de Antártica para el sistema global. El informe de la Comisión Brundtland, *Our Common Future* (1987), ponía sobre el tapete muchos problemas ambientales y de desarrollo que no reconocían fronteras y que requerían discutir una estrategia mundial para enfrentar el cambio global. Pero el Protocolo de Madrid se firma en 1991 y Antártica sale de las prioridades de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro o Cumbre de Río, que se celebró, finalmente, en Río de Janeiro (Brasil) del 3 al 14 de junio de 1992.

Durante la Cumbre de Río se lanzó el libro *Más allá de los límites*, secuela del influyente libro *Los límites del crecimiento*, de Meadows y colaboradores, publicado en 1972 y al cual muchos atribuyen la génesis de los movimientos ambientalistas modernos. El estudio original analizaba la posibilidad de un crecimiento económico y demográfico exponencial con un *stock* limitado de recursos, a través de simulaciones generadas por World-3, un modelo informático complejo en una de las primeras computadoras de la historia. El informe concluía que, de mantenerse la forma de utilización de los recursos de principios de los 70, era muy probable que se produjera un descenso abrupto de la población, como también de la capacidad industrial. Pues bien, la secuela del año 1992 era bastante más compleja; abordaba las críticas del

primer libro pero reconocía la existencia de amenazas emergentes, no detectadas en la primera versión. Probablemente, uno de los conceptos más relevantes de las distintas versiones del estudio se resume en *Los límites del crecimiento: 30 años después* (2004), que compila una amplia gama de datos nuevos, incorporando las últimas ideas sobre sostenibilidad, huella ecológica y umbrales, y presentando escenarios futuros sombríos sobre el rebasamiento de la capacidad de carga del planeta. En ambos libros, los autores concluían que la humanidad ha rebasado los límites de lo física y biológicamente sostenible, y que ese rebasamiento conducirá al colapso industrial si no actuamos con rapidez y eficacia para reducir la extracción de recursos, la contaminación y el crecimiento demográfico.

Revisitando el estudio de Meadows y colaboradores, la econometrista, experta en sustentabilidad y activista de los derechos de la mujer Gaya Herrington publicó en 2021 un análisis detallado de los modelos de *The Limits to Growth: The 30-Year Update* donde compara datos sobre población, tasas de fertilidad, tasas de mortalidad, producción industrial y de alimentos, recursos no renovables, contaminantes persistentes, bienestar humano y huella ecológica. Concluye que el escenario de “mantenimiento de la tendencia actual” es el que mejor se ajusta a los datos y que, de no introducir cambios importantes en el consumo de recursos, el crecimiento económico alcanzará su punto máximo y disminuirá rápidamente hacia 2040. Pues bien, resulta increíble que este estudio, 50 años después, mantenga su vigencia y que los escenarios que tanto escandalizaron al mundo académico de los 70 hoy parezcan tan plausibles.

Parece haber un destino fatuo común en la evolución de nuestra percepción sobre la encrucijada del medioambiente y respecto de Antártica como la utopía de un continente que, aparentemente, proyecta lo mejor de la humanidad. Básicamente, nuestro concepto

de un entorno en jaque nació en los 70 y ha crecido desde entonces, tras los estudios del Club de Roma, pero con mayor intensidad desde que el planeta entero pasó el umbral de las 400 partes por millón de dióxido de carbono (ppm CO₂) el 9 de mayo de 2013, y los consecuentes efectos del cambio climático se empezaron a hacer más frecuentes y extremos. Sin embargo, hoy sabemos que el CO₂ viene aumentando sostenidamente desde el comienzo de la era industrial, ya que desde ese hito en el siglo XVIII, las actividades humanas han aumentado el CO₂ atmosférico en un 50%, lo que significa que la concentración es hoy un 150% más de su valor en 1750. Este aumento inducido por el hombre es superior al aumento natural observado al final de la última glaciación, hace 20.000 años. De hecho, la última vez que el planeta alcanzó una concentración de 400 ppm CO₂ fue durante el Plioceno, entre 2,6 y 5,3 millones de años atrás. Hasta el siglo XX no se habían superado las 300 ppm, y mucho menos las 400 ppm, en al menos 800.000 años, como lo muestran los testigos de hielo con burbujas de aire del pasado obtenidos de la Antártica. En consecuencia, desde 1880 se ha detectado un incremento de la temperatura global de 0,07 °C por década. Sin embargo, a pesar de que el incremento de las temperaturas parece ser algo registrado instrumentalmente desde el siglo XIX, no es hasta las postrimerías del siglo XX que se transforma en una amenaza reconocida por los ciudadanos. El Informe sobre Riesgos Globales 2024 del Foro Económico Mundial identifica los mayores riesgos a los que se enfrenta la humanidad. El primero es la desinformación y el segundo es el cambio climático. Puntualiza que las amenazas relacionadas con el clima dominan los diez principales riesgos. Dos tercios de los expertos mundiales prevén que la próxima década se caracterizará por un orden multipolar o fragmentado.

“La evidencia científica acumulada es inequívoca: el cambio climático es una amenaza para el bienestar humano y la salud del

planeta.” Esta frase, que para los que nos movemos en el mundo de la ciencia parece muy obvia, fue expresada en el seno del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y ha sido atacada por ciertos círculos dogmáticos. No se trata de personas sin poder alguno o cuya voz no sea ampliamente difundida desde una tribuna de las comunicaciones o la política. Sin embargo, dudo de que sea su labor la que retrasa la necesaria acción mundial concertada y anticipatoria para la adaptación y la mitigación, acción mundial que juega con el punto de no retorno de una manera casi suicida.

El filósofo francés Bruno Latour, recientemente fallecido, llama en su libro *Dónde aterrizar* (2019) “quietistas climáticos” a los que “están confiados en que sin hacer nada, todo terminará por arreglarse”. Latour realiza una radiografía de medio siglo y hace una descarnada caracterización de los ingredientes del panorama político: primero, una desatada explosión de las desigualdades; segundo, la casi total ausencia de regulaciones; y, finalmente, la planificada maniobra de negación del cambio climático.

De acuerdo con un estudio de Ipsos Global Advisor, que entrevistó a habitantes de 31 países en noviembre de 2023, muchos ciudadanos del mundo (57%) ya han sido testigos de un grave impacto del cambio climático en el lugar donde viven. Más de la mitad de los encuestados prevén que el cambio climático afectará gravemente a su región en la próxima década. Sin embargo, Chile se eleva como el país de Latinoamérica con mayor preocupación al respecto (86%), seguido de Brasil (85%), Colombia (81%) y Argentina (79%), en contraste con las consideradas economías del primer mundo, con porcentajes que en promedio oscilan en torno al 50%. Por otro lado, muchos de los encuestados creen que la cobertura mediática del cambio climático en su país tiende a subestimar o sobrestimar el impacto. Globalmente, solo el 24% dice que los medios de comunicación ofrecen una buena

representación del impacto. Argentina (56%) y Colombia (61%) son los dos países latinoamericanos que creen en mayor medida que los medios subestiman el impacto del cambio climático. En Chile, ese porcentaje es de 49%. India y los Países Bajos, en el otro extremo, creen que el impacto del cambio climático está exagerado en la cobertura mediática (37 y 34 %, respectivamente).

La influencia humana en el clima es evidente y los cambios observados en este y en las concentraciones de gases de efecto invernadero son inequívocos. El cambio climático inducido por el ser humano ha provocado amplios impactos negativos, incluyendo pérdidas para las comunidades y la naturaleza, algunas de ellas irreversibles, como la extinción de especies.

En efecto, la evidencia científica apunta a que, debido a la curva creciente de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, la atmósfera y el océano seguirán calentándose, los mares del mundo seguirán acidificándose, los patrones de circulación atmosférica y oceánica global continuarán alterándose, la criósfera seguirá perdiendo hielo en todas sus formas y el nivel del mar seguirá aumentando. Las tendencias, basadas en observaciones y confirmadas por los modelos, se acelerarán si continúan las altas tasas de emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero.

En este contexto, cabe preguntarse cuál será el papel que jugará Antártica en los escenarios de cambio.

3. Antártica vulnerable

La influencia potencial más evidente de los cambios que están ocurriendo en la Antártica guarda directa relación con su criósfera. Muchos de los efectos más notorios a nivel mundial están derivando y derivarán en el futuro de la pérdida de masa del hielo antártico, que el

proyecto Bedmap 2 (2013) estimó en 27 millones de km^3 (kilómetros cúbicos), el equivalente a 6,4 veces el volumen del mar Mediterráneo o a 31 mil veces el del lago Titicaca, el más grande de Sudamérica. Aquí hay que hacer una aclaración, la criósfera antártica comprende dos grandes masas de hielo: el hielo continental, alojado generalmente sobre sustrato rocoso o de sedimentos, y el hielo marino antártico, uno de los mayores cambios estacionales del hábitat de la Tierra (Shepherd et al., 2018), pues durante el invierno austral ha expandido la superficie de Antártica hasta máximos de entre 18 y 19 millones de km^2 , a pesar de la merma de los últimos años, que comentaré más adelante. Pues bien, estas formidables masas de hielo interactúan con las corrientes marinas y las masas de aire, con la corteza terrestre y con la radiación solar incidente de maneras insospechadas. Por ejemplo, el deshielo de Antártica produce un aumento del agua dulce, que hace que las aguas circundantes sean más frescas y menos propensas a hundirse. Recientes estudios demostraron que la circulación oceánica se ralentizó hasta en un 20% desde la década de 1970, mientras que el flujo de agua abisal se ralentizó a niveles sin precedentes entre 1994 y 2017 (Gunn et al., 2023). Los modelos climáticos tradicionales habían pronosticado que la circulación podría ralentizarse, pero no en escala anual. Los nuevos datos indican que una amenaza que se creía lejana ya ha llegado. Antártica, considerada el corazón palpitante del planeta, se hace rodear por la más potente corriente marina del mundo, la Circumpolar Antártica. Dicha corriente se extiende e interactúa con casi la totalidad de los mares del mundo, regulando procesos en las más remotas regiones del planeta, razón por la cual la frase que capturó al secretario general de la ONU, António Guterres, en su reciente visita a la Antártica, cobra mucho sentido: “Lo que sucede en la Antártica no se queda en la Antártica”.

A nivel atmosférico, las masas de aire tropicales interactúan con las antárticas en teleconexiones que solo hace poco han comenzado

a ser comprendidas (Yuan et al., 2018). Estos impactos tropicales son más evidentes hoy en día en la Antártica Occidental y están relacionados principalmente con el océano Pacífico tropical y subtropical, a través de la variabilidad de El Niño-Southern Oscillation (ENSO). La interacción de las fuerzas tropicales y polares rigen el comportamiento de los vientos del oeste alrededor de la Antártica, lo cual afecta a la circulación marina, la extensión del hielo marino, la captación de calor, la fijación de carbono y la biogeoquímica oceánica (Kennicutt et al., 2019).

El gradiente de presión norte-sur sobre la Antártica se manifiesta como la Oscilación Antártica (AAO, o también denominada Modo Anular del Sur). Su influencia se extiende a regiones como la Antártica, Australia, Sudáfrica y Sudamérica, lo cual da lugar a importantes anomalías climáticas pero influyendo profundamente en la variabilidad atmosférica del otro hemisferio (Hendon et al., 2014; Tang & Duan, 2024). Su variación, sus causas y sus consecuencias son hoy prioridad para equipos plurinacionales, pues ahora que, a partir de simulaciones de modelos y correlaciones de observaciones, se comprende mejor el sistema acoplado global atmósfera-océano, se sabe que los fenómenos de altas latitudes se transmiten a través de las latitudes medias y bajas, lo que puede influir en eventos meteorológicos globales distantes (por ejemplo, en los patrones de precipitaciones monzónicas o en el desierto más seco del mundo). La comprensión de esta dimensión aumentará la predictibilidad de estos fenómenos (Liu et al., 2018; Kennicutt et al., 2019; Tang & Duan, 2024).

Cuando analizamos la relación de la pérdida del hielo que cubre la Antártica y cómo esta pérdida afecta a la corteza terrestre, fenómeno conocido como el rebote isostático, nos damos cuenta de que un factor importante se queda fuera de los discursos a la hora de hablar del incremento del nivel medio del mar. En el fondo, la litósfera,

aplastada por millones de km^3 de hielo, se comprime y se hunde. Datos geodésicos y geológicos apuntan a que la Antártica Occidental está cubierta por un manto poco profundo de baja viscosidad, por lo que en la medida que la capa de hielo que la cubre, denominado WAIS (el acrónimo significa West Antarctica Ice Sheet), retroceda, como lo ha hecho en los ciclos interglaciares anteriores, o como está ocurriendo ahora como resultado del incremento de la temperatura planetaria, el lecho rocoso expuesto rebotará rápidamente y el agua de deshielo fluirá hacia el océano abierto. Observando el último ciclo interglaciar, estudios recientes señalan que la contribución de la elevación del nivel del mar debido al colapso del WAIS se estima en alrededor de 3 a 4 metros, a lo que se debe adicionar 1 metro más por el ulterior rebote de la corteza terrestre (Pan et al., 2021). Sin embargo, es la capa de hielo de la Antártica Oriental (EAIS) la que aportaría más de 50 m al nivel del mar. En total se ha estimado un incremento aproximado de 58 m si todo el hielo antártico se derritiera.

En total hay más de 300 plataformas de hielo antárticas, que rodean tres cuartas partes del continente y amplían la superficie de la capa de hielo en un 13%. Su grosor medio oscila entre 300 y 2.500 metros y alcanza su punto máximo en la línea de contacto con el suelo, donde las plataformas se alimentan de glaciares interiores. Las plataformas de hielo pueden proporcionar apoyo mecánico a la capa de hielo en tierra aguas arriba, a través del contacto con las paredes laterales de confinamiento o los montes marinos. Aguas abajo, se adelgazan a medida que el hielo se extiende, y ganan y pierden masa adicional principalmente a través de la acumulación de nieve, el desprendimiento de icebergs y la fusión del hielo basal.

El color blanco de la criósfera Antártica durante las últimas décadas ha disminuido el albedo de la superficie de la región, y por lo tanto ha disminuido su capacidad de reflejar la radiación solar hacia el espacio.

Las regiones polares actúan como gigantescos espejos, que reflejan la mayor parte de las longitudes de onda de la radiación solar. Sin embargo, tanto el polvo depositado por la circulación atmosférica, el hollín (o *black carbon*) que resulta de la quema de combustibles fósiles, los incendios forestales y de la combustión de otras fuentes de biomasa, están “oscureciendo” u opacando estos espejos, con la consecuente disminución de su albedo, o sea, el porcentaje de radiación que refleja respecto a la radiación que incide sobre ellos. Esta pérdida de capacidad de reflejar o disminución del albedo pone de relieve la importancia de la pérdida de hielo marino antártico, que desde 2021 ha marcado niveles récord, con mermas de casi 2 millones de km² en 2024.

Hace unos meses la UNFCCC o Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, conocida como COP28, desarrollada en los Emiratos Árabes Unidos, recibió una alarma importante y un concepto, repetido incesantemente desde las Cumbre de Río de 1992 y la COP1 de Berlín en 1995, ha cobrado una relevancia enorme: el “punto de inflexión”. Ya no solo es imperativo comprender que el aumento de gases de efecto invernadero está provocando directamente el aumento de las temperaturas globales, sino que existen umbrales, hitos de ese incremento, que no debemos pasar, pues son puntos de no retorno. En pocas palabras, el aumento de los gases de efecto invernadero de origen antrópico, fundamentalmente desde el comienzo de la revolución industrial, han incrementado tanto la temperatura del planeta que importantes rasgos de nuestro mundo, como sus hielos “eternos”, pasarán por un punto en donde ya no se podrán recuperar. La ambición de regular las emisiones de gases de efecto invernadero expresada en la COP21 de París en 2015 ha chocado con la realidad: terminaremos el año 2024 con una concentración de CO² atmosférico de más de 424 ppm, que alcanzará el 50% por encima de los niveles preindustriales, el mayor nivel de los últimos 3 millones de años, de modo que muy probablemente este año sea considerado el más cálido de la historia humana.

Con aproximadamente 1,2°C de calentamiento global en comparación con los niveles preindustriales, nos estamos acercando peligrosamente a los umbrales de temperatura de algunos puntos de inflexión importantes para los hielos de Groenlandia y de la Antártica Occidental. Cruzarlos supondría un inevitable aumento a largo plazo del nivel del mar de hasta 10 metros. Durante 2023, la península Antártica experimentó nuevos episodios de calor extremo y deshielos superficiales récord durante los veranos de 2022 y 2023, lo cual contribuye a la alarmante serie de episodios de calor extremo sobre esta región que muestra un calentamiento más fuerte en comparación con el resto de la Antártica. Intensos ríos atmosféricos trajeron calor y precipitaciones anómalos, mientras que la intensificación del efecto Foehn produjo un incremento de temperatura en el nororiente de la península Antártica, que provocó récords en la pérdida de hielo marino.

Este sucinto repaso de algunas de las consecuencias de la pérdida de masa de la criósfera antártica deja muy en claro que Antártica no es un continente aislado y recibe aportes de todo el orbe, y que es determinante de muchos de los parámetros que definen nuestra "normalidad" y que crecientemente irá influyendo en mayor medida en nuestros modelos para el futuro.

4. La vida antártica en riesgo

La biota antártica se considera única por batir muchos récords, al vivir en los extremos tolerables por los seres vivos: fotoperíodos extremos (meses de luz alternan con meses de oscuridad), las temperaturas más bajas del planeta y disponibilidad de agua líquida restringida estacionalmente. La vida terrestre se concentra en parches equivalentes a menos del 1% de territorio descubierto de hielo.

A pesar de que los organismos se han adaptado a estas condiciones tan extremas, aún no se ha comprendido bien el camino evolutivo que han seguido para conseguir las herramientas ecofisiológicas que les permiten sobrevivir. Falta aún entender las bases genómicas de esta adaptación, pues a pesar de los ambientes tan limitantes, hay grupos que han prosperado, lo que se refleja en la diversidad de algunos grupos microbianos y de invertebrados marinos, peculiarmente elevada.

Este tipo de conocimiento basado en las nuevas aproximaciones "ómicas", ramas de la ciencia que nos permiten estudiar un gran número de moléculas implicadas en el funcionamiento de un organismo, es vital para entender y anticipar las respuestas de los organismos al cambio global. Las modernas técnicas moleculares han permitido el estudio a gran escala de muchos genes, proteínas y metabolitos, lo cual dio origen a la genómica, la proteómica, la metabolómica.

La amenaza de invasiones biológicas se suma a las variables abióticas introducidas por el cambio climático. En efecto, el impacto de las especies exóticas invasoras, la contaminación local y el creciente impacto humano son el corolario del panorama del siglo XXI.

Hoy los científicos del mundo se enfocan en estimar los umbrales o los puntos de no retorno, ya que poco se sabe sobre cómo estos umbrales y sus impactos podrían afectar la biodiversidad antártica y su creciente importancia como recurso valioso para la subsistencia humana. Del mismo modo, sabemos poco acerca de cómo las condiciones físicas cambiantes, el cambio del hielo marino en el intermareal y la formación de aguas profundas en las zonas bentónicas podrían afectar la biodiversidad, ni si algunos taxones pueden ser útiles como indicadores más amplios de los impactos de estos cambios. En la actualidad, los principales programas de seguimiento marino se basan en especies específicas para proporcionar indicadores de los impactos

del cambio, pero entre estas principales especies de vertebrados ya están claras las respuestas diferenciales. Se desconoce por completo cuáles son los mecanismos subyacentes a estas tendencias y cómo se relacionan con otros taxones y ecosistemas. Las respuestas de gestión para asegurar la biodiversidad y los recursos de la región dependen totalmente de ese conocimiento. Del mismo modo, las medidas de gestión de la conservación dependerán también de otros conocimientos, como la capacidad de distinguir los cambios de área de distribución de las introducciones antropogénicas en los sistemas marinos y terrestres. Hasta ahora, gran parte de las medidas de gestión se han centrado en los medios marino y terrestre por separado, como consecuencia tanto de la conveniencia política como de la falta de pruebas sobre los vínculos cambiantes entre estos sistemas.

5. El fracaso de la terapia de *shock*

Al considerado padre de la medicina, el griego Hipócrates de Cos (460-370 a. C.), se le atribuye la sentencia: "En realidad hay dos cosas, la ciencia y la opinión; la primera engendra conocimiento, la segunda ignorancia". Casi 2.500 años después, estamos atrapados en el mismo dilema. Tras la avalancha de información generada por un ejército de científicos, aún persisten posturas que evitan aunar voluntades para atenuar los efectos de la encrucijada que nos hemos autoimpuesto.

Está claro que la terapia de *shock* de nuestros medios respecto a la realidad que enfrenta Antártica no está siendo efectiva, pues, al igual que el fenómeno neurológico derivado de las sustancias adictivas: el efecto de las drogas sobre el sistema nervioso hace que este se adapte y frecuentemente es posible que se necesiten dosis mayores de la sustancia adictiva para sentir los efectos. Es inevitable asumir que el constante bombardeo de noticias extremas esté haciendo que

seamos menos vulnerables a ellas, o bien que nos estemos adaptando a los crecientes umbrales que imponen los progresivos cambios en nuestro entorno. Las naciones y sus habitantes, conscientes del peligro que ha significado el incremento de los gases de efecto invernadero, no han podido moderar sus emisiones y año tras año vemos cómo los escenarios propuestos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se ajustan al alza o a los escenarios más pesimistas.

El célebre historiador y novelista alemán Philipp Blom afirma en su libro *Lo que está en juego* que “el cambio climático es un proceso que solo llama la atención mediática por acumulación cada vez mayor de catástrofes espectaculares como marejadas, huracanes, sequías o diluvios” (Blom, 2021: 20). Blom irá más allá en una entrevista dada a la revista Santiago donde señala: “Los cambios culturales ocurren a lo largo de generaciones, pero si las proyecciones científicas son correctas, solo tenemos unas pocas décadas para prevenir lo peor de una catástrofe que ya está sucediendo y que va a cambiar nuestras vidas profundamente. ¿Por qué es diferente esta vez? Porque nuestras tecnologías se han vuelto tan poderosas, que la presencia humana puede cambiar los sistemas naturales globales y porque este cambio es muy rápido. Ya no somos un niño de tres años con una pala de plástico, ahora somos un niño de tres años con una Kalashnikov; no más sabio, pero sí mucho más peligroso” (Rodríguez M., 2022).

Creo que, a esta altura, el rol clave que juega Antártica en la construcción del futuro que nos espera como humanidad ha sido demostrado. Sin embargo, no es raro encontrar columnas de opinión, ensayos y tesis que apuntan a considerar el sexto continente como un yacimiento de recursos por explotar. Y no hablamos solo de considerarla el mayor reservorio de agua dulce, el depósito de inconmensurables recursos minerales o de hidrocarburos, sino también de la mayor fuente

de proteína animal. Solo traeré a colación dos ejemplos. El primero, asociado a la reacción tras el hallazgo de kimberlita (Yaxley et al., 2013) en Antártica Oriental, tipo de roca que suele contener diamantes y que provocó un encendido debate respecto de la persistencia de la prohibición de la explotación minera en Antártica. Conocemos las consecuencias sociales, económicas y ambientales de la industria de los diamantes en África, por lo que no debe bastar con el solo argumento de que aún resulta muy costoso el montaje de una explotación minera en la Antártica Oriental. El segundo caso es el del *krill* o kril antártico (*Euphausia superba*). Este crustáceo antártico, considerado por muchos la mayor biomasa animal del planeta, se encuentra regulado en el océano Austral por la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), que determina cuotas de captura de acuerdo con la mejor ciencia disponible. El kril es parte esencial de la bomba biológica que produce fijación de carbono atmosférico. El mismo CO₂ que usan las microalgas en su proceso fotosintético es un importante gas de efecto invernadero. Las microalgas que crecen bajo el hielo marino antártico son el alimento predilecto del kril, que tras digerirlas produce hilos fecales pesados que se depositan en las grandes profundidades que rodean la Antártica. En resumen, la bomba saca CO₂ de la atmósfera y lo deposita en los fondos marinos hasta por mil años. Pero este maravilloso y complejo sistema podría estar en jaque por la creciente presión de las pesquerías y la disminución del hielo marino. Por lo anterior, Chile y Argentina han propuesto un Área Marina Protegida en el Dominio 1 (AMP D1) de la CCRVMA, para así mejorar las oportunidades para este organismo clave. Sin embargo y a pesar de las toneladas de información que fundamentan la propuesta chileno-argentina, aún no se producen los consensos para instaurar las medidas de protección.

Una segunda mirada a la visión extractivista de Antártica tiene mucho que ver con la "tragedia de los comunes", que básicamente

consiste en un modelo en el que un gran número de personas disfrutan de un acceso sin restricciones a un recurso finito y valioso, tendiendo a sobreexplotarlo, por lo que su existencia se ve seriamente comprometida. En 1833, el matemático británico William Forster Lloyd creó el concepto de "sobreexplotación de un bien común" por parte de sus comuneros, fundado en la idea: "Si el vecino se beneficia de ello, ¿por qué yo no?". Posteriormente, el ecólogo Garrett Hardin crea el concepto de "tragedia de los comunes". La metáfora apunta a la fragilidad de los ambientes protegidos, rodeados de huestes de humanos ansiosos de extraer gratuitamente un recurso, o bien hacer uso de él de manera que resulte en una tragedia para todos. Bajo este esquema, es natural que un individuo, imbuido de la lógica moderna del progreso, quiera aumentar sus bienes y ganancias, cada vez más, a expensas de los espacios comunes sin regulación. Es un ejemplo que podríamos encontrar con más frecuencia de la deseable en el uso y manejo de los recursos hídricos.

En su artículo de 1968, Hardin escribió: "La ruina es el destino hacia el que se precipitan todos los hombres, cada uno persiguiendo su propio interés en una sociedad que cree en la libertad de los comunes. La libertad en un procomún trae la ruina a todos". Es un concepto seductor, sobre todo si se considera que muchos de estos bienes "comunes", como los bosques nativos, la pesca, el agua y el aire, se encuentran amenazados por la lógica del tomar lo que se pueda, aun cuando esa decisión implique comprometer el futuro de ese bien. El ensayo de Hardin se convirtió en un texto fundamental en el campo de la gestión ambiental y la economía, y sigue siendo una referencia importante en la discusión sobre la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales.

Pero aún hay esperanza tras el gris vaticinio de Hardin. Hoy se habla de la "tragedia de los bienes comunes no regulados", lo cual

deja entender que los acuerdos, tratados y consensos regulatorios, producto de la actividad de gobiernos, instituciones e individuos con visiones colectivas y sustentables de la gestión de los bienes, pueden diseñar sistemas para ayudar a la gente a moderar sus impulsos egoístas o extractivistas en pos de un progreso siempre esquivo. De hecho, la politóloga norteamericana Elinor Ostrom (1990) desafió los postulados de Hardin de manera empírica. Analizó miles de casos donde la autogestión de las comunidades y, en segundo lugar, la planificación estatal, eran, por lejos, mecanismos que permitían superar la tragedia de los comunes. En el caso de grandes recursos comunes, la organización en varios niveles con pequeñas comunidades locales en el nivel base aumentaban la probabilidad de caer en el apocalipsis de Hardin.

El trabajo de Ostrom vio la luz solo un año antes de firmarse el Protocolo de Madrid de 1991, también conocido como Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente y suscrito a la fecha por 42 países. En él se prohibieron actividades como los ensayos nucleares y el almacenamiento de desechos nucleares, la exploración sin fines científicos y la explotación de recursos minerales, la descarga y vertimiento de combustibles y otras sustancias líquidas tóxicas sobre la fauna y flora antártica, el daño, traslado o destrucción de sitios y monumentos históricos, entre varias otras medidas tendientes a minimizar la presencia del ser humano en el continente blanco.

El Tratado Antártico establece que estos recursos deben ser gestionados y conservados para las futuras generaciones y que las investigaciones científicas deben ser el objetivo principal de la presencia humana en la región. Este acuerdo es un ejemplo de cómo la cooperación internacional puede evitar la tragedia de los comunes. Al prohibir la explotación de recursos naturales en la Antártica, se evita la sobreexplotación y el agotamiento de los recursos. Además, la presencia humana en la región está destinada a la investigación científica, lo que

promueve la comprensión y el conocimiento del continente, así como su valoración y protección.

6. Sudamérica y Antártica

Mucho se ha escrito sobre el escenario geopolítico sobre el cual se erigió el acuerdo que hoy conocemos como Tratado Antártico. Los argumentos que sostuvieron las primeras reclamaciones territoriales tenían dos vertientes: la continuidad y contigüidad geográfica, por un lado, sostenida principalmente por Chile y Argentina (quizás fundamento, junto a la ocupación, del concepto de "Antártica Sudamericana") y, por otro lado, los fundados en la época de la exploración y los descubrimientos, sostenidos principalmente por las potencias. Como ya se ha señalado, los países signatarios del Tratado Antártico de 1959 mantienen congeladas sus reclamaciones indefinidamente. En efecto, tanto el Tratado Antártico como el Protocolo de Madrid tienen carácter indefinido, hecho que ha sido recientemente refrendado por unanimidad, en un esfuerzo por terminar con la desinformación que ciertos grupos con objetivos diversos quisieron instalar al afirmar que el Tratado se terminaba en el 2048.

Por lo anterior, a comienzos de junio de 2023 se hizo pública la Declaración de Helsinki sobre el Cambio Climático y la Antártica, firmada por las Partes Consultivas del Tratado Antártico y los miembros del Comité para la Protección del Medio Ambiente, que estuvieron congregados en la capital finlandesa para la XLV Reunión Consultiva del Tratado Antártico. En sus considerandos, reconoce que "las observaciones, la modelización y las evaluaciones globales describen cambios significativos en los sistemas vivos y físicos de la Antártica, tanto marinos como terrestres, y que dichos cambios en los entornos antártico y del océano Austral están vinculados e influyen en los motores del

impacto climático a nivel mundial”, y que “de retrasarse aún más la acción global coordinada sobre la mitigación y adaptación al cambio climático, corremos el riesgo de perder la oportunidad de asegurar un futuro habitable y sostenible para todos”.

Además, la Declaración de Helsinki señala: “Siguen prohibidas las actividades relacionadas con los recursos minerales antárticos distintas de la investigación científica, incluida la extracción de combustibles fósiles, de conformidad con el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, que no tiene fecha de caducidad”.

Con los párrafos anteriores quisiera enfocar la discusión fuera de la tesis de la confrontación, pues, si efectivamente el Tratado Antártico sigue protegiendo el área al sur de los 60° de latitud sur de nuevas reclamaciones soberanas, deberíamos concentrarnos en las actividades de paz consignadas en él. Al cambiar el centro de gravedad de las tesis sobre el futuro de Antártica, resulta lógico pensar que el rol de las ciudades puerta de entrada o *gateways* resultará clave. Se han definido cinco ciudades bajo este concepto: Ushuaia, Punta Arenas, Ciudad del Cabo, Christchurch y Hobart. Cuatro de ellas pertenecen a países reclamantes de soberanía. Cual más, cual menos, estas ciudades han construido una historia en relación con el continente blanco, adaptaciones locales y percepciones en torno al vínculo polar. Del mismo modo, se han vinculado a actividades económicas ligadas a Antártica, como la logística en apoyo de los Programas Antárticos Nacionales (PAN), el turismo y las pesquerías antárticas.

El caso de Argentina y Chile es bastante singular. Con un mínimo de 880 km de distancia entre el punto más al sur de Sudamérica y el punto más al norte de la península Antártica, representan las naciones con mayor proximidad geográfica. En términos de la historia natural, se puede afirmar que parte importante de la flora y fauna austral tiene origen en la “Antártica verde” de fines de la era de los dinosaurios,

herencia biológica que comparte con Australia y Nueva Zelanda, pero que al ser Sudamérica la última masa de tierra en desconectarse de Antártica manifiesta con mucha intensidad en su biota. Con la separación final de Sudamérica y Antártica nace la Corriente Circumpolar Antártica (CCA), que enfría todo el planeta desde hace unos 23 millones de años. La CCA es la principal corriente marina del mundo y a través del sistema de circulación termohalina regula procesos en muy distantes lugares del globo. Durante las últimas décadas, estas teleconexiones se han comprendido mejor, lo cual demuestra que la CCA y los sistemas de circulación de la baja y alta atmósfera interactúan, en mayor o menor medida, con casi todas las manifestaciones físicas que definen las distintas regiones biogeográficas del mundo.

Hoy sabemos, por ejemplo, que los distantes tentáculos de la CCA hacen que el mar del Norte se mantenga menos frío que lo que sería dable pensar por su latitud; o que en Japón florezcan los cerezos (el famoso *sakura*) en abril; o que el calentamiento del océano Austral durante el siglo XXI estará fuertemente relacionado con el cambio en la amplitud de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), por solo mencionar algunos ejemplos. Para Chile, esos tentáculos se hacen mucho más fuertes, hasta llegar a determinar parámetros que definen actualmente la manera en que vivimos y, con mayor intensidad, el mundo que vivirán nuestros hijos y nietos. Aspectos como el paisaje, la disponibilidad de agua, la frecuencia de megaincendios o aluviones, la disponibilidad de pesca, o la flora y fauna que estamos acostumbrados a ver serán alterados o reemplazados por nuevas realidades, siempre en una relación poco afortunada para la biodiversidad nativa y las comunidades más vulnerables.

Pero quisiera regresar sobre piezas de información clave a la hora de entender el rol futuro de nuestras naciones latinoamericanas-antárticas. De las tres principales actividades económicas en la Antártica, el turismo es el que mueve mayor número de personas. De acuerdo

con las estadísticas entregadas por la International Association of Antarctica Tour Operators (IAATO), durante la temporada 2011-12 25.000 turistas visitaron la Antártica, mientras que en la temporada 2018-19, pre-pandemia, la cifra se elevó a 58.000. Las primeras proyecciones para 2023-24 hablan de que se habrían superado los 100.000 visitantes. Dado que más de 100 empresas de 19 banderas distintas operan el turismo antártico, y que cada una de ellas debe solicitar autorización a sus autoridades competentes, recientemente Argentina y Chile han hecho una actualización de sus reglamentos. Es importante señalar que cerca del 90% del turismo a través de cruceros usa como puerto base Ushuaia.

Ante el exponencial crecimiento del turismo, ya han aparecido voces de alerta por el aumento de la llegada de especies exóticas y la gran huella de carbono de cada ticket, dado que sus principales usuarios son ciudadanos de EEUU, China, Australia, Reino Unido y Alemania (estadísticas reportadas por la IAATO al Tratado Antártico para el intervalo 2014-2022), la mayoría naciones a miles de kilómetros del continente blanco. Por otro lado, la actividad turística no se lleva a cabo en todo el continente de manera homogénea, sino que muestra una gran concentración al norte de la península Antártica, un área de por sí fuertemente afectada por el cambio climático. Lo anterior ha llevado a que este tema esté en el foco del Tratado Antártico. En la reciente Reunión Consultiva del Tratado Antártico las partes adoptaron la decisión de desarrollar un "marco ambicioso, integral, flexible y dinámico" para regular el turismo y las actividades no gubernamentales en la Antártica. Cualquier medida regulatoria supondrá un tremendo rol de monitoreo y control de las ciudades puerta de entrada. De manera proactiva, el turismo federado bajo IAATO ya ha implementado medidas para disminuir el transporte de diásporos y el efecto de concentraciones humanas en zonas de *landing*. Sin embargo, el turismo no federado aún representa un problema de control. En cuanto a la

huella de carbono, existen iniciativas para bajar y mitigar la huella de carbono, como el diseño y construcción de naves con estándares muy elevados en términos de sus emisiones, pero representarán todavía un bajo porcentaje respecto de la flota total.

La segunda actividad económica es la pesca antártica, que, como he señalado, se encuentra regulada por la CCRVMA (o CCAMLR, por su acrónimo en inglés), compuesta por 26 Estados parte y la Unión Europea. Las cuatro especies que se pescan en aguas antárticas son la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*), el bacalao de profundidad (*Dissostichus mawsoni*), el draco rayado (*Champscephalus gunnari*) y el kril antártico (*Euphausia superba*). Las cuatro pesquerías se desarrollan en el área de la península Antártica, y las flotas pescan la merluza negra sobre las 10.000 toneladas, el bacalao sobre las 4.600 toneladas y el kril antártico sobrepasa las 400.000 toneladas. Hay problemas con la conservación del draco rayado, después de su sobreexplotación en los 70 y 80. El funcionamiento de un comité científico con buena información de base resulta clave en el éxito de las cuotas de captura de estas pesquerías, estimaciones que se van complejizando cuando se introducen las variables del cambio global. Hay consenso acerca de que la presión, particularmente sobre el kril, seguirá aumentando, en la medida que la población humana aumenta, las fuentes de proteína animal disminuyen y el precio del crustáceo aumente.

La tercera actividad, que ha tenido un gran desarrollo en la última década, es la logística y servicios antárticos para los Programas Antárticos Nacionales. En 2016, el Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP), que agrupa a los líderes y jefes de operaciones de los Programas Antárticos Nacionales, inició el proyecto Desafíos de la Hoja de Ruta Antártica (ARC, por su acrónimo en inglés). El objetivo del proyecto ARC era identificar los requisitos críticos para alcanzar los objetivos científicos clave para las próximas dos décadas, objetivos

que habían sido definidos en el Antarctic Science Horizon Scan del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR). Ambos proyectos, ARC y Horizon Scan, realizaron encuestas en línea y organizaron reuniones de expertos invitados en todos los continentes. Se recurrió a la revisión por pares para garantizar la solidez de las conclusiones y aumentar la participación. La hoja de ruta planteada por ARC vislumbró una serie de brechas que resulta interesante abordar. En primer lugar, un reto importante es la accesibilidad y el desarrollo de tecnologías críticas; la provisión de capacidades logísticas esenciales; la disponibilidad de infraestructuras de apoyo vitales para proporcionar acceso a la región; la cooperación internacional; el desarrollo de estrategias para satisfacer una amplia gama de necesidades energéticas; garantizar una financiación estable y sostenida; y el desarrollo y formación continua de capacidades y recursos humanos esenciales. El proyecto ARC se centró en abordar los tres primeros retos (tecnologías, logística e infraestructuras y acceso) y comentó el papel clave del cuarto (cooperación internacional).

El proyecto logró establecer que aproximadamente un tercio de las tecnologías necesarias están disponibles en la actualidad, pero solo para un grupo selecto de científicos. Otras tecnologías se consideraron disponibles, pero con potencial de mejora. En otros casos, se requiere de nuevas tecnologías. Los avances en una serie de áreas tecnológicas vendrán probablemente de fuera de la comunidad antártica. Muchas de las tecnologías necesarias están en continuo perfeccionamiento y los avances se producirán gradualmente a lo largo de varios años. Los avances tecnológicos son cruciales para responder a muchas cuestiones científicas de alta prioridad y pueden cambiar radicalmente las preguntas que pueden abordarse, e incluso las que no. El ritmo al que se abordarán los retos tecnológicos dependerá, en gran medida, de la magnitud de las inversiones y la capacidad de la comunidad para centrar los esfuerzos en las necesidades más prioritarias.

En cuanto al acceso, infraestructuras y logística, ARC concluye que la mayor parte de la investigación antártica se realiza sobre el terreno y seguirá siendo así en un futuro cercano, por lo que el acceso es a menudo un factor crítico que limita la realización de investigaciones. Aunque muchas de las necesidades de acceso identificadas pueden ser satisfechas por los programas antárticos nacionales, se requiere un mayor acceso durante períodos más largos del año. La mayor parte de las observaciones y mediciones realizadas hasta la fecha, aparte de las efectuadas por sensores basados en satélites y observatorios autónomos, se han llevado a cabo durante el verano austral, debido a las limitaciones que impone el clima. Preguntas científicas muy relevantes requerirán un acceso a todo el continente y a todo el océano durante todo el año. Entre las zonas prioritarias para la ampliación del acceso figuran las zonas costeras, el interior de la Antártica y el océano Austral. Tres de los siete temas científicos señalaron la importancia del acceso a la Antártida Occidental. Los lugares óptimos para realizar mediciones, experimentos y observaciones pueden estar alejados de las estaciones permanentes. El despliegue, mantenimiento y recuperación de observatorios y plataformas automatizados, el desarrollo de laboratorios e instalaciones modulares y reubicables, las estaciones temporales y el despliegue de campamentos pueden proporcionar un mayor acceso geográfico sin necesidad de estaciones permanentes adicionales. También se consideró prioritaria la capacidad de desplegar rápidamente equipos de científicos en regiones que cambian con rapidez para recoger observaciones de referencia.

Este punto crítico de las infraestructuras, el acceso y el soporte logístico ha sido abordado por Argentina y Chile en su condición de *gateways*. Argentina ya presentó al Tratado Antártico su nuevo proyecto de base Petrel en la isla Dundee, al norte de la península Antártica, que contará con un nuevo muelle y dos pistas de aterrizaje de 1.800 y 1.300 m, respectivamente, nuevos hangares y habitabilidad para

garantizar su operación anual. Su foco estaría en servir de lugar de trabajo para científicos argentinos y de otros programas antárticos, a la vez que servir de pivote para proveer logística más al sur. Argentina ha estado impulsando la renovación de sus laboratorios en distintas bases antárticas. Por su parte, Chile culminó los estudios de ingeniería, medioambiente y arquitectura de su nueva base científica Carvajal, en reposición de una antigua infraestructura. Se trata de una base científica moderna, con uso de energías renovables no convencionales y con foco en estudios de altas latitudes, ya que sería la primera base chilena permanente, de año corrido y dentro del círculo polar, en el borde de la bahía Margarita, uno de los *hot spot* de calentamiento en la Antártica. A ello se suma la pronta entrada en operaciones del nuevo rompehielos Oscar Viel II, primero en su clase construido en Latinoamérica y con capacidades científicas inéditas.

Otro punto importante que se desprende del proyecto ARC es la necesidad urgente de medios de transmisión de datos de alta velocidad y volumen. Todas las encuestas apuntan a que la necesidad es crítica, tanto en relación con los satélites de órbita polar y su necesidad de descarga de datos como respecto a la oportunidad de iluminar áreas, no solo para el monitoreo remoto sino para generar la descarga de datos de drones, *gliders* y UAVs (Vehículos aéreos no tripulado). Parte de la necesidad de comunicaciones ha sido resuelta por la constelación Starlink, pero aún no hay solución para los grandes paquetes de datos. Al respecto, la Subsecretaría de Telecomunicaciones y Desarrollo País de Chile iniciaron en 2022 una consulta al mercado para el estudio de factibilidad del Proyecto Conexión Antártica. Se trataría de la primera red de fibra óptica que une el continente blanco con el resto del mundo, cuya extensión potencial abarcaría los cerca de mil kilómetros que separan Puerto Williams de la isla Rey Jorge. El financiamiento para el estudio se confirmó en 2023 gracias al anuncio del Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. En Argentina, por otro lado,

hubo un anuncio similar de Silica Networks con estudios de prefactibilidad. A lo anterior se suma el anuncio de la Fuerza Aérea de Chile del Centro Espacial Regional en Punta Arenas, previsto para fines del 2025. El centro tendría la responsabilidad de desarrollar ciencia y tecnología espacial, y entre sus sistemas contará con un radar de apertura sintética, el cual podrá realizar un monitoreo actualizado y constante de los hielos australes y antárticos.

Otra de las conclusiones interesantes de este proyecto fue confirmar que ninguna nación posee los recursos técnicos para emprender simultáneamente todos los desafíos de la investigación de alta prioridad. Por ello, resulta vital fortalecer los instrumentos para la colaboración internacional continua en una serie de áreas críticas, como la teledetección por satélite, la secuenciación masiva de ADN, el desarrollo de sensores y plataformas automatizadas, las tecnologías informáticas y de la información y los avances en las tecnologías energéticas. Y he aquí un nuevo desafío para las ciudades puerta de entrada o puente, el de imaginarse como *hubs* científicos que alberguen a la creciente comunidad científica internacional, sus rompehielos y aeroplanos, laboratorios avanzados y núcleos de desarrollo de soluciones tecnológicas, universidades y centros de investigación, que propongan *partnership* a otras naciones antárticas para bajar la huella de carbono de sus operaciones, hacer un uso más eficiente del tiempo y compartir costosa infraestructura y equipamiento, con el fin de multiplicar el efecto de las nunca suficientes inversiones en ciencia, tecnología, conocimiento e innovación. En la línea de la innovación en materia energética, el Instituto Antártico Chileno firmó una alianza con la GIZ (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) de Alemania, con el fin de prospectar el uso de hidrógeno en los equipos electrógenos de la Base Escudero, principal base científica chilena, ubicada en la isla Rey Jorge. La renovación de bases antárticas está implicando la búsqueda de nuevas tecnologías y soluciones

tecnológicas para hacerlas, al menos, carbono neutrales, un desafío que tomará todavía algún tiempo por lo complejo de la instalación y lo costoso de las operaciones.

7. La transformación cultural de las ciudades puerta de entrada

Nuestras naciones acumulan, como ya se ha dicho, un legado de historia natural, de la historia de la exploración pionera, de la historia de la prospección económica y de la historia y evolución de la investigación científica. De por sí ya es un legado nada despreciable, pero me gusta pensar, como lo expresa el Dr. Juan Francisco Salazar –de la Western Sydney University–, en su libro de 2021 *Antarctic Cities: From Gateways to Custodial Cities*, la idea de construir una cultura de ciudades custodias de Antártica con ciudadanas y ciudadanos conscientes de la enorme responsabilidad que significa darle vida a una ciudad que alberga la mayor parte de las expediciones científicas, el turismo o la pesca antártica. En ese sentido, se trata de tomar para nuestras ciudades el espíritu de cooperación antártico, la tendencia al impacto medioambiental lo más cercano a cero que se pueda, políticas públicas tendientes a educar en torno a la importancia que el continente blanco tiene para el futuro de nuestras comunidades y la de tomar decisiones basadas en la mejor ciencia disponible.

Ushuaia, Punta Arenas, y ahora también Puerto Williams, se han convertido en importantes centros científicos, suelo fértil para la cooperación diplomática y logística que sustenta la mayor parte de las interacciones del mundo con la Antártica y el Océano Austral. Sin embargo, esta vasta e inconmensurable región se encuentra en la encrucijada, una que ningún ojo humano vio anteriormente. Por ello resulta

vital trascender la visión meramente utilitaria que hasta ahora ha dominado el discurso del siglo XXI, para asumir un rol protagónico como centinela del cambio y de la colaboración científica y logística en una de las últimas fronteras del conocimiento humano.

Hasta hace poco, las ciudades rara vez se habían considerado en relación con la Antártica, salvo como puertos de entrada o salida de expediciones turísticas o de programas antárticos nacionales. Sin embargo, hoy en las cinco ciudades situadas en el borde oceánico meridional existen iniciativas tendientes a cambiar el futuro de la Antártica. En Christchurch se firmó una declaración de intenciones para unir a las ciudades y promover la cooperación pacífica. Aunque ya expiró, en el período transcurrido desde entonces, la vocación antártica de varias de las ciudades se ha visto reforzada por diversas políticas municipales, regionales y nacionales. Estas ciudades también han propuesto visiones para mejorar y consolidar su identidad antártica, un elemento clave de su relación con el mundo.

En agosto de 2024 se llevarán a cabo en Argentina y Chile dos de las más importantes reuniones del Sistema del Tratado Antártico. En Buenos Aires se realiza la reunión del COMNAP, oportunidad en que los Programas Antárticos Nacionales compartirán los avances en operaciones y logística en apoyo a la ciencia antártica, mientras que en Pucón y Punta Arenas se llevarán a cabo las reuniones del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR, por su sigla en inglés). La Conferencia Científica Abierta de SCAR contará con un amplio programa de conferencias plenarias, simposios, paneles de discusión y actividades ciudadanas. A pesar de que el mundo se encuentra convulso por las guerras y los fenómenos extremos, siempre se espera que la *pax* antártica, como tantas veces antes, logre centrar la atención en los temas fundamentales.

Chile y Argentina, las naciones de mayor proximidad y directamente bajo la influencia de la Antártica, no pueden decaer en sus esfuerzos por

entenderla, modelar su comportamiento futuro y predecir su impacto regional y en el mundo. El método científico, que deriva del pensamiento racional y crítico, resultará en una de las pocas armas de la sociedad contra los prejuicios y supersticiones. En tiempos de crisis global, ya sea por la economía, el cambio climático, la guerra y las injusticias sociales o ambientales, o todas las anteriores, parece que crece el peligro de una nueva era de oscurantismo, superstición e irracionalidad.

8. Quinto Año Polar Internacional, una oportunidad para Latinoamérica

Dado que la que vivimos es, sin lugar a duda, una década crítica para las personas y el planeta, el International Arctic Science Committee (IASC) y el Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) han confirmado los trabajos preparatorios para el quinto Año Polar Internacional (IPY) en 2032-33. El quinto IPY ocurrirá 25 años después del último IPY de 2007-08, lo cual hace evidente la urgente necesidad de una investigación internacional coordinada para hacer frente a los inmensos desafíos que enfrenta la investigación polar. Los eventos climáticos extremos, el incremento del nivel medio del mar, el aumento de las temperaturas y de fenómenos catastróficos como las sequías, las inundaciones, los megaincendios forestales, el calentamiento y la acidificación de los océanos y los mínimos históricos en la extensión del hielo marino han aumentado dramáticamente su ocurrencia y afectan los ecosistemas, las economías y el bienestar humano en todo el planeta. El IPCC 6th Assessment Report dejó muy en claro que muchos cambios se están produciendo más rápido de lo previsto y que muchas de las consecuencias más graves están relacionadas con cambios sin precedentes en el Ártico y el Antártico. La urgencia de comprender las consecuencias de un cambio tan rápido en las regiones polares para el clima mundial, la biodiversidad y las sociedades humanas es ahora evidente y nunca ha sido mayor.

El quinto Año Polar Internacional brindará la oportunidad vital para las ciudades puerta de entrada de Sudamérica de nuclear muchas de las investigaciones antárticas fundamentales para disminuir las brechas de conocimiento mediante una atención específica y una acción coordinada a escala mundial que permita a los investigadores polares, los poseedores de conocimientos, los titulares de derechos y las partes interesadas lograr importantes avances en los conocimientos necesarios para proteger el medioambiente mundial, elaborar estrategias nacionales y locales eficaces para mitigar los cambios medioambientales y adaptarse a ellos.

Tanto el futuro Centro Antártico Internacional de Punta Arenas, el Centro Subantártico de Puerto Williams, como el comprometido Centro Interinstitucional en Temas Antárticos de Ushuaia, junto con las universidades locales, los institutos antárticos de Argentina y Chile, así como los proyectos prioritarios de financiamiento basal, son los llamados a liderar el proceso en poco menos de una década.

El pueblo yagán creó una palabra cuyo origen se pierde en la noche de los tiempos: *Ilaia*, cuya traducción se puede entender como “más allá hacia el sur”, que conceptualmente se refiere a todo lo que existía después del Cabo de Hornos, desde donde la curvatura de la Tierra y el extenso paso de Drake nunca han dejado ver la albura de Antártica. El mundo, hoy más que nunca, enfoca su mirada en el sur y en la importancia de la Antártica para su presente y su futuro. En gran medida nos inspiran la conexión geográfica, natural e histórica que une ambos territorios y la conciencia de nuestra responsabilidad como umbral y centinelas del continente más prístino del planeta.

Pero la pregunta sobre por qué Latinoamérica debería mirar “más allá del sur” hoy supera el argumento geopolítico clásico de naciones reclamantes. Debemos volcar nuestra atención y esfuerzos hacia el *Ilaia*, porque es donde se ocultan las claves de este mundo cambiante y de la

influencia que el gigante blanco del sur ejerce sobre el contexto telúrico que llamamos Sudamérica. La importancia de realizar investigación científica de calidad en la Antártica es capital si esperamos comprender el alcance de su influencia sobre Sudamérica y el mundo, pero también para proteger adecuadamente la biodiversidad antártica, que es mucho más extensa, ecológicamente diversa y biogeográficamente limitada de lo que se pensaba anteriormente. La vida en la Antártica y en el océano Austral es sorprendentemente rica y está más amenazada por el cambio climático que muchas otras regiones del planeta. Su confinamiento y lejanía dejó de ser argumento para mantenerlo prístino y libre de especies invasoras. Chile y Argentina, por su cercanía e interdependencia biótica, son crecientes responsables de su destino, como custodios y centinelas.

Hoy en día, cuando discutimos el futuro de nuestras naciones, de su desarrollo social y económico, de su diversidad cultural y biológica, es imperativo sumar a esa ecuación el factor antártico, junto con asumir que nuestra interdependencia y proximidad nos hace también responsables del destino del sexto continente.

Referencias

- Bailey, P. (2023) Views on Climate Change - COP28, Ipsos Global Advisor. Global Survey Report Final Versión en español. 23 pp.
- Blom, Ph. (2021). *Lo que está en juego*. Barcelona: Anagrama.
- Bulkeley, R. (2016). "Naming Antarctica". *Polar Record*, 52(1), 2-15.
- Giannini, F. A. (1959). *Worlds between the Poles*. New York: Vintage Press.
- Gråberg, J. (1841). "Degli ultimi progressi della Geografia". *Rivista Europea* 4(2): 56-74, 133-154.
- Gunn, K. L., Rintoul, S. R., England, M. H., Bowen, M. M. (2023). "Recent reduced abyssal overturning and ventilation in the Australian Antarctic Basin". *Nat. Clim. Chang.* 13, 537-544.

- Hardin, G. (1968). "The Tragedy of the Commons". *Science*, 162 (3859): 1243-1248.
- Hendon, H. H., Lim, E. P., Nguyen H. (2014). "Seasonal variations of subtropical precipitation associated with the Southern annular mode". *J. Clim.*, 27 (2014), pp. 3446-3460.
- Herrington, G. (2021). "Update to limits to growth: comparing the World3 model with empirical data". *J Ind Ecol*, 25(3), 614-626, <https://doi.org/10.1111/jiec.13084>.
- Herzfeld, U. C. (2013). *Atlas of Antarctica*. Publisher: Springer Berlin, Heidelberg
- Hooker, J. D. (1844). *The Botany of the Antarctic Voyage of H.M.S. Discovery Ships 'Erebus' and 'Terror' in the Years 1839-1843: Flora Antarctica*. London: Reeve Brothers.
- IAATO (2023). *IAATO Overview of Antarctic Tourism: The 2022-23 Season, and Preliminary Estimates for 2023-24. Informative Paper N°56 ATCM 17*.
- Kennicutt, M., Bromwich, D., Liggett, D., Njåstad, B., Peck, L., Rintoul, S. R., Ritz, C., Siebert, M. J., Aitken, A., Brooks, C., Cassano, J., Chaturvedi, S., Chen, D., Dodds, K., Gолledge, N. R., Le Bohec, C., Leppe, M., Murray, A., Chown, S. L. (2019). "Sustained Antarctic Research: A 21st Century Imperative". *One Earth* 1(1): 95-113.
- Kircher, A. (1665). *Mundus Subterraneus, in XII libros digestus; quo divinum subterrestris mundi opificium, mira ergasteriorum naturæ in eo distributio, verbo pantámorphou Protei regnum, universæ denique naturæ majestas*. Joannem Janssonium Publisher. Amsterdam.
- Latour, B. (2019). *Dónde aterrizar: cómo orientarme en política*. Taurus Eds. Barcelona.
- Liu T., Li J., Li Y., Zhao S., Zheng F., Zheng J., Yao Z. (2018). "Influence of the may Southern annular mode on The South China Sea summer monsoon". *Clim. Dyn.* 2018; 51: 4095-4107.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth; A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- Morrell, B. (1832). *A Narrative of Four Voyages: To the South Sea, North and South Pacific Ocean, Chinese Sea, Ethiopic and Southern Atlantic Ocean, Indian and Antarctic Ocean; from the Year 1822 to 1831*. New York: Harper.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Pan, L., Powell, E. M., Latychev, K., Mitrovica, J. X., Creveling, J.R., Gomez, N., Hoggard, M. J., Clark, P.U. (2021). "Rapid postglacial rebound amplifies global sea level rise following West Antarctic Ice Sheet collapse". *Science Advances* 7 (18) 1-9.
- Rodríguez M., J. (2022). "Philipp Blom: 'No somos individuos racionales, libres y perfectamente informados. Eso es ideología'", *Revista Santiago*.
- Serrano, M. (2018). *La Antártica y otros mitos*. Tercera edición en español, Santiago de Chile. Editorial EB Libros.
- Shepherd, A., Fricker, H. A. & Farrell, S. L. (2018). "Trends and connections across the Antarctic cryosphere". *Nature* 558, 223-232.
- The World Economic Forum (2024). *The Global Risks Report 19th Edition, Insight Report*. World Economic Forum, Marsh McLennan and Zurich Insurance Group Eds. Cologny/Geneva.
- Yaxley, G. M., Kamenetsky, V. S., Nichols, G. T.; Maas, R., Belousova, E., Rosenthal, A., Norman, M. (2013). "The discovery of kimberlites in Antarctica extends the vast Gondwanan Cretaceous province". *Nature Communications*, 4(2921): 1-7.
- Yuan X., Kaplan M. R., Cane M. A. (2018). "The interconnected global climate system - a review of tropical - polar teleconnections". *J. Clim.*, 31: 5765-5792.

La Antártida y el Ártico: los desafíos polares del futuro vistos desde la región del Alto Norte¹

Ole Arve Misund²
NORUEGA

RESUMEN

Como fundamento para esbozar los desafíos a los que se enfrentan las regiones polares del mundo, las características de la Antártida y el Ártico son consideradas en cuanto a su geografía física, patrones de circulación oceanográfica, biodiversidad, presencia humana y gobernanza. La Antártida es un continente con enormes masas de hielo, rodeado por el océano Antártico. La fuerte Corriente Circumpolar Antártica actúa como una barrera física frente a la influencia de las latitudes más bajas. El Ártico comprende las regiones septentrionales de tres continentes y la isla más grande del planeta (América del Norte, Asia, Europa y Groenlandia) que rodean el profundo océano polar cubierto de

1 Agradezco a la directora del programa antártico del Instituto Polar Ártico, Birgit Njåstad, por sus comentarios, críticas y sugerencias, que han mejorado significativamente este manuscrito.

2 Licenciado en Biología por la Universidad de Bergen. Ex director de Investigación del Instituto de Investigación Marina (IMR). Ex director del Centro Universitario en Svalbard, el Instituto Nacional de Nutrición e Investigación de Productos del Mar y el Instituto Polar Noruego. Actualmente, asesor especialista en el Instituto Polar Noruego.

hielo marino. Ambas regiones funcionan como los refrigeradores del mundo. Aproximadamente 4 millones de personas viven en el Ártico, mientras que en la Antártida no hay asentamientos permanentes. Los ocho países árticos respectivos gobiernan la región a nivel nacional y a través de diversos acuerdos multilaterales. La Antártida se rige por el Tratado Antártico.

Durante las últimas décadas, las regiones polares han pasado a estar más conectadas con el resto del mundo a través de una mayor actividad científica, la exploración y la explotación de recursos y el turismo. Las necesidades de recursos de una población mundial en crecimiento implican un mayor interés por las regiones polares en los años por venir. Existe la posibilidad de que aumente la pesca del kril en el océano Antártico, y el calentamiento de los fríos océanos árticos podría incrementar su productividad. La exploración y la explotación de los minerales necesarios para las baterías de almacenamiento de energía eléctrica, con el objeto de impulsar un rápido cambio ecológico que permita abandonar los combustibles fósiles, pueden tener un gran potencial en las regiones polares.

Ahora bien, las regiones polares se ven claramente afectadas por el cambio climático que está teniendo lugar hoy. Las proyecciones de la temperatura global implican impactos sustanciales en la criósfera a través del derretimiento de la capa de hielo en tierra y mar, la pérdida de biodiversidad y los cambios en los ecosistemas. A escala global, el hielo que se derrite en tierra en las regiones polares puede provocar una subida del nivel del mar de casi un metro hacia fines de siglo, lo cual afectaría a las comunidades costeras de todo el mundo. Es necesaria una reducción urgente de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como un "cambio verde" en la producción de energía en el mundo. Por lo tanto, las regiones polares necesitarán una atención y conservación especiales en los próximos años. Las naciones del

mundo deben intensificar sus esfuerzos para mitigar el cambio climático y posiblemente encontrar formas de reducir la tensión geopolítica a fin de hacer frente a los enormes desafíos que se avecinan.

El desarrollo de las regiones polares del mundo en tiempos en los que existe una sensación de urgencia debe ser apoyado por una mayor actividad científica coordinada entre las naciones con intereses y responsabilidades polares. Esto es necesario para comprender y gestionar mejor las regiones polares, pero también porque estas tienen un enorme impacto en los sistemas terrestres.

1. Introducción

La Antártida y el Ártico son los refrigeradores del mundo. Ambas regiones polares presentan una capa de hielo blanco en su parte central. En el Ártico hay hielo marino flotante que cubre el océano Ártico, el cual se encuentra rodeado de islas como Groenlandia, con una gruesa capa de hielo, y Svalbard y otras islas del Alto Ártico, con glaciares. La Antártida es un continente con una inmensa capa de hielo y con hielo marino estacional en el océano Antártico circundante.

La estacionalidad en las regiones polares sigue un patrón similar, con un sol brillante de medianoche en verano y oscuridad en invierno. Pero los tiempos son opuestos, por supuesto. Cuando es verano en el sur hay oscuridad invernal en el norte. La aurora boreal o las luces del norte en el hemisferio norte y la aurora austral o las luces del sur en el hemisferio sur son el mismo fenómeno: partículas cargadas procedentes del sol atraídas hacia los polos magnéticos de la tierra, que emiten luz al ingresar en la atmósfera. Del mismo modo, existen diferencias fundamentales entre las dos áreas polares, relacionadas con la geografía física, la biodiversidad, la presencia humana y la gobernanza. La situación geopolítica actual, bastante tensa, afecta a ambas regiones

de manera diferente. El Ártico está dividido geopolíticamente entre los países occidentales, por un lado, y Rusia, por el otro. En la Antártida, todos los países que han ratificado el Tratado Antártico están de acuerdo.

La invitación de la Fundación Abierta y la oficina argentina de la Fundación Konrad Adenauer para contribuir con este capítulo llegó muy oportunamente, justo cuando había dejado mi cargo de director en el Instituto Polar Noruego (NPI) y asumía un puesto de retiro en un grupo de investigación para escribir sobre ciencia. Es un privilegio tener esta posición y me he esforzado mucho por conseguirla para poder continuar desarrollando mi interés por la ciencia.

Una motivación para escribir este capítulo es que recientemente he visto hielo polar romperse y generar aguas abiertas en el Polo Norte, y agua de deshielo deslizándose por encima de la capa de hielo de la tierra de la Reina Maud en la Antártida, ambos indicios del derretimiento de los refrigeradores del mundo. Durante una visita a la estación noruega de Troll en la tierra de la Reina Maud en enero de 2020, encontramos ríos de agua de deshielo bastante significativos e inusuales, no muy lejos de la estación, que nos resultaron difíciles de cruzar cuando salimos de excursión por las montañas. En julio-agosto de 2022 lideré una expedición con el buque de investigación de clase polar denominado Kronprins Haakon hasta el Polo Norte (Fig. 1). Si bien existe una tendencia reconocida de una creciente apertura del océano Ártico en el verano, nos sorprendió ver una gran cantidad de aguas abiertas en el Polo Norte. De hecho, pudimos incluso hacer recorridos de exploración pelágica, los primeros en realizarse tan lejos hacia el norte.

Como he vivido y trabajado como científico y líder científico en el norte, puede haber algún sesgo ártico en mi redacción de este capítulo que espero que los lectores puedan aceptar.

2. Geografía física y patrones de circulación

Las regiones polares del mundo se definen generalmente de la siguiente manera: el Ártico, como la zona situada al norte del Círculo Polar Ártico, a unos 66° 34' de latitud norte, y la Antártida, como la zona situada al sur del Círculo Polar Antártico, a 66° 34' de latitud sur. Sin embargo, existen otras varias definiciones funcionales del Ártico relacionadas con la isoterma de 10° C de julio, la línea de tres o el alcance del permafrost.

La Antártida es un vasto continente (aproximadamente 14.200.000 km²) con inmensas masas de hielo rodeadas de un océano, mientras que el Ártico es el océano Ártico, de unos 4.000 m de profundidad, cubierto por una capa de hielo marino de varios metros de espesor durante la mayor parte del año y rodeado de tres continentes (Asia, Europa y Norteamérica) y las islas del Ártico Alto, una de las cuales es la isla más grande del planeta (Groenlandia).

El continente antártico se encuentra rodeado de aguas costeras bastante poco profundas que se extienden hasta el océano Antártico y llegan a alcanzar más de 4.000 metros de profundidad en algunas zonas. La circulación del océano Antártico se encuentra dominada por la potente Corriente Circumpolar Antártica (CCA), con una fuerza de más de 100 sverdrup, la corriente oceánica más fuerte del planeta. Esta corriente actúa como una barrera física que limita el intercambio y la influencia de masas de agua marina de latitudes más bajas en la Antártida (Hunt et al., 2023).

Los mares árticos poco profundos, como el mar de Barents y el mar de Bering, se encuentran influenciados por las corrientes marinas cálidas y ricas en nutrientes procedentes de latitudes más bajas y, por ende, muy productivas. El océano Ártico también se encuentra definido en cierta medida por el ingreso de masas de agua cálida procedentes de

latitudes más bajas que, en consecuencia, también compensan la salida de masas de agua polar fría a través de los estrechos de Bering, Davis y Fram (Hunt et al., 2023).

3. Biodiversidad

Generalmente, la biodiversidad es baja en las zonas terrestres permanentemente cubiertas de hielo de la Antártida desde unos 80° S y en dirección sur hasta el Polo Sur, y lo mismo ocurre en las zonas más o menos permanentemente cubiertas de hielo marino desde unos 80° N y hacia el norte hasta el Polo Norte. En la zona de hielo marginal, es decir, donde el hielo marino se derrite, se rompe y se retira durante el verano, en el borde del hielo y en las zonas costeras de la Antártida, la biodiversidad es muy abundante (Fig. 2). En el océano Antártico hay una gran abundancia de fitoplancton, zooplancton, kril, peces, aves marinas, pingüinos, focas y ballenas. Sin embargo, la producción primaria de fitoplancton se encuentra limitada por las bajas concentraciones de hierro (Moreau et al., 2023). El kril es la fuente de alimento dominante para peces, aves marinas, pingüinos y ballenas. Los principales depredadores son las orcas y los elefantes marinos. En tierra no existen depredadores animales. Las escúas polares se llevan los petreles de las nieves y los petreles antárticos y, sobre todo, los huevos y polluelos que se encuentran en nidos en los acantilados de la costa.

En la zona de hielo marginal y las áreas costeras del Ártico suele haber una gran biodiversidad en regiones influenciadas por corrientes oceánicas cálidas que fluyen hacia el norte (Fig. 3). En zonas más frías de la costa ártica puede encontrarse aún un alto nivel de biodiversidad, pero la abundancia de las distintas especies suele ser algo menor. Los seres humanos están presentes en todas las costas del Ártico y

cazan focas, ballenas y, en algunas áreas, también osos polares (Moore y Stabeno, 2015; Darnis et al., 2012). En la mayoría de las zonas del Ártico está prohibido cazar osos polares (Fig. 4) y especies poco frecuentes, como la ballena de Groenlandia y el narval. En el Ártico europeo existen ricas pesquerías para salmónidos como el capelán, clupeidos como el arenque, gádidos como el bacalao, el eglefino y el carbonero, y crustáceos como los camarones (Misund et al., 2016). En las últimas décadas se ha desarrollado la pesca del cangrejo de Kamchatka y el cangrejo de las nieves. En el Pacífico Norte se encuentran abundantes pesquerías de abadejo, bacalao del Pacífico, salmónidos y cangrejos de Kamchatka y de las nieves.

4. Presencia humana

Ocho países tienen parte de su territorio en el Ártico. Estos son Canadá, Estados Unidos, Rusia, Finlandia, Suecia, Dinamarca (incluidas las Islas Feroe y Groenlandia), Noruega e Islandia. Aproximadamente cuatro millones de personas viven en el Ártico. Un diez por ciento de ellas pertenecen a poblaciones indígenas, como las comunidades sami de Noruega, Suecia, Finlandia y el noroeste de Rusia, y los inuit de Alaska, Canadá y Groenlandia. Existen importantes actividades económicas relacionadas con los recursos energéticos (petróleo y gas), los minerales, la pesca, la navegación, el turismo y los medios de subsistencia de las poblaciones indígenas.

Ningún país tiene parte de su territorio en la Antártida. Sin embargo, siete países reclaman territorios en el continente antártico. Estos reclamos continuarán "en suspenso" mientras el continente siga siendo gobernado a través de la comunidad internacional del Tratado Antártico. No hay poblaciones indígenas en la Antártida, pero sí presencia humana en forma rotativa en las numerosas estaciones de

investigación. Las actividades económicas llevadas a cabo en la Antártida están relacionadas con la pesca del kril y la merluza negra, el turismo (cruceros de expedición y expediciones en tierra) y la logística de apoyo a la investigación. La mayor parte de la presencia humana en la Antártida está vinculada a la abundante actividad de investigación.

5. Gobernanza

La Antártida es gobernada a través del Tratado Antártico de 1959, que establece que esta será utilizada únicamente para actividades pacíficas, que existe libertad para la actividad científica y se fomenta la cooperación y el intercambio de información científica. El Protocolo para la Protección del Medio Ambiente del Tratado Antártico de 1991 designa a la Antártida como una reserva natural dedicada a la paz y la ciencia, y limita su actividad económica mediante la prohibición de la explotación de minerales. Se le da, de este modo, una prioridad a la ciencia y se establece que ninguna actividad debe tener impactos negativos. Doce países participaron en la elaboración y la firma del Tratado Antártico, ratificado en 1961. Todos esos países estaban realizando actividades de investigación y se encontraban presentes en la Antártida en el segundo año geofísico de 1957-59. En la actualidad, más de cincuenta países han firmado el tratado.

Los ocho países soberanos que constituyen el Ártico cooperan a nivel bilateral y multilateral a través de una serie de tratados internacionales y acuerdos de derecho blando. Por razones de seguridad, los países árticos norteamericanos (Canadá y Estados Unidos) y europeos (Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia) son miembros de la alianza de defensa conocida como la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). Un ataque militar a uno de los países miembros se considera un ataque a todos los países miembros y la alianza de la

OTAN enviará, entonces, fuerzas conjuntas para combatir al agresor. La organización fue creada después de la Segunda Guerra Mundial, en 1947, y hasta ahora no se ha producido ningún ataque militar contra ninguno de los países miembros desde que la organización comenzó a funcionar.

Para regular las actividades marítimas, los países árticos son miembros de la Organización Marítima Internacional (OMI). Para cooperar en la investigación y la gestión de la pesca en el Atlántico Norte, los mismos países son miembros del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM). No obstante, luego del ataque militar a gran escala contra Ucrania, Rusia dejó de tener permiso para participar en las actividades del CIEM. En el Pacífico Norte, los Estados árticos (Canadá, Rusia y Estados Unidos) y casi árticos (China, Corea y Japón) cooperan en materia de investigación y gestión pesquera a través de la Organización de Ciencias Marinas del Pacífico Norte (PICES).

El Tratado de Svalbard, establecido luego de la Primera Guerra Mundial, le otorgó a Noruega la soberanía de las islas, pero los demás países árticos son todos firmantes y tienen derecho a tener una presencia activa en ellas. Cinco de los países árticos cooperan en la protección de los osos polares a través del Acuerdo para la Conservación del Oso Polar de 1973. A medida que el hielo marino disminuye en el océano Ártico y las aguas se vuelven más abiertas y accesibles, existe el temor de que se desarrolle una pesca no regulada. Por este motivo, los países árticos acordaron un tratado para impedir la pesca en la zona hasta que las investigaciones científicas indiquen que tales actividades podrían ser sustentables. El Acuerdo de Pesca del Océano Ártico Central (CAOFA) fue ratificado en 2021 y será válido durante los quince años siguientes.

Un ámbito activo para la cooperación en cuestiones medioambientales en el Ártico ha sido el acuerdo de derecho blando del Consejo

Ártico. También existe el Consejo Euroártico de Barents y el Consejo de los Estados Bálticos (Kouvirova y Shibata, 2023).

6. Actividades científicas y cooperación

Luego de las primeras exploraciones de las zonas polares del mundo, se llevó a cabo una importante actividad de investigación, especialmente durante la última centuria. A lo largo de los Años Polares Internacionales (API), la actividad investigadora ha consistido en esfuerzos cooperativos y coordinados a escala internacional. Once países participaron en el primer API 1882-83. Sobre la base de las actividades realizadas en doce estaciones árticas y dos subantárticas, se recogieron observaciones sobre meteorología, geomagnetismo, fenómenos aurorales, corrientes oceánicas, bloques de hielo a la deriva y electricidad atmosférica. Cincuenta años más tarde se organizó el segundo API (1932-33), con cuarenta y cuatro naciones trabajando desde 27 estaciones en el Ártico. El Año Geofísico Internacional de 1957-58 se conoce como el tercer API. El cuarto API tuvo lugar en 2007-2009, con el patrocinio tanto del Consejo Internacional para la Ciencia como de la Organización Meteorológica Mundial. Aproximadamente 50.000 investigadores de más de 60 países participaron en los 228 proyectos internacionales del API, que incluían períodos intensivos de investigación y observación en las regiones polares. Los numerosos proyectos científicos fueron compilados en un programa científico que abarcaba las atmósferas polares, los océanos árticos, la criósfera (los glaciares, las capas de hielo y el permafrost), la estructura de la Tierra y la geodinámica en los polos, la ecología terrestre polar y la biodiversidad, las sociedades polares, los procesos sociales y la salud humana. Actualmente se ha decidido organizar el quinto API en 2032-33.

El Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR) se creó en 1958 en respuesta a la necesidad de una mayor organización internacional de la actividad científica llevada a cabo en la Antártida. El SCAR es un organismo temático del Consejo Científico Internacional (ISC) que actualmente cuenta con 46 países miembros y 9 uniones del ISC. El SCAR coordina la actividad científica en la Antártida a través de grupos temáticos, grupos de trabajo y programas, ofrece asesoramiento con base científica en materia de políticas y organiza distintos eventos, como por ejemplo una gran conferencia científica que se lleva a cabo cada dos años. Como delegado nacional de Noruega recientemente nombrado, he tenido el placer de participar en el desarrollo de la estrategia del SCAR para los próximos años con un impactante título: "Mensajes urgentes desde el Sur".

Llevar a cabo actividades de investigación en un continente tan remoto como la Antártida es bastante complicado y costoso. Por esta razón, existe una organización internacional activa (COMNAP) que facilita la cooperación y la coordinación entre los operadores nacionales del Programa Antártico. Gracias a los protocolos acordados en la COMNAP, la mayoría de los países fueron capaces de operar sus estaciones y desarrollar programas en la Antártida durante la reciente pandemia, aun ante las estrictas restricciones para viajar.

La coordinación internacional de la actividad científica fue establecida más tarde en el Ártico. El Comité Científico Internacional del Ártico (IASC) fue creado por los ocho países árticos recién en 1990. Actualmente cuenta también con otros 15 Estados miembros no árticos. El IASC es una organización no gubernamental asociada al Consejo Internacional de Uniones Científicas, cuyo mandato es iniciar, desarrollar y coordinar actividad científica en el Ártico y sobre el rol que el Ártico desempeña en el sistema terrestre. Presta asesoramiento científico independiente al Consejo Ártico y a otras organizaciones

sobre cuestiones relacionadas con esta región. La organización se compone de grupos de trabajo sobre ciencias terrestres, marinas, de la criósfera y la atmósfera y ciencias sociales y humanas. El IASC desarrolla una gran actividad y cada año organiza la Semana de la Cumbre Científica del Ártico.

La Asociación Internacional de Ciencias Sociales del Ártico (IAS-SA) también se creó en 1990. El principal objetivo de la IASSA es promover y estimular la cooperación internacional en todos los aspectos de las ciencias sociales en el Ártico. La organización dirige grupos de trabajo sobre igualdad de género en el Ártico, justicia en y para el Ártico e industrias extractivas. Cada tres años se celebra un Congreso Internacional de Ciencias Sociales del Ártico y una Asamblea General.

Científicamente, el Ártico y la Antártida son una parte importante del sistema terrestre, y existe un interés cada vez mayor por adoptar un enfoque más holístico en relación con el desarrollo de las regiones polares. Esto se ha puesto de manifiesto en los eventos del API, y en 2018 el IASC y el SCAR se reunieron en Davos para organizar conjuntamente la conferencia "Donde los polos se unen". Ambas organizaciones participan activamente en el establecimiento del quinto API en 2032-33 y se encuentran actualmente planificando una segunda conferencia conjunta.

En los países árticos y otros países con intereses en el Ártico hay muchas universidades, escuelas superiores, institutos de investigación y organizaciones que desarrollan actividades en el Ártico. Por esta razón, el Consejo Ártico creó la Universidad del Ártico (UArctic) en el año 2001 como una organización de red distribuida. UArctic se ha convertido en una organización vital que contribuye a reforzar la investigación y la educación en y sobre el Norte. Esto se hace facilitando infraestructura y recursos colectivos para servir mejor a sus integrantes y sus regiones. En la actualidad cuenta con unas 240 organizaciones miembros.

7. Viviendo en la región del Alto Norte

Dado mi creciente interés por la investigación polar, me ofrecieron la posibilidad de dirigir el Centro Universitario (UNIS) de Longyearbyen durante un período de cuatro años a partir de marzo de 2012. El UNIS es el centro de enseñanza superior más septentrional del mundo que ofrece cursos universitarios de grado y posgrado en geología ártica, geofísica ártica, biología ártica y tecnología ártica (Mitsund et al., 2017a). También supervisa a estudiantes de doctorado y las disertaciones se realizan en el campus. El UNIS es un centro de cooperación para las universidades noruegas y unos 800 estudiantes cursan diferentes asignaturas allí cada año.

Vivir en Longyearbyen, a 78° 13' de latitud norte y 15° 38' de longitud este, fue una experiencia especial. Por un lado, se observa una ciudad pequeña, estrecha, vibrante y bastante internacional de unos 2.500 habitantes y, por el otro, el desierto ártico. Las variaciones estacionales son extremas, desde la fría y oscura noche polar hasta el brillante sol de medianoche en verano.

Longyearbyen se ha desarrollado principalmente como una ciudad industrial del Ártico Alto a partir de la minería del carbón. Durante 2014, los precios del carbón en el mercado mundial cayeron en forma drástica y el gobierno noruego tuvo que apoyar la continuidad de la explotación de la empresa estatal Store Norske Spitsbergen Kulkompani comprando su propiedad por 400 millones de coronas noruegas. Durante el Simposio de Ny-Ålesund, en junio de ese año, escuché a la enviada de la ONU para el clima, Christiana Figueres, afirmar que Noruega debía poner fin a la minería del carbón en el Ártico Alto porque la quema de combustibles fósiles como el carbón para producir energía es una de las principales fuentes de aumento de CO₂ en la atmósfera, lo que provoca el cambio climático. A fines de noviembre de ese mismo año, escuché a la primera ministra noruega Erna Solberg

(conservadora) declarar, durante una cena oficial ofrecida por el gobernador de Svalbard, que Longyearbyen no podía seguir como antes, que era necesario desarrollar otras actividades, como el centro universitario que acababa de visitar, como alternativas a la minería del carbón. Asimismo, las autoridades locales reconocieron la necesidad de una transición de las empresas. Para el año 2025 está previsto el cese de la minería del carbón en Longyearbyen. A partir de entonces, la ciudad se basará en actividades como el turismo, la investigación (Misund et al., 2017b), la comunicación y la logística ártica.

8. Desafíos del futuro

Para el sistema terrestre, las regiones polares son vitales como zonas de enfriamiento del planeta. Con la acumulación de pruebas del cambio climático global debido a la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera, el calentamiento de las regiones polares y el consiguiente derretimiento del hielo son preocupaciones crecientes. Pero otros factores, como la creciente polarización y la tensión política en el mundo, pueden afectar también las regiones polares. Una población mundial cada vez más numerosa necesitará energía, minerales y recursos alimentarios, y las regiones polares podrían convertirse en zonas de explotación y utilización. Hay además especulaciones sobre la posibilidad de nuevas rutas de transporte entre continentes a medida que se abra el océano Ártico. Durante muchos años las regiones polares han sido atractivas para los turistas, y la industria turística polar parece ir en aumento.

8.1. Cambio climático

Comparado con la temperatura media global preindustrial, se ha producido un calentamiento de 1,3 °C hasta el año 2023 (Climate

Action Tracker, 2023). Lo más probable es que el calentamiento continúe, afecte el ciclo del agua global y provoque una degradación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad. Existen diferentes escenarios para las proyecciones de cómo evolucionará el calentamiento global en función de los esfuerzos de mitigación que las sociedades mundiales sean capaces de desarrollar y establecer.

Sobre la base de las importantes actividades de investigación realizadas en la Antártida, existen pruebas científicas de que la atmósfera y el océano Antártico se están calentando, que se está produciendo un principio de acidificación del océano (descenso del nivel de pH), que la criósfera pierde hielo y que el nivel del mar aumenta lentamente debido al derretimiento del hielo en la tierra (Chown et al., 2022).

En el Ártico, el cambio climático es evidente. Actualmente el hielo marino del océano Ártico cubre solo el 60 % del área que cubría hace 40 años, y casi el 70 % del volumen de hielo marino se ha perdido en el mismo período (AMAP, 2017). El hielo marino se ha vuelto más joven y fino. Refleja menos energía a la atmósfera y contribuye así a calentar el océano.

En tierra, el cambio climático también es evidente. En la última década, el archipiélago de Svalbard experimentó un calentamiento cuatro veces más rápido que la media mundial (Rantanen, 2022) y la temperatura promedio en invierno subió 4 °C en los últimos 20 años. La zona, más bien seca, recibe más precipitaciones y puede haber lluvias repentinas en invierno que causen un paisaje congelado y dificultades para que los renos encuentren alimento. Los episodios de climas extremos con fuertes vientos combinados con precipitaciones intensas en forma de lluvia o nieve son más frecuentes. En invierno esto produce avalanchas peligrosas y en otoño, derrumbes de tierra.

Una de las razones del rápido calentamiento de Svalbard es la "atlantificación" que se ha producido debido a la mayor influencia de la corriente más cálida del Atlántico nororiental en las aguas costeras de Svalbard occidental (Polyakov et al., 2017). A esto le sigue el movimiento hacia el norte de organismos procedentes de aguas meridionales, y en otoño de 2014 pescamos caballa atlántica en el fiordo de hielo. Que la caballa del Atlántico pudiera encontrar su camino hacia Svalbard fue un acontecimiento que escapaba a mi imaginación. Esto se debe a que la caballa del Atlántico es una especie de aguas bastante cálidas, que pasa el invierno al oeste de las Islas Británicas y se alimenta en el mar de Noruega, a lo largo de la costa noruega y en el mar del Norte en verano. Nuestra captura es la más septentrional de la caballa atlántica y fue la última de una serie de especies de peces, como el bacalao, el eglefino y el arenque, procedentes de aguas más meridionales, que ingresan a los fríos fiordos de Svalbard desde alrededor del año 2005 (Berge et al., 2015).

8.2. Aumento del nivel del mar

Lo más probable es que el calentamiento de ambas regiones polares continúe, con importantes consecuencias para el resto del planeta. El derretimiento de enormes masas de hielo en tierra en la Antártida y de los glaciares en Groenlandia y Svalbard conducirá a una subida del nivel del mar en todas partes. Las proyecciones varían en función de los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, y especialmente si se superan los puntos de inflexión en la Antártida. Si los países del mundo se ponen de acuerdo y son capaces de detener las emisiones y llegar a la neutralidad climática para el año 2050 aproximadamente, el calentamiento global igualmente continuará subiendo a unos 2 °C. El consiguiente derretimiento de las masas de hielo terrestres en las regiones polares aumentará el nivel del mar en casi 1 metro

para fines de siglo. Esto afectará a su vez las condiciones de vida de unos mil millones de personas en las islas bajas y las zonas y ciudades costeras de todo el mundo. Probablemente alguna mitigación será posible mediante la construcción de estructuras de protección, tales como diques y barreras, pero grandes zonas bajas quedarán sumergidas y serán inhabitables. Es muy posible que se produzcan migraciones humanas a otras regiones y conflictos derivados de la asimilación y el reparto de recursos.

8.3. Polarización geopolítica

Tras la anexión rusa de Crimea y la guerra contra Ucrania que comenzó con el ataque del 24 de febrero de 2022, el orden mundial se ha vuelto más polarizado y tenso. Esta situación es evidente también en las organizaciones que se ocupan de las zonas polares. Yo mismo he sido testigo de ello durante la 45.^a reunión de la ATCM, celebrada en Helsinki el pasado mes de mayo. Había mucha tensión entre los delegados de Rusia y Ucrania, y una clara condena de la guerra rusa por parte de las naciones occidentales que apoyan a Ucrania. El Consejo Ártico no ha vuelto a funcionar como antes a partir de febrero de 2022. La presidencia del Consejo Ártico es rotativa y Noruega sucedió a Rusia en esa posición en mayo de 2023. Ahora se está intentando que el Consejo Ártico siga funcionando mediante correspondencia por correo y documentos escritos.

La polarización geopolítica también es evidente en las organizaciones de enseñanza superior e investigación en temas polares. En la actualidad, la membresía de las 55 organizaciones rusas en UArctic se encuentra en pausa como consecuencia de las sanciones occidentales en respuesta a la guerra contra Ucrania. Del mismo modo, la pertenencia de Rusia al CIEM también se encuentra suspendida desde la primavera de 2022. Por lo tanto, en la actualidad hay muy poco contacto

entre los científicos rusos y los occidentales. Dado que Rusia constituye alrededor del 45 % del Ártico y se encuentra activa y presente en la Antártida con varias estaciones de investigación, esto resulta preocupante en tiempos en los que los cambios climáticos y medioambientales son sustanciales. Esperemos que el conflicto en Ucrania llegue pronto a su fin mediante una solución pacífica y se reanuden los contactos normales.

8.4. Recursos y utilización

A medida que la población mundial supera los 8.000 millones de personas, surge una mayor necesidad de energía, alimentos y recursos minerales. En los continentes centrales existe un límite para lo que se puede producir y extraer. Posiblemente haya más por cosechar y extraer en las zonas oceánicas y polares. La pesca marina tradicional en las plataformas y márgenes continentales se ha estabilizado en unos 90 millones de toneladas y muchas poblaciones de peces están sometidas a la sobrepesca. El aumento de la extracción de recursos alimentarios marinos debe proceder de la acuicultura o la recolección en la parte inferior de la cadena alimentaria marina. En el caso de los grandes recursos de kril antártico, con una biomasa estimada de más de 60 millones de toneladas y sujeta a una pesquería bastante limitada de unas 600.000 toneladas anuales, este desarrollo puede aumentar el interés por una mayor recolección. Las proyecciones sobre los efectos del cambio climático en las especies existentes en el océano Antártico son dispares y el potencial de invasión de especies grandes y fecundas de peces de aleta parece bajo (McBride et al., 2014). En el Ártico, los recursos marinos vivos son actualmente explotados en su totalidad. Sin embargo, existen indicios de que el aumento de las aguas abiertas en el Ártico y el Subártico puede dar lugar a una mayor producción primaria y secundaria. Por lo tanto, la biomasa de algunas poblaciones de peces

de importancia comercial y la nueva mezcla de especies pueden convertirse en un foco de interés (McBride et al., 2014).

A fin de mitigar el cambio climático, hay una necesidad bastante urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Para el sector energético, esto implica, según el IPCC, reducir drásticamente la quema de combustibles fósiles y llegar a ser neutros en carbono para el año 2050, ¡en solo unos 25 años! Por tanto, es necesario un “cambio verde” bastante veloz en el suministro de energía. Para ello, gran parte de la energía debe ser energía eléctrica producida por centrales hidroeléctricas, fuentes geotérmicas, parques eólicos, paneles solares o reactores atómicos. El transporte y los viajes deben realizarse en vehículos con motores accionados por electricidad almacenada en baterías. Esto requiere un enorme suministro de diferentes metales y las zonas polares pueden resultar atractivas para su extracción cuando el suministro procedente de las minas de los continentes disminuya. Para prepararse para tal evolución, países como Noruega se encuentran abiertos ahora a la exploración de las posibilidades de explotación minera de los fondos marinos.

8.5. Conservación

Factores generales como el cambio climático, las tensiones geopolíticas y la necesidad de recursos acaban ejerciendo presión sobre las zonas polares en general y sobre la biodiversidad y los ecosistemas polares vulnerables en particular. Por ello, existe una necesidad reconocida de mantener amplias secciones de las zonas polares protegidas de las diversas actividades humanas.

Uno de los principales objetivos del Consejo Ártico es proteger las zonas árticas vulnerables. Esto se realiza a través de grupos de trabajo y programas con expertos de los ocho países árticos. El grupo de trabajo para la Protección del Medioambiente Marino Ártico (PAME)

ha estado activo desde los años noventa, abordando cuestiones tales como el transporte marítimo en el Ártico, los desechos marinos, las zonas marinas protegidas, el enfoque de gestión ecosistémico y la exploración y explotación de recursos.

El programa de Conservación de la Flora y la Fauna del Ártico (CAFF) del Consejo Ártico elaboró una estrategia y un plan de acción para establecer una red circumpolar de áreas protegidas. La Red Circumpolar de Áreas protegidas (CPAN) preservará áreas naturales importantes y únicas.

Desde principios de los años setenta, Noruega estableció parques nacionales y reservas naturales en Svalbard para proteger la naturaleza característica del lugar, los sitios de patrimonio cultural, la biodiversidad vulnerable y la naturaleza misma. Alrededor del 65% de la superficie terrestre del archipiélago de Svalbard se encuentra protegida a través de estas medidas, al igual que el 85% de las aguas territoriales que lo rodean.

Para el océano Ártico central existe desde 2021 un acuerdo de prohibición de pesca para los próximos 15 años, hasta que se haya trazado un mapa adecuado de los recursos potenciales de la zona y estos hayan sido científicamente evaluados.

En la Antártida, el tratado de 1959 es un mecanismo muy sólido que protege el continente. El Tratado Antártico establece que el continente será utilizado para actividades pacíficas en beneficio de la humanidad y para la investigación y la cooperación entre naciones. Por lo tanto, el tratado limita la actividad y la exploración y explotación de recursos. El Comité de Medio Ambiente (CEP, Committee for Environmental Protection) monitorea la evolución del entorno antártico y estudia de cerca cómo influye en él la actividad humana. Frente a la plataforma de hielo antártica solo se han establecido dos zonas marinas

protegidas, pero hay planes concretos para que se dispongan muchas otras nuevas. Recientemente se ha descubierto que amplias zonas del mar de Weddel son hábitats de desove del pez de hielo (Purser et al., 2022). Esta especie pone huevos fecundados en un nido en el sustrato del fondo y los custodia hasta la eclosión. Cualquier método de pesca de fondo activa u otro método de pesca de fondo perturbarían y destruirían fácilmente los hábitats de estos peces. Este es un claro ejemplo de zonas que necesitan protección para conservar la biodiversidad vulnerable.

8.6. Investigación futura

Las iniciativas de investigación para explorar y predecir la evolución futura del Ártico son coordinadas a través del IASC, el IASSA, la UArctic y el Consejo Ártico. Cómo evolucionará el océano Ártico a medida que se retire la capa de hielo es una cuestión central. Cuáles serán las consecuencias para el ecosistema marino polar y la biodiversidad polar son también temas de investigación relevantes. ¿Entrarán en el océano Ártico poblaciones de peces comercialmente importantes? Ni que hablar de cómo afectará una mayor apertura del océano Ártico a los sistemas climáticos del hemisferio norte. Por lo tanto, se está desarrollando un concepto para un nuevo programa de investigación integral para el océano Ártico.

En sus "Mensajes urgentes desde el Sur: ciencia y política de la Antártida y el océano Antártico", el SCAR enumera las siguientes estrategias para los próximos años:

- Potenciar el liderazgo científico
- Proporcionar asesoramiento científico a legisladores
- Promover y facilitar el acceso a los datos y el intercambio de muestras

- Mejorar las comunicaciones
- Garantizar la aplicación de los valores de igualdad, diversidad e inclusión (IDE) en las actividades del SCAR
- Adoptar principios de sustentabilidad

El enfoque general de estas estrategias está en la crisis climática y en el rol que puede desempeñar el SCAR para continuar liderando, apoyando y promoviendo una amplia gama de actividades científicas y de investigación en la Antártida y el océano Antártico. Varios programas de gran envergadura coordinados a través del SCAR se están llevando a cabo en la actualidad y continuarán desarrollándose durante muchos años. Otras iniciativas, como el InSync (observaciones sincrónicas y sinópticas de la Antártida), se encuentran en fase de desarrollo.

Muchas naciones se encuentran hoy en proceso de actualizar y modernizar sus estaciones antárticas. En la primavera pasada, el gobierno noruego decidió construir una nueva estación Troll al pie de las montañas Gjelsvik, en la tierra de la Reina Maud. La nueva estación, de 6.500 m², con un costo de unos 2.400 millones de coronas noruegas, albergará a 65 personas y sustituirá la estación existente desde 1990 (fig. 5). Tanto para el Ártico como para el Antártico, en el quinto API 2032-33 veremos probablemente un impulso de la investigación polar. En momentos en los que existe una sensación de urgencia, esto es absolutamente necesario.

9. Observaciones finales

Las regiones polares se han vuelto más conectadas con el resto del mundo en las últimas décadas a través de la actividad científica, la exploración y la explotación de recursos y el turismo. Las necesidades de recursos de una población mundial en crecimiento implican un mayor interés por las regiones polares en los años próximos.

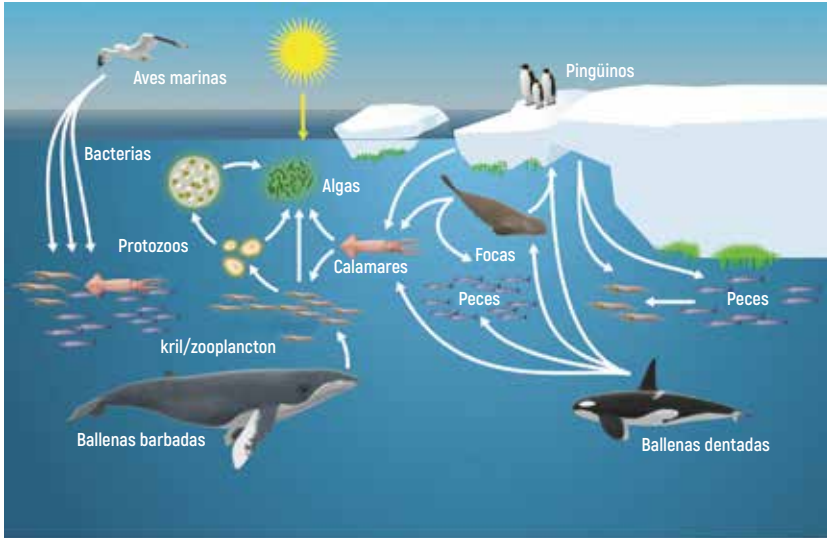
Ahora bien, las regiones polares se ven claramente afectadas por el cambio climático actual. Las proyecciones de la temperatura global indican impactos sustanciales en la criósfera, que causarían un mayor derretimiento del hielo en la tierra y el mar, pérdida de biodiversidad y cambios en los ecosistemas. Es necesaria una reducción urgente de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como un “cambio verde” en la producción de energía en el mundo. Por ello, las regiones polares necesitarán especial atención y conservación en los próximos años. Las naciones del mundo deben intensificar sus esfuerzos para mitigar el cambio climático y buscar formas de reducir la tensión geopolítica a fin de hacer frente a los enormes desafíos que se avecinan.

Figura 1. El buque de investigación Kronprins Haakon atravesando el hielo marino en su camino hacia el sur desde el Polo Norte, en agosto de 2022 ▼



FOTO: VEGARD STÜRZINGER (NPI).

Figura 2. La red alimentaria antártica



Fuente: <https://www.meereisportal.de/en/learn-more/sea-ice-biology/sea-ice-as-habitat>.

Figura 3. La red alimentaria tal como es ilustrada en Darnis et al. (2012) para un ecosistema costero del alto ártico canadiense

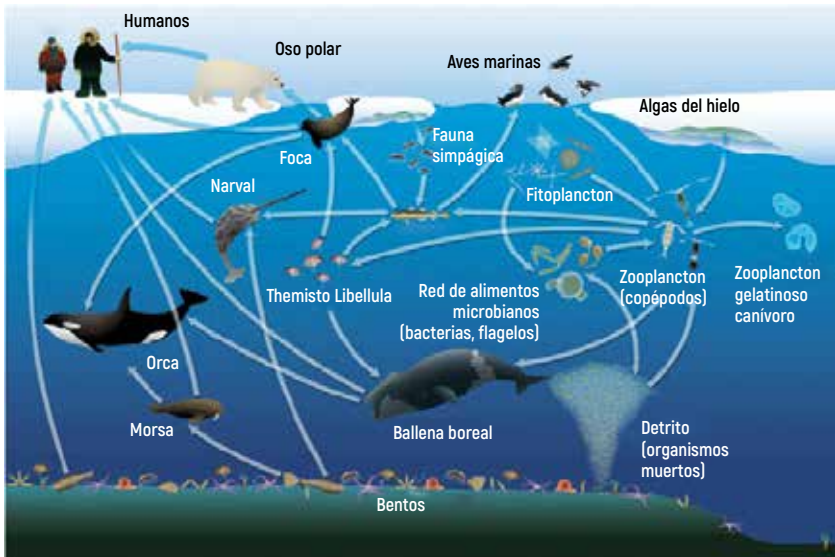


Figura 4. Hembra de oso polar con crías encontrada en el océano Ártico en agosto de 2022



FOTO: KAI JØRGENSEN.

Figura 5. La estación noruega Troll al pie de las montañas Gjelsvik, en la tierra de la Reina Maud en la Antártida. Se está planificando una nueva estación que estará lista para el próximo API 2032-33.



FOTO: LEENA LEPPÄNEN EN X.

Referencias

- AMAP, 2017. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) (2017). Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xiv + 269 pp.
- Berge, J., Heggland, K., Lønne, O.J., Cottier, F., Hop, H., Gabrielsen, G., Nøttes-tad, L., Misund, O. A. (2015). "First records of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) from the Svalbard archipelago, Norway, with possible explanations for the extensions of its distribution", *Arctic*, 68: 54-61, <https://doi.org/10.14430/arctic4455>.
- Chown, S. L., Leihy, R. I., Naish, T. R., Brooks, C. M., Convey, P., Henley, B. J., Mac-kintosh, A. N., Phillips, L. M., Kennicutt, M. C. II & Grant, S. M. (eds.) (2022). *Antarctic Climate Change and the Environment: A Decadal Synopsis and Recommendations for Action*. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, United Kingdom, www.scar.org.
- Darnis, G., Robert, D., Pomerleau, C., Link, H., Archambault, P., Nelson, R., Geoffroy, M., Tremblay, J.-E., Lovejoy, C., Ferguson, S., Hunt, B. and Fortier, L. (2012). "Current state and trends in Canadian Arctic marine ecosystems: II. Heterotrophic food web, pelagic-benthic coupling, and biodiversity", *Climatic Change*, 115. 10.1007/s10584-012-0483-8.
- Hunt, G. L., Drinkwater, K. F., Arrigo, K., Berge, J., Daly, K. L., Danielson, S., Daase, M., Hop, H., Isla, E., Karnovsky, N., Laidre, K., Mueter, F. J., Murphy, E. J., Renaud, P., Smith, W. O. jr., Trathan, P., Turner, J., Wolf-Gladrow, D. (2016). "Arvec-tion in polar and sub-polar environments: Impacts on high latitude marine ecosystems", *Progress in Oceanography*, 149, 40-81.
- Koivurova, T., Shibata, A. (2023). "After Russia's invasion of Ukraine in 2022: Can we still cooperate with Russia in the Arctic?", *Polar Records* 59(e12): 1- 9, <https://doi.org/10.1017/S0032247423000049>.
- McBride, M. M., Dalpadado, P., Drinkwater, K. F., Godø, O. R., Hobday, A.J., Hol-lowed, A. B., Kristiansen, T., Murphy, E. J., Ressler, P. H., Subbey, S., Hofman, E., Loeng, H. (2014). "Krill, climate and contrasting future scenarios for Arc-tic and Antarctic fisheries", *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsu002.

- Misund, O. A. (2017). "Academia in Svalbard: an increasingly important role for research and education as tools for Norwegian policy", *Polar Research*, 36:1, 1308131, DOI: 10.1080/17518369.2017.1308131.
- Misund, O. A., Heggland, K., Skogseth, R., Falck, E., Gjørseter, H., Sundet, J., Watne, J., Lønne, O. J. (2016). "Norwegian fisheries in the Svalbard zone since 1980. Regulations, profitability and warming affect landings", *Polar Science*,
- Misund, O. A., Aksnes, D., Christiansen, H. H., Arlov, T. (2017). "A Norwegian pillar in Svalbard: The development of the University Centre in Svalbard (UNIS)", *Polar Record*, 53: 233-244.
- Moore, S., Stabeno, P. J. (2015). "Synthesis of Arctic research (SOAR) in marine ecosystems of the Pacific Arctic", *Progress in Oceanography*, 136: 1-11.
- Moreau, S., Hattermann, T., De Steur, L., Kauko, H. M., Ahonen, H., Ardelan, M., Assmy, P., Chierici, M., Descamps, S., Dinter, T., Falkenhaus, T., Fransson, A., Grønningsæter, E., Hallfredsson, E. H., Huhn, O., lebrun, A., Lowther, A., Lubcker, N., Monterio, P., Peeken, I., Roychoudhury, Rozanska, M., Ryan-Keogh, T., Sanchez, N., Singh, A., Simonsen, J. H., Steiger, N., Thomalla, S. J., Tonder, A. V., Wiktor, J. M., Steen, H. (2023). "Wind-driven upwelling of iron sustains dense blooms and food webs in the eastern Weddell Gyre", *Nature Communications*, 14:1303, <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36992-1>.
- Polyakov, I. V., Pnyushkov, A. V., Alkire, W. B., Ashik, I. M., Baumann, T. M., Carmack, E., Goszczko, I., Guthrie, J., Ivanov, V. V., Kanzow, T., Krishfield, R., Kwok, R., Sundfjord, A., Morison, J., Rember, R., Yulin, A. (2017). "Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean", *Science*, 356: 285-291.
- Purser, A., Hehemann, L., Boehringer, L., Tippenhauer, S., Wege, M., Bornemann, H., Pineda-Metz, S. E. A., Flintrop, C. M., Koch, F., Hellmer, H. H., Burkhardt-Holm, P., Janout, M., Werner, E., Glemser, B., Balanguer, J., Rogge, A., Holtappels, M., Wenzhoefer, F. (2022). "A vast icefish breeding colony discovered in the Antarctic", *Current Biology* 32, 842-850, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.12.022>.
- Rantanen, M., Karpechko, A. Y., Lipponen, A., Nordling, K., Hyvärinen, O., Ruosteenoja, K., Vihma, T., Laaksonen, A. (2022). "The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979", *Communications Earth and Environment* 3: 168. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>.

El ecosistema antártico y el cambio climático. Un rompecabezas complejo

Mariano Aguas¹

ARGENTINA

RESUMEN

La Antártida es un continente que, junto a los océanos que la rodean, representa un área del planeta con complejas implicaciones a nivel climático global. No solo cumple un rol regulador de la temperatura, sino que representa la mayoría de las reservas de agua dulce en la Tierra. Por dichas razones, es importante tomar conciencia de que nuestro modo de vida representa un desafío a ese ecosistema. Para lidiar con dicho problema, la humanidad cuenta con la ciencia, la cooperación política representada en el Sistema del Tratado Antártico y la mayor conciencia de la sociedad civil a nivel global.

1. Introducción

Tal como sostiene Jara Atienza: “Inhóspita, hostil, remota... Son muchos los adjetivos que, desde que existen los primeros registros de su

1 Director en la ONG Agenda Antártica. Licenciado en Ciencia Política por la Universidad del Salvador. Especialista en temas de política antártica y ambiental. Coordinador del Observatorio del cambio climático y de las políticas para la conservación de la Antártida de la Universidad de Palermo. Profesor universitario.

descubrimiento en el siglo XVII, se han utilizado para describir la **Antártida**. Sin embargo, en los últimos años, un nuevo término –el de ‘esencial’– ha ido tomando impulso para referirse al vasto continente helado, cuya extensión es mayor que la de Oceanía y Europa juntas” (Atienza, 2021).

Sus grandes dimensiones y sus temperaturas extremas (se llegan a alcanzar mínimas de $-89,2$ °C) hacen del continente antártico y sus mares circundantes una de las zonas con las condiciones climatológicas más duras de la Tierra. No obstante, son precisamente estas características ambientales las que hacen de la Antártida un importante regulador del clima a nivel global. Y no solo porque su gran superficie cubierta de hielo –contiene, de hecho, el 90% del hielo que hay en el planeta– absorbe menos radiación solar que cualquier otro espacio, sino también porque los mares de aguas gélidas y profundas que rodean el continente son el hogar de un ecosistema abundante en una compleja biodiversidad.

El continente antártico, los mares que lo rodean y todo su ecosistema son de vital importancia para el clima de nuestro planeta por las varias funciones que cumplen:

Como regulador climático: la Antártida y sus mares circundantes son un importante regulador del clima a nivel global.

Como depósito de calor y carbono: los océanos son los grandes receptáculos naturales de CO_2 del planeta. Los océanos que rodean el continente antártico actúan como uno de los mayores almacenes de calor y carbono del planeta: concentran cerca del 35% de la absorción global del exceso de carbono de la atmósfera y cerca del 75% de la absorción oceánica del exceso de calor.

Como reserva de agua dulce: la Antártida contiene el 90% del hielo y el 70% del agua dulce del planeta en sus extensísimos glaciares y en su superficie. Su derretimiento alteraría directamente el

nivel de los océanos, lo cual provocaría un desequilibrio ambiental de imprevisibles consecuencias.

Como ecosistema de compleja biodiversidad: la vida en la Antártida se desarrolla esencialmente en torno al ambiente marino y es hogar de una abundante variedad de especies. Es una especie de máquina esencial de bombeo de corrientes oceánicas frías y ricas en nutrientes, que alimentan innumerables especies en otros océanos. Muestra de eso son la corriente de Humboldt en el Pacífico o la corriente de Malvinas en el Atlántico Sur. Estas funciones esenciales, que hacen posible la vida en el planeta, están comenzando a ser puestas en una situación de estrés, a la que contribuyen, entre otras causas, el fenómeno del **cambio climático**.

11. El cambio climático y algunas de sus características

Con el concepto cambio climático se hace referencia a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, debido a variaciones en la actividad solar o erupciones volcánicas grandes. Pero desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.

La quema de combustibles fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero que actúan como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas. Las emisiones principales de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático son el dióxido de carbono y el metano.

Las consecuencias del cambio climático incluyen ahora, entre otras, sequías intensas, escasez de agua, incendios graves, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos, tormentas catastróficas y disminución de la biodiversidad.

Los científicos dedicados a las cuestiones climáticas han demostrado que las personas somos responsables del calentamiento global de los últimos 200 años (Crutzen, 2002). La temperatura media de la Tierra es ahora 1,1 °C más elevada que a finales del siglo XIX, antes de la Revolución Industrial, y más elevada en términos absolutos que en los últimos 100.000 años.

Según indican las Naciones Unidas, el cambio climático puede afectar nuestra salud, la capacidad de cultivar alimentos, la vivienda, la seguridad y el trabajo. Algunos de nosotros ya somos más vulnerables a los impactos climáticos, como las personas que viven en pequeñas naciones insulares y otros países en desarrollo. Condiciones como el aumento del nivel del mar y la intrusión de agua salada han avanzado hasta el punto de que comunidades enteras han tenido que reubicarse, y las prolongadas sequías están creando un riesgo de hambruna. Desgraciadamente, de continuar estas tendencias se prevé que en el futuro aumente el número de “refugiados climáticos”.

En ese contexto, la Antártida, como dijimos, es un continente crucial para la regulación del clima a nivel global y su preservación es de gran importancia en la lucha contra el cambio climático. **Su capa de hielo es fundamental para mantener el equilibrio climático y los ciclos hidrológicos.** La pérdida de glaciares antárticos podría tener consecuencias devastadoras para las zonas costeras de todo el mundo. El aumento del nivel del mar debido al deshielo antártico amenaza a poblaciones y ecosistemas costeros, y aunque la Antártida es uno de los lugares menos perturbados del mundo, es cada vez más vulnerable al calentamiento global, especialmente parte de lo que conocemos como península Antártica. El aumento de las temperaturas podría acelerar el derretimiento de sus glaciares y afectar gravemente el equilibrio climático. Por esas razones, el estudio de las tendencias climáticas en el continente antártico se ha convertido en un asunto de vital interés

científico, a fin de predecir cambios climáticos a escala planetaria y sus posibles consecuencias sobre la vida en la Tierra.

En resumen, la Antártida no solo es un continente remoto y uno de los más secos y ventosos del planeta, sino también un actor clave en la lucha contra el cambio climático. Su preservación y estudio son esenciales para comprender y mitigar los efectos del calentamiento global.

2. Características salientes del clima antártico

2.1. La situación polar

En los polos, debido a la inclinación del eje terrestre respecto del plano de órbita del planeta, la radiación solar recibida por unidad de superficie es menor que en bajas latitudes, efecto que se acentúa en invierno. Los círculos polares ártico y antártico experimentan un día por año en el cual el sol no sale en invierno y otro en el que no se oculta en verano, razón por la cual se los indica como un límite en las representaciones del globo terráqueo. Todas las latitudes comprendidas entre aquellos círculos tienen un incremento en el número de días oscuros y en penumbra durante el invierno y noches iluminadas o con claridad durante el verano.

Si se las compara, las marcas de temperatura registradas en la Antártida son mucho más extremas que las del Ártico, por los factores que a continuación se detallan:

- **El efecto albedo.** Es decir, la cantidad de radiación solar que una superficie refleja. El gran domo de hielo y nieve que cubre la Antártida refleja entre el 80 y el 90% de la energía que recibe del Sol en forma de luz, energía que, como se ha visto, ya es inferior a la recibida en otras latitudes por la incidencia oblicua de los rayos y la mayor distancia del Sol. El efecto albedo se acentúa durante el

invierno, cuando el hielo marino forma una superficie de reflexión adicional, de extensión similar a la del continente.

- **El efecto geográfico o de la topografía.** La Antártida es un continente elevado (en promedio, el más elevado), más del 50% de su superficie se halla por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar y cerca de un 25% a más de 3000 msnm. Considerando que la temperatura desciende 1°C por cada 100 metros ganados en altura, más de un 50% del continente posee marcas 20°C por debajo de sus equivalentes a nivel del mar, como es el caso del Ártico. Asimismo, la configuración del continente también juega un rol de importancia, dado que la forma más o menos circular de la Antártida hace que la influencia reguladora de la temperatura que ejerce el mar pueda sentirse solo en las costas. Las regiones internas de la Antártida, por ende, prácticamente carecen del efecto moderador del mar, lo cual acentúa sus rasgos de continentalidad. En ámbitos de clima extremadamente frío con temperaturas ambiente con decenas de grados bajo cero, la influencia por cercanía del mar es considerada como un efecto tendiente a condiciones más benignas, dado que, aunque superficialmente congelada, la masa de agua de mar solo estaría un par de grados por debajo de cero o en torno a cero.
- **El aire frío** de la Antártida solo puede retener un décimo de la humedad que la que es capaz de retener el aire templado de latitudes medias, por lo que la radiación solar absorbida por la humedad del aire antártico resulta ser la más baja del planeta.
- **La Antártida es el continente más ventoso del planeta, y la circulación atmosférica presenta un diseño circular.** Los fuertes vientos están condicionados por el anticiclón (o centro de alta presión) que suele desarrollarse en el interior del continente, desde donde se generan vientos que se dirigen en dirección norte y noreste, por el efecto de Coriolis –fuerza que se produce debido a la rotación de la Tierra–, hasta la zona de ciclones (o centros de baja presión), ubicados en latitudes

subpolares. Los temporales de nieve y viento son frecuentes, sin que existan tormentas eléctricas. El viento puede alcanzar los 200 km/h, con ráfagas aún mayores. Son típicos de la región los llamados vientos *catabáticos*, que descienden desde el interior hacia la costa. Es común que se formen ventiscas que arrastran nieve, por lo que también se las conoce como vientos blancos (*blizzards*).

La Antártida es considerada en parte un desierto, a pesar de la enorme reserva de agua dulce que posee, porque las precipitaciones son escasas, y al estar el agua en forma de hielo o nieve, no se halla disponible para la flora y la fauna. Así, la Antártida es uno de los continentes más secos del planeta, y esto se debe básicamente a la conjunción de tres factores:

- Su posición polar: como ya se ha mencionado, el aire polar es capaz de retener menos humedad que el aire más templado, de modo que la atmósfera antártica, de por sí, se caracteriza por índices muy bajos de humedad.
- El movimiento circular de los vientos, que impide que aires más templados cargados de humedad, provenientes de latitudes más bajas, ingresen al continente. Pero cuando esto ocurre, especialmente en verano y en la península Antártica, el viento es forzado a elevarse a la altura de la meseta polar o de las cadenas montañosas, descargando precipitaciones orográficas en las zonas costeras y penetrando al continente como vientos secos.
- La altura del continente antártico, ya explicada.

2.2. Las zonas antárticas y sus climas

2.2.1. PENÍNSULA ANTÁRTICA

Es frío y relativamente más templado y húmedo, ya que la península actúa como una barrera para los vientos del oeste provenientes del océano Pacífico.

Precipitaciones:

- única región donde son frecuentes.
- con acumulación anual de hasta 1000 mm, en forma de nieve durante el invierno y nieve con lluvia en el verano.

Temperaturas medias:

- durante el verano fluctúan entre 0 °C y 5 °C. El 6 de febrero de 2020, en Base Esperanza (Argentina), se registró un récord de temperatura máxima, que alcanzó 18,4 °C al mediodía;
- en el invierno, las temperaturas oscilan entre -10 °C y -30 °C.

2.2.2. CLIMA COSTERO ANTÁRTICO

Fuertemente influenciado por los océanos.

Temperaturas:

- Más suaves que en el interior, en invierno van desde los -32 °C hasta -15 °C; en verano, entre los -5 °C y 5 °C.

Precipitaciones:

- son mayores, recibe anualmente entre 200 y 600 milímetros.

Vientos: más fuertes. Se originan sobre la Meseta Polar como brisas suaves y fluyen pendiente abajo. Por lo tanto, la mayoría de los vientos son catabáticos ("hacia abajo"). La velocidad promedio del viento en la costa alcanza aproximadamente los 54 km/h. Estos vientos son más fuertes durante el invierno austral, cuando el aire es más frío, y pueden viajar a una velocidad de hasta cerca de 300 km/h.

2.2.3. CLIMA EN LA MESETA POLAR ANTÁRTICA

Temperatura: frío extremo

- en invierno varía entre -40 °C y -70 °C (la temperatura más baja del planeta había sido registrada en 1983, de -89,5 °C, tomada por la estación rusa Vostok; pero entre 2014 y

El ecosistema antártico y el cambio climático. Un rompecabezas complejo

2016 se estimaron temperaturas de hasta $-98\text{ }^{\circ}\text{C}$ (en algunos sectores).

- en verano varía entre los $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Precipitaciones: a pesar de ser la reserva más grande de agua dulce del planeta, la Meseta Polar es un desierto, con menos de 100 mm de precipitación anual –marca comparable a las registradas en el desierto del Sahara–. Ello por las temperaturas extremadamente frías de sus masas de aire y por el aislamiento de estas respecto del agua de los océanos circundantes.

Las “inversiones de temperatura” no son infrecuentes; a mayor altura sobre la superficie del hielo, la temperatura se eleva. La humedad del aire más templado presente en estratos superiores condensa y, al descender, se congela, y precipita en forma sólida. Son las llamadas “precipitaciones sin nubes”.

Vientos: si bien las masas de aire viajan sobre los océanos australes, lo hacen alrededor del continente antártico y no a través del océano. Además, el hielo marino que se forma durante el invierno austral crea una barrera de contacto y limita la absorción de humedad dentro del aire. Los vientos que ocasionalmente penetran en el continente, al toparse con las cadenas montañosas de la costa, deben elevarse sobre ellas, lo que origina precipitaciones cerca de la costa cuando la masa de aire se enfría. Estos mismos vientos llegan al interior con muy poca humedad, solo el 10% en comparación con el de las masas de aire templadas. Así, la Meseta Polar generalmente está libre de nubes.

3. El efecto del cambio climático en el hielo antártico

En los últimos años se han observado cambios significativos en el hielo marino y las capas de hielo en la Antártida, lo que tiene implicaciones importantes en el contexto del cambio climático. Dichos

cambios representan un desafío para la ciencia, ya que las diferentes masas de hielo, según la zona, se han comportado de maneras diversas. En algunas zonas como la Antártida oriental ha crecido, mientras que en la zona central y occidental, sobre todo en la península Antártica, se ha retraído.

No obstante, en el transcurso de las últimas décadas, el hielo marino que rodea la Antártida parece haber disminuido considerablemente. Datos satelitales muestran que su extensión actual es muy inferior a los niveles invernales previamente registrados. En términos concretos, el área de hielo flotante en la superficie del océano Antártico mide ahora menos de 17 millones de kilómetros cuadrados, lo que representa una reducción significativa. Esta disminución es preocupante, ya que el hielo marino desempeña un papel crucial en la regulación del clima global (Shepherd et al., 2018).

La enorme extensión de hielo de la Antártida tiene un impacto significativo en el clima mundial. Refleja la energía solar, enfría el agua y regula la temperatura del planeta. Sin este hielo, la Antártida podría pasar de ser un "refrigerador" a ser un "radiador", y contribuir así al calentamiento global.

El hielo marino se forma en el invierno del continente (de marzo a octubre), antes de derretirse en gran medida en verano, y es parte de un sistema interconectado que también consta de icebergs, hielo terrestre y enormes plataformas de hielo: extensiones flotantes de hielo terrestre que sobresalen de la costa.

El hielo marino actúa a la vez como una funda protectora para el hielo que cubre la tierra y evita que el océano se caliente.

Los científicos están investigando las causas exactas de esta disminución. El nivel de hielo se ha convertido en un indicador crítico a seguir para la comprensión de la salud del océano Austral y sus

ecosistemas. La delgada capa de hielo marino de este año, 2024, sometida a aislamiento, frío extremo y fuertes vientos, dificulta aún más el trabajo de los investigadores.

En resumen, la Antártida está experimentando en algunas regiones una reducción histórica en su hielo marino y sus capas de hielo. Comprender estas tendencias es fundamental para abordar el desafío del cambio climático.

3.1. La importancia de los tipos de hielo antártico y sus formas

La descripción del hielo antártico está vinculada a la formación, comportamiento e importancia de las dos grandes clases de hielo presentes: el hielo continental y el hielo marino (Sánchez, 2007).

3.1.1. El hielo continental

Como estamos hablando de agua, es útil recordar que el balance de agua del sistema depende de la relación entre carga y descarga del sistema hidrológico. En el caso del hielo antártico, la recarga se conforma casi exclusivamente por las precipitaciones en forma de nieve y por su acumulación y preservación. La descarga del sistema se da por la fusión del hielo debida a la acción de los rayos solares o por desprendimiento de témpanos en la línea de costa (Martinioni y López, 2022).

Para que el hielo se forme en el continente, es necesario que la nieve caída sobreviva de un invierno al siguiente. Es por esa razón que las masas de hielo continental solo pueden formarse en áreas cuya temperatura media anual sea inferior a 0 °C. Por otro lado, también resulta necesario que las precipitaciones sean suficientes para que la acumulación de nieve se produzca. En ese proceso, la topografía también juega un papel: a mayor altitud, menores temperaturas y mayores probabilidades de precipitación con acumulación nívea.

Como bien lo ejemplifica Sánchez (2007), la isla Marambio, ubicada en el mar de Weddell, con una altura máxima de alrededor de 200 metros, se halla completamente libre de glaciares, mientras que sus vecinas James Ross y Cerro Nevado, ubicadas a pocos kilómetros de distancia pero con alturas que superan los 1.000 metros, presentan un desarrollo glaciario considerable.

Desde el punto de vista morfológico, existen tres tipos de hielo continental en la Antártida:

1. Calotas o domos glaciarios
2. Plataformas de hielo o barreras de hielo
3. Glaciares de valle o alpinos

Calotas o domos glaciarios

Son grandes masas de hielo, de hasta 4000 metros de espesor, que cubren cualquier relieve previo y fluyen, por efecto de la gravedad, hacia sus márgenes a partir de su máximo espesor. El peso del hielo deforma la masa de hielo subyacente, que comienza así a fluir. Las masas de hielo con base húmeda alcanzan mayores velocidades, sobre todo cerca de las costas, donde la pendiente suele ser mayor. De esa forma, la rápida deformación del hielo lleva a la formación de enormes grietas, de donde se desprenden grandes bloques de hielo. Si esto ocurre sobre la línea de la costa, dichos bloques dan lugar a la formación de témpanos (icebergs), que luego derivan en el mar por efecto de las corrientes.

Plataformas o barreras de hielo

Estas son mantos flotantes de hielo alimentados por las extensiones de las calotas o domos glaciarios y por acumulación de nieve en su superficie. El hielo flota porque es menos denso que el agua de mar. Dichas plataformas de hielo pueden alcanzar profundidades de 100 a

600 metros por debajo del nivel del mar y asomar hasta 50 metros por encima de él, formando barreras que obstruyen el acceso directo al continente desde el mar.

Este dato resulta de suma importancia, ya que aproximadamente un 47% de la línea de costa antártica está ocupado por plataformas de hielo de diversa magnitud, formando un contorno alrededor del continente. Así, en los dos grandes golfos antárticos, el mar de Ross y el mar de Weddell, el desarrollo de las plataformas de hielo alcanza su máximo nivel. Sobre el mar de Ross se despliega la plataforma de hielo homónima, mientras que en el mar de Weddell coexisten tres grandes plataformas: la de Ronne, la de Filchner y la de Larsen.

En dichas formaciones, el agua de mar y la plataforma de hielo continental entran en contacto en su base y en el frente sumergido. Si el agua de mar es suficientemente templada, la plataforma se funde en su base, por lo que aporta agua dulce al océano. Esta agua de mar diluida, con menor salinidad relativa, finalmente contribuye a la formación de una masa de agua conocida como **corriente antártica de fondo**, presente en las máximas profundidades del mar en torno a la Antártida (Martinioni y López, 2022).

A medida que aumenta el conocimiento sobre las consecuencias del cambio climático global, los glaciólogos especializados en la Antártida se han ido enfocando en el tema de la estabilidad de las plataformas de hielo, especialmente en la región de la península Antártica, cuyo retroceso continuo podría constituir un claro indicador de aquel fenómeno.

Para esta región, las últimas dos décadas del siglo XX han probado ser las más cálidas del último siglo, y tal vez, según datos obtenidos de testigos de hielo, las de más altas temperaturas en los últimos 500 años. Lo preocupante es que dicha tendencia se ha mantenido durante las primeras décadas de este siglo, con registro de temperaturas máximas récord.

Dichos incrementos de temperatura han generado cambios significativos en el volumen y la superficie de los glaciares y de las plataformas de hielo de esa región. El caso más sorprendente, por su magnitud y velocidad, es la desintegración del sector norte de la barrera de hielo Larsen, la mayor de toda la península Antártica, ubicada en su margen nororiental. Entre 1975 y 2002, dicho sector de la barrera se redujo en 12.260 km², de lo cual un 92 % se perdió entre 1992 y 2002.

La pérdida de estas masas de hielo en las plataformas provoca asimismo la aceleración de la velocidad con la cual los glaciares tributarios fluyen hacia ellas, lo que hace que la descarga de hielo hacia el mar proceda con mayor rapidez y dé lugar a un gradual retroceso de estos glaciares. La desintegración de estas porciones de plataformas de hielo ha causado no solamente una alteración profunda en la geografía de la península Antártica, modificando su línea de costa, sino que dejó al descubierto nuevas superficies con exposición aérea y/o submarina que podrán ser ahora colonizadas por la vida vegetal y animal. Todo ello ha provocado, además, una alteración en el balance y proporciones entre el agua contenida en el hielo continental de la Antártida y las aguas marinas circundantes, de cuyas posibles consecuencias y efectos se conoce aún muy poco.

Glaciares de valle

Este tipo de hielo continental representa un porcentaje menor del total del hielo antártico y se halla mejor representado en la península Antártica. Estos glaciares son la principal fuente de hielo en las islas subantárticas² y potentes agentes erosivos que ayudan a formar el paisaje. Las geoformas de acumulación típica de los glaciares de valle,

² Las islas subantárticas son las islas ubicadas en los mares que rodean la Antártida.

también llamados alpinos, son las morenas, acumulación caótica de material muy poco seleccionado, removido y arrastrado por acción de los glaciares en su recorrido entre el circo, zona de acumulación en la cabecera de un glaciar de montaña, y la zona de depósito.

Los témpanos

Las porciones terminales de los glaciares (de barrera, calota o de valle) que se desprenden sobre la línea de costa del mar o de un lago conforman los témpanos o icebergs.

En el espacio oceánico, una vez a la deriva, los témpanos navegan con las corrientes marinas y, a medida que se dirigen hacia zonas más septentrionales, se disgregan hasta fundirse por completo. Su tamaño puede ser muy variable, dependiendo de su proveniencia. Los grandes témpanos de forma tabular, de hasta 50 metros de altura emergida, son producto de la desintegración de las plataformas de hielo. Su espesor sumergido puede llegar ser hasta 8 a 9 veces mayor que lo que emerge, y dado que la fusión de los témpanos se produce por debajo de la línea de flotación, es habitual que, cuando la fusión de la parte basal alcanza un punto determinado, se muevan y giren por los desplazamientos del centro de gravedad en el témpano, hasta voltearse y mostrar su parte sumergida.

Iceberg del tipo tabular



FOTO: MARIANO AGUAS.

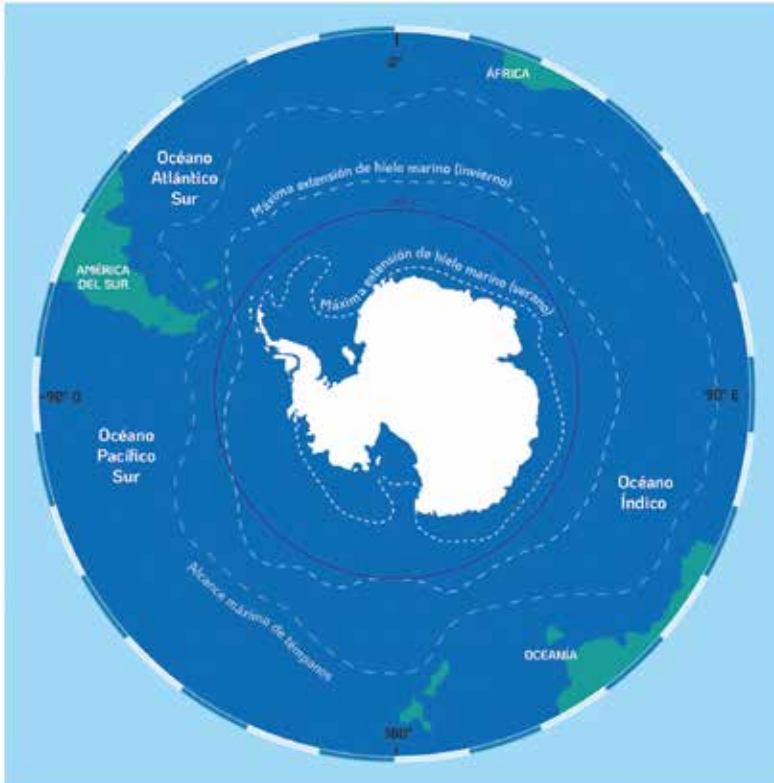
3.1.2. El hielo marino

A partir de la línea de la costa, el mar antártico se congela cada invierno y se forma una gran superficie de hielo, de hasta un metro de espesor promedio, que llega a igualar la superficie continental y que se funde parcialmente en el verano siguiente. Por ello, el área cubierta por el hielo marino es variable según la estación considerada: comienza a formarse lentamente en marzo, alcanza su máximo desarrollo en agosto-septiembre, para luego destruirse rápidamente. En febrero, la masa de hielo marino ocupa unos 3 a 4 millones de km^2 , mientras que para octubre llega a cubrir unos 20 millones de km^2 de superficie marina.

El espesor del hielo marino, aun cuando solo alcanza unas decenas de centímetros de espesor, reduce significativamente la cantidad

de luz solar que penetra en el mar. Ese proceso hace que la ausencia de luz limite el crecimiento del fitoplancton y dé lugar a una marcada estacionalidad en los ciclos de vida de las aguas de los océanos que rodean la Antártida. **La presencia del hielo marino actúa como aislante y reduce la transferencia de calor entre el océano y la atmósfera, lo cual mantiene la atmósfera fría y seca.** A medida que el hielo marino se funde, la temperatura del mar disminuye. Asimismo, la mayor o menor extensión del hielo marino redundará en el mayor o menor grado en el cual se manifiesta el efecto albedo, responsable del balance entre la energía solar recibida y efectivamente absorbida sobre la región antártica, con la consecuente influencia sobre su clima (Martinioni y López, 2022). Por lo tanto, la incidencia de la formación de hielo marino en la transferencia de energía no solo resulta crítica para la temperatura de las aguas antárticas y subantárticas, sino también para el desarrollo de sus ecosistemas. El hielo marino que se forma en la Antártida se diferencia de muchas maneras del hielo marino formado en el Ártico. Ahora bien, tanto en el Ártico como en la Antártida, el hielo marino, contrariamente a lo esperable, posee baja salinidad. En el proceso de congelamiento del agua de mar, la sal contenida en ella es expulsada y disuelta en el agua circundante. Si el hielo así formado logra sobrevivir hasta el invierno siguiente, lo cual, como ya se ha visto, es mucho más probable en el caso del Ártico, el proceso de desalinización prosigue, lo que da como resultado hielo cada vez más dulce.

Máximas extensiones del hielo marino para verano y para invierno, y límite máximo de alcance de témpanos



El área cubierta por el hielo marino es variable según la estación considerada: comienza a formarse lentamente en marzo, alcanza su máximo desarrollo en agosto-septiembre, para luego destruirse rápidamente. En febrero, la masa de hielo marino ocupa unos 3-4 millones de km², mientras que para octubre llega a cubrir unos 20 millones de km².

Fuente: Martinioni y López, 2022.

El estudio de las tendencias climáticas en el continente antártico se ha convertido en un tema de vital interés para la ciencia, a fin de predecir cambios climáticos a escala planetaria y sus posibles

consecuencias sobre la vida en la Tierra. Una de ellas es la alteración de una función primordial que cumple el océano: *el secuestro de carbono biológico*.

Hay evidencias de que, por efecto del cambio climático, en algunas regiones la superficie del hielo marino resulta ser menos extensa. Este proceso trae aparejado un menor desarrollo de la comunidad de organismos fotosintéticos (fitoplancton) asociados al hielo marino antártico, con la consecuente disminución del secuestro de dióxido de carbono ambiental y su posterior eliminación, parcial pero casi definitiva, del sistema como componente de los sedimentos del fondo marino. **Este proceso natural, llamado bomba biológica, conforma uno de los mecanismos más importantes de regulación del equilibrio de dióxido de carbono entre la atmósfera y el mar**, y puede verse perjudicado en gran medida y provocar el incremento del efecto invernadero (elevada concentración de dióxido de carbono atmosférico), como resultado de una disminución en la productividad de los océanos que rodean el continente antártico.

3.2. La vida silvestre en la Antártida

La flora y la fauna presentes en la Antártida, como así también las relaciones ecológicas que mantienen entre sus poblaciones, *con su inconfundible sello marítimo*, son el resultado del aislamiento geográfico ocurrido a partir del devenir geológico del planeta y su posterior emplazamiento. La Antártida presenta una fauna y una flora relativamente reducidas en número de especies, aunque en muchos casos con una elevada cantidad de individuos. Se destaca porque no hay árboles ni mamíferos terrestres, tampoco reptiles, anfibios, ni peces de agua dulce. La particularidad y el principal valor de muchas de las especies antárticas residen en su alto grado de endemismo, lo que equivale a decir que su distribución se restringe a esa región, y en su capacidad

para desarrollarse y reproducirse en condiciones ambientales extremadamente rigurosas.

Las especies que habitan en la Antártida han desarrollado métodos únicos y complejos para sobrevivir en condiciones tan adversas. Buena parte de la vida en ese continente ocurre en tierra a lo largo de las costas y/o sobre el hielo, pero principalmente esta se desarrolla en el espacio que corresponde a la plataforma continental. Son muy escasos los organismos que han logrado colonizar el interior, para lo cual han debido desarrollar estrategias extremas y rigurosas. Prácticamente todos los ecosistemas que se desarrollan en la región antártica son marinos, considerando que **la fuente de energía de la que se nutren proviene casi exclusivamente del mar**. En tierra firme, la vida se manifiesta con intensidad durante los meses de primavera y verano, cuando muchas de las aves y las focas retornan al ámbito terrestre para completar su ciclo vital, particularmente durante la etapa de reproducción y cría. Recordemos que, si bien la Antártida tiene aproximadamente 14.000.000 de km² de superficie, solo un 1 a 2% de esta se encuentra libre de hielo durante el verano austral. En los sectores sin hielo permanente, localizados sobre todo en la franja costera, se registra una notable variedad de musgos, líquenes, hongos, protozoos, insectos y ácaros, algunos otros grupos de animales y un mínimo de plantas vasculares. Los lagos, que se congelan durante el invierno y se descongelan en verano, albergan numerosas especies de algas microscópicas, protozoos y crustáceos.

3.2.1. Vida marina

La mayor parte de los organismos presentes en estas latitudes viven en el ambiente marino. Algunos habitan las capas oceánicas superficiales y como su capacidad de desplazamiento no resulta suficiente para oponerse a las corrientes marinas, terminan siendo transportados por los movimientos de las masas de agua. Este es el caso del plancton, comunidad que incluye desde organismos microscópicos, como

bacterias, algas unicelulares y protozoos, hasta organismos detectables a simple vista, como diversos crustáceos (incluidos el kril y los copépodos) y las salpas. Otros animales acuáticos de mayor tamaño, en cambio, tienen la capacidad de oponerse al movimiento de las corrientes y constituyen el **necton**³, que es la comunidad de organismos nadadores activos, como peces, pingüinos y mamíferos marinos, así como calamares. Por último, se encuentra el **bentos**, grupo de organismos que dependen del fondo marino para su supervivencia y que pueden vivir a muy distintas profundidades: entre ellos, las macroalgas, los moluscos bivalvos, los erizos y las estrellas de mar, los nemertinos y algunos peces. La distribución de estos organismos bentónicos depende de las características del fondo, que puede ser rocoso, arenoso o fangoso, y se caracteriza por ser, respectivamente, un sustrato duro, firme o blando. Una particularidad que presentan algunas esponjas, crustáceos y arañas bentónicas antárticas es el gigantismo.

Como se dijo, en la Antártida la mayor parte de los seres vivos viven del mar o de algo que vive en el mar. Así forman la red trófica⁴ (cadena de alimentación) a partir de la siguiente escala:

LOS PRODUCTORES PRIMARIOS

DE PRIMER NIVEL: zooplancton (mayormente kril), que se alimentan de productores primarios, es decir, de fitoplancton, del sol y de nutrientes para crecer.

DE SEGUNDO NIVEL: organismos que básicamente se alimentan de zooplancton.

3 El nombre colectivo necton se aplica al conjunto de los **organismos que nadan activamente en las áreas acuáticas**.

4 La **estructura trófica** se refiere a la clasificación de los organismos en un ecosistema según su fuente de energía y su consumo de alimentos. Representa las relaciones entre las especies en términos de quién se alimenta de quién.

DE TERCER NIVEL: organismos que se alimentan de todos los anteriores pero también son presa de otros del nivel superior.

DE ÚLTIMO NIVEL O PREDADORES TOPE: organismos que compiten entre sí y se alimentan de todos los anteriores pero no son presa de estos, como la orca.

PLANCTON

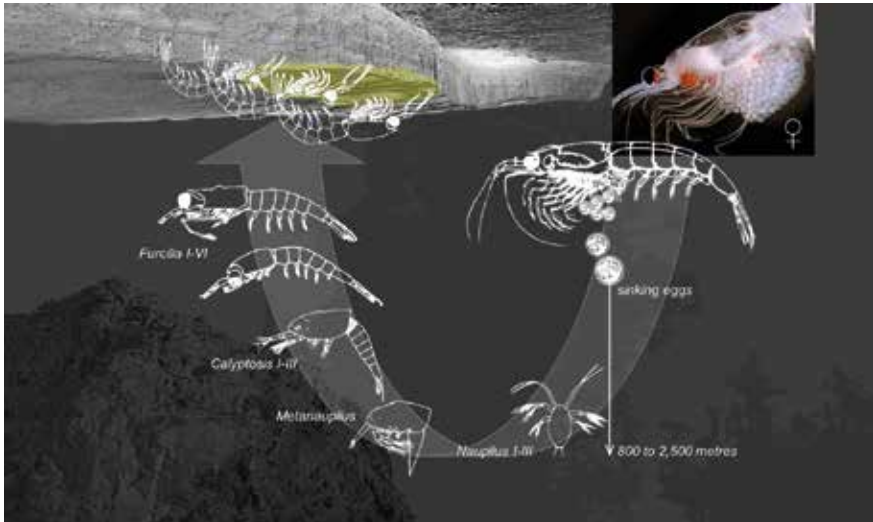
La vida en los océanos y en los lagos depende del desarrollo de algas unicelulares microscópicas que en conjunto se conocen como fitoplancton. Estas microalgas viven principalmente en la columna de agua, pero también suelen encontrarse en gran número asociadas al hielo. Las aguas circundantes a la península Antártica y a las islas Shetland del Sur y Orcadas del Sur son muy ricas en producción de fitoplancton, en particular en las zonas de contacto entre el hielo marino y el mar abierto, donde se produce el ascenso de aguas más templadas desde zonas más profundas y abundantes en nutrientes. Si bien la falta de luz durante el invierno limita su desarrollo, la compleja estructura alimenticia del ambiente antártico perdura aun en estas condiciones tan desfavorables porque, a medida que comienza la formación del campo de hielo marino, el fitoplancton que flota en los niveles superficiales del agua va quedando atrapado dentro del hielo. El kril antártico⁵ (*Euphasia superba*), que se congrega bajo el hielo en busca de alimento y refugio, utiliza su aparato filtrador para retener las algas flotantes primero y para rasparlas y extraerlas del hielo luego, lo cual le permite sobrevivir y mantener activa la trama trófica. Los huevos de

5 Kril es el nombre genérico que se utiliza para describir un orden de pequeños crustáceos llamados eupáusidos, parecidos a un pequeño camarón. Existen unas 80 especies diferentes a nivel mundial, de las cuales 7 viven en las aguas alrededor de la Antártida. La especie más abundante es conocida como "kril antártico", cuyos individuos pueden alcanzar 6 cm de longitud y vivir hasta 11 años.

kril se sumergen a profundidades de 1000 m, ingresan al agua profunda circumpolar para protegerse de los predadores. Luego de que los huevos de kril eclosionan, los individuos experimentan una serie de cambios corporales, pasando por diversos estadios larvarios, mientras se alimentan de la yema de su saco. Cuando han alcanzado la superficie, tienen bien desarrolladas las partes de su boca y comienzan a alimentarse del fitoplancton. Al llegar la primavera, el hielo marino comienza a fundirse. El fitoplancton, microalgas planctónicas que sobrevivieron encerradas en el hielo durante el invierno, varias esporas y quistes de otros organismos, siembran la superficie del mar, donde encuentran las condiciones necesarias para su desarrollo: la luz solar y los nutrientes que, por acción del viento y de la circulación oceánica, son desplazados desde las aguas profundas hacia las superficiales. El resultado de este proceso es una verdadera explosión de fitoplancton, sobre todo en la franja costera y en la zona del borde del campo de hielo. Como consecuencia, el kril dispone de abundante alimento para su crecimiento y reproducción, aumenta su número a niveles muy elevados y satisface así las necesidades de los demás eslabones de la cadena alimenticia. Según la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), en esta región hay aproximadamente 389 millones de toneladas de kril, el equivalente al 40% de la masa del ganado del planeta.

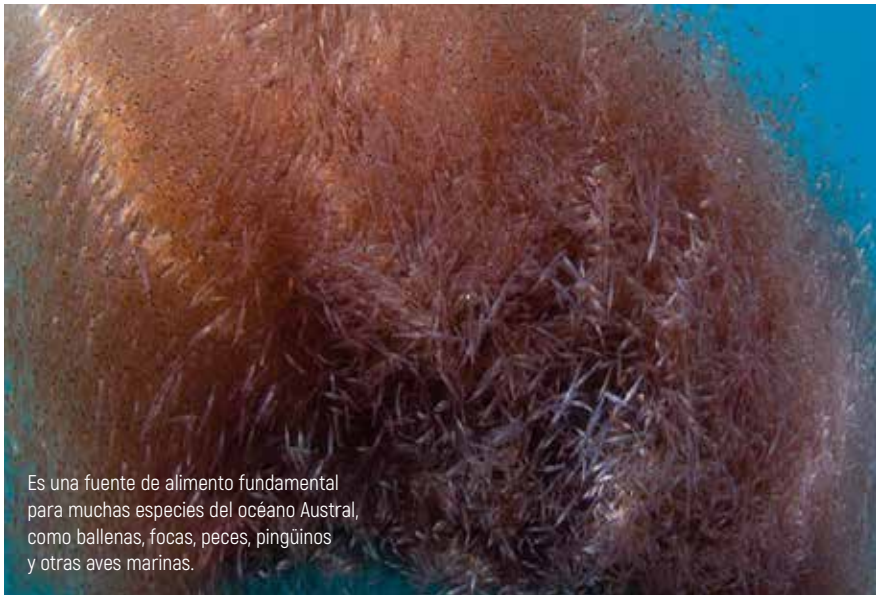
Además del kril, hay otros organismos planctónicos que juegan un papel clave en la cadena trófica, como las salpas, que en algunas oportunidades pueden ser tanto o más numerosas que el kril y compiten con este por el fitoplancton. La alternancia en el predominio de uno u otro grupo afecta en forma periódica toda la estructura trófica antártica.

El ciclo del kril



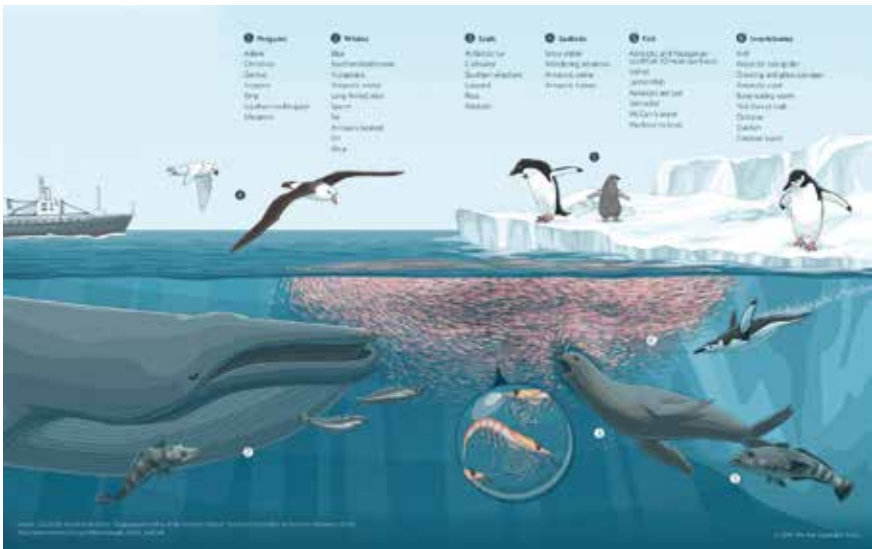
Gentileza del Dr. Rodolfo Werner.

El kril antártico



Gentileza Pew Foundation.

El kril en la cadena alimenticia



Gentileza Pew Foundation.

LOS PECES ANTÁRTICOS

La plataforma submarina en la Antártida carece de hábitats amplios y de aguas poco profundas, como estuarios y rías, que en otras latitudes más templadas suelen albergar una gran biodiversidad ictícola. Las aguas antárticas albergan unas 300 especies de peces. Si bien este número es relativamente bajo, si se lo compara con el total de especies de peces que han sido registradas en los océanos del mundo (unas 25.000), cabe destacar que la gran mayoría son endémicas y pertenecen al grupo de los nototénidos. Los peces antárticos presentan importantes adaptaciones fisiológicas que les posibilitan vivir en aguas muy frías, como la presencia de glicoproteínas y una baja concentración de hemoglobina en sangre, lo cual les permite bajar el punto de congelación. Algunos, incluso, no poseen hemoglobina y son conocidos como peces de hielo. Otros carecen de vejiga natatoria, órgano que regula la

flotabilidad, y están adaptados para vivir asociados al fondo marino, tanto en aguas costeras como profundas. Entre los que habitan las profundidades marinas está la codiciada **merluza negra** (*Dissostichus eleginoides*), un nototénido de comportamiento demersal (bentónico) de aguas antárticas y subantárticas *que se encuentra entre las especies sometidas a intensa actividad pesquera*. Las áreas de mayor concentración de peces corresponden al cuadrante Atlántico de las aguas próximas a la zona de convergencia, alrededor de las plataformas de las islas del mar de Scotia, Georgias del Sur y Sandwich del Sur.

LOS RECURSOS VIVOS MARINOS

Algunas especies de peces, calamares y el kril son hoy objeto de explotación comercial en las aguas antárticas y en sus proximidades. El delicado equilibrio ecológico que existe en este ecosistema tan poco diverso y de condiciones tan extremas, sumado al hecho de que resulta especialmente dificultoso controlar a las empresas pesqueras que operan en la zona, dio lugar a la firma en 1980 de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA o CCAMLR en inglés), con el objetivo de conservar estos organismos marinos, salvaguardar el medioambiente y proteger la integridad de los ecosistemas antárticos. Para ello, y sobre la base de información científica, se establecen medidas de conservación pertinentes, prestando especial atención a las especies antárticas sometidas a explotación. Dos claros ejemplos de especies amenazadas por las actividades pesqueras son la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) y el kril. La merluza negra no solo es una de las especies de peces nototénidos más grandes, sino que su carne es muy codiciada por su alto valor en el mercado. Con respecto al kril, la biomasa circumpolar de estos organismos se ha calculado en 155 millones de toneladas, quizás mayor que la de cualquier otra especie animal. Si bien esta denominación incluye siete especies de crustáceos eufáusidos, son

dos de ellas (*Euphausia superba* y *Euphausia crystallorophias*) las que están sometidas a una intensa pesca comercial y deben, por eso, ser controladas. Para mitigar los efectos de la pesca y del cambio climático en el seno de la CCRVMA, varios países, entre ellos la Argentina y Chile, han propuesto la creación de una red de Áreas Marinas Protegidas para la conservación del ecosistema.

3.2.2. Las aves marinas

El hecho de que el continente antártico tenga en promedio elevadas alturas, esté barrido por fuertes vientos y tenga una gran cobertura de hielo y nieve hace que el lugar disponible para anidar sea muy escaso. Esto, sumado a la carencia de alimento en el interior del continente, determina, en primer lugar, que las especies de aves antárticas sean esencialmente marinas, con hábitats restringidos casi exclusivamente a las costas del continente y a las regiones insulares y, en segundo lugar, que su presencia en la Antártida sea mayormente estacional, circunscripta al período de reproducción. En invierno, cuando el mar se congela, las oportunidades de obtener alimento se restringen enormemente y, en consecuencia, las aves deben abandonar el hábitat antártico y migran hacia otras latitudes menos frías. En este contexto, si bien las aves marinas también presentan poca diversidad, el número de individuos por especie es muy elevado. Se destacan el cormorán antártico, la gaviota cocinera, el gaviotín antártico, la paloma antártica y la escúa, en tanto que, además de albatros y petreles, se pueden hallar cinco especies de pingüinos que anidan en la región antártica: de Adelia, barbijo, papúa, macaroni y emperador.

PINGÜINOS

Sin lugar a duda, los pingüinos son los animales más representativos de la Antártida; han sido utilizados en innumerables ocasiones como emblema del continente. Si bien en la Antártida e islas subantárticas es

donde habita la mayor cantidad de individuos, los pingüinos están distribuidos en todos los océanos del hemisferio sur e incluso llegan hasta latitudes tropicales. Son aves marinas no voladoras, pertenecientes a la familia *Spheniscidae*, la cual comprende 17 especies.

Las cinco especies antárticas poseen una estructura física similar (con excepción del pingüino emperador) y plumaje corporal idéntico, negro sobre el dorso y blanco en el vientre. Las diferencias más notorias entre estas especies se hallan en la morfología de las cabezas: la cresta amarilla identifica al macaroni; los parches auriculares naranjas, al emperador; el pico rojo y la vincha blanca, al papúa; la línea negra por debajo del maxilar, al barbijo; y la cabeza completamente negra, al de Adelia.

3.2.3. Los mamíferos marinos

Las aguas antárticas albergan varias especies de pinnípedos y cetáceos y dan refugio a muchas otras que llegan a la región para alimentarse o reproducirse.

FOCAS

Las focas y los lobos marinos son mamíferos adaptados a la vida acuática, con cuerpos elongados y sin proyecciones, formas elipsoidales que se adelgazan hacia la cola, y con extremidades en forma de aletas (por lo cual las focas son también llamadas pinnípedos). Sus adaptaciones a la vida en el agua, sin embargo, no son completas, dado que aún deben completar algunos de sus ciclos en tierra o simplemente fuera del agua, principalmente la parición, la cría y la muda. Entre los pinnípedos se destacan los fócidos, como el elefante marino del sur, la foca leopardo y las focas de Weddell, de Ross y cangrejera. También los otáridos, cuyas poblaciones más numerosas son las de los lobos marinos antártico y subantártico. Tal como ocurre con los pingüinos y otras aves, estos animales dependen del medio marino para su

alimentación y del ambiente terrestre (incluso del hielo marino) para reproducirse, cambiar el pelaje o alimentar a las crías.

CETÁCEOS

A diferencia de los pinnípedos, los cetáceos pasan toda su vida en el medio marino. En las aguas antárticas es posible encontrar dos grandes grupos de ballenas: las ballenas sin dientes o barbadas (misticetos) y las ballenas con dientes (odontocetos). Las primeras están representadas por los rorcuales: la ballena jorobada o yubarta; ballenas de aleta, minke, sei y azul (uno de los animales más grandes que hayan existido en el planeta; alcanza los 30 m de longitud, pesa hasta 200 toneladas y puede consumir hasta 4 toneladas diarias de kril). Se alimentan casi exclusivamente de kril, el cual filtran a través de unas láminas córneas (barbas) formadas por queratina que cuelgan desde sus maxilares superiores (de allí el nombre de barbadas). Cuando emergen fuera del agua, los diferentes grupos de ballenas sin dientes se identifican por sus aletas. Los rorcuales poseen grandes aletas laterales y aletas dorsales pequeñas y adiposas. La ballena jorobada desarrolla aletas pectorales de gran tamaño (hasta 5 metros). Entre las ballenas dentadas, sus representantes más conspicuos son el cachalote, que consume peces y calamares, y la orca, uno de los predadores más eficaces de las aguas antárticas, cuya dieta incluye todo tipo de presas, inclusive peces, pingüinos y otros mamíferos. También se encuentran el delfín piloto y los zífidos.

4. Conclusión

Como hemos visto, el continente antártico y sus mares circundantes son, por un lado, un gran regulador del clima del planeta y, por el otro, una reserva importante de agua dulce y recursos naturales en el seno de un ecosistema complejo y frágil, ligado fundamentalmente a la vida en el mar.

Dichas características ponen de manifiesto la importancia del rol que juega **el hielo antártico** en sus diferentes formas. Por esa razón, en esta apretada y necesariamente incompleta síntesis sobre un tema muy complejo hemos querido poner el acento sobre sus características e interacción con el cambio climático.

A los efectos de los cambios producidos por dicho fenómeno, debemos agregar hoy en día otra nueva amenaza que enfrenta la naturaleza antártica, **la presencia de micro y nano plásticos** que llegan de los océanos del mundo y que fueron detectados no solo en el hielo sino también en el kril y otros animales, lo cual abre todo un nuevo desafío de concientización a nivel global.

A pesar de ese panorama complejo, contamos con tres herramientas poderosas para hacerle frente: la ciencia, la cooperación política representada en el Sistema del Tratado Antártico⁶ y la mayor conciencia de la sociedad civil a nivel global.

Referencias

- Arrébola, S. y Jacobs, S. (2015). *Antártida. Descubriendo el último continente*. Editorial Südpol.
- Atienza, J. (2021). "Por qué es tan importante proteger la Antártida (y sus mares)", *Revista Ethic*, octubre 2021.
- Barros, V., & Camilloni, I. (2020). *La Argentina y el cambio climático: de la física a la política*. Eudeba.
- Martinioni, D., López Belsué M. (2022). *Antártida. Una mirada argentina desde la perspectiva fueguina*. Museo Marítimo de Ushuaia.

6 El ejemplo de Argentina y Chile y su trabajo conjunto para la propuesta de un Área Marina Protegida en la Península Antártica representa uno de los mejores ejemplos de buena política al respecto.

El ecosistema antártico y el cambio climático. Un rompecabezas complejo

Organización de las Naciones Unidas. "¿Qué es el cambio climático", <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>.

Sánchez, R. A. (2007). *Antártida: introducción a un continente remoto*. Editorial Albatros.

Shepherd, A., Ivins, E., Rignot, E., Smith, B., van den Broeke, M., Velicogna, I., ... & Wouters, B. (2018). "Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017". *Nature*.

Áreas Marinas Protegidas en la Antártida: ¿qué está haciendo la Argentina para contribuir a la conservación del mar?

Mercedes Santos¹ y Dolores Deregibus²

ARGENTINA

RESUMEN

La península Antártica es una de las áreas más productivas de los océanos australes. Sin embargo, los ecosistemas de esta región son objeto de múltiples impactos –debido a diferentes actividades antrópicas como la pesquería y el turismo– y sensibles a los efectos del cambio climático. Desde el año 2017 Argentina y Chile proponen el establecimiento de un Área Marina Protegida (AMP) en la península Antártica Occidental y el sur del Arco de Scotia ante la Convención

1 Licenciada en Biología y doctora en Ciencias Naturales por la Universidad Nacional de La Plata. Investigadora en el Instituto Antártico Argentino (IAA). Ex directora nacional de Áreas Marinas Protegidas de la Administración de Parques Nacionales de la Argentina. Fue líder del programa de monitoreo de pingüinos (CEMP-CCRVMA) y vicepresidenta del Comité Científico de la CCRVMA.

2 Licenciada y doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Investigadora del Departamento de Biología Costera de la Coordinación de Ciencias Físico-Químicas e Investigaciones Ambientales del IAA. Participa del Programa Estado del Ecosistema Antártico (AntEco) del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR).

para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCR-VMA). A lo largo del desarrollo de la propuesta de AMP, la prioridad se centró en utilizar mecanismos para mantener un proceso abierto, colaborativo y transparente, y en llevar a cabo un trabajo iterativo entre los proponentes y las partes interesadas, realizando modificaciones en función de sus aportes para garantizar la salvaguardia de la biodiversidad y el uso racional de los recursos. Asimismo, durante los últimos años se avanzó en el mapeo de esfuerzos y potencialidades de investigación sentando las bases para el desarrollo de un plan de investigación y seguimiento para la AMP propuesta. En un contexto de cambio climático notorio e intensificación de las actividades humanas en la península Antártica, la Argentina propone soluciones basadas en ciencia para abordar la conservación del ecosistema marino antártico. En este sentido, nuestro enfoque busca incluir los intereses de todos los países miembros de la CCRVMA.

1. Introducción

Los ecosistemas marinos polares tienen importancia a nivel ecológico, dado que albergan una biodiversidad única, sostienen comunidades autóctonas y juegan un rol clave en los procesos climáticos que regulan el clima a nivel mundial, ya que intervienen en el intercambio de carbono y calor con la atmósfera (Chown et al., 2015; The SO-CHIC consortium et al., 2023). Por otra parte, son áreas donde se desarrollan actividades de interés científico y económico, como las pesquerías y el turismo. Estas actividades a nivel local, sumadas a los efectos del cambio climático a nivel regional, provocan una creciente preocupación acerca del estado de salud de los ecosistemas. En un escenario futuro donde se prevé que las presiones globales sobre los ecosistemas marinos se intensificarán, con nuevas industrias que competirán por el acceso a los recursos

y al espacio en las regiones costeras y marinas (Elliott et al., 2019), es imprescindible adoptar medidas de conservación más eficientes, flexibles y dinámicas.

En este artículo abordamos el trabajo realizado por la Argentina para el establecimiento de un Área Marina Protegida en el llamado Dominio 1 de la CCRVMA (específicamente en la península Antártica Occidental y el sur del Arco de Scotia). La importancia de proteger el Dominio 1 ha sido ampliamente discutida en la última década y ha suscitado el interés de la comunidad más allá de los actores del Sistema del Tratado Antártico. Si bien existen algunas voces en contra, la evidencia científica sostiene que el establecimiento de una red de AMP puede desempeñar un papel importante en la creación de resiliencia ecológica de las especies y de los distintos hábitats frente al cambio climático antes de que se produzcan pérdidas significativas de biodiversidad, al minimizar los impactos producidos por la pesca y por la pérdida del hábitat (Micheli et al., 2012; Roberts et al., 2017).

11. El cambio climático en la Antártida

La península Antártica Occidental (PAO) está sujeta a cambios ambientales continuos como consecuencia del cambio climático antropogénico (IPCC GTI, 2021; Constable et al., 2023). En esta región se ha registrado uno de los calentamientos más rápidos de la Tierra, con aumentos significativos en la temperatura de la superficie del mar y disminuciones importantes en la duración y extensión del hielo marino, cambios en las frecuencias de las precipitaciones y cambios en el régimen de los vientos, como así también el colapso de las plataformas de hielo y el derretimiento de los glaciares (Ducklow et al., 2013; Cook et al., 2016; Chown et al., 2022). Asimismo, estudios recientes reportan y predicen un aumento en la frecuencia e intensidad de los

eventos extremos que alterarán profundamente los ecosistemas en las próximas décadas (Robinson, 2022; Siegert et al., 2023).

El calentamiento experimentado en la región produjo cambios en la dinámica del hielo marino. La evidencia reciente demuestra que esta situación no es solo producto del calentamiento atmosférico, como se pensó originalmente, sino también del calentamiento de aguas oceánicas profundas, asociadas a la intromisión de la corriente Circumpolar Antártica en la plataforma de la península Antártica Occidental (Cook et al., 2016). Un aspecto sorpresivo del cambio climático regional es la magnitud del impacto que puede ocasionar un cambio relativamente pequeño en la temperatura. El aumento de unos pocos grados en la temperatura del aire produce un incremento en la temperatura del océano que puede causar significativos cambios hidrológicos y afectar tanto el ambiente físico como los organismos. El aumento del agua fresca por el derretimiento de los glaciares produjo cambios estacionales en el fitoplancton y, en consecuencia, en el zooplancton marino (Moline et al., 2008). Además, la disminución del hielo marino durante el invierno ha modificado la variedad y composición del fitoplancton, que favorece la proliferación de las salpas en detrimento del kril, lo cual afecta particularmente los estadios juveniles. No obstante, las causas que mejor podrían explicar los cambios en la abundancia del kril son objeto de debate (Kawaguchi et al., 2023).

El impacto de los múltiples factores de estrés y sus efectos sinérgicos podrían convertirse en una amenaza significativa para las poblaciones de kril en los océanos australes. Debido al rol fundamental que esta especie ocupa en el ecosistema antártico, los efectos negativos del cambio climático podrían extenderse hacia el resto de la cadena trófica y, en consecuencia, hacia todo el ecosistema. Por ejemplo, la distribución del kril se ha contraído más hacia el sur de la PAO, lo que podría aumentar las interacciones entre la pesca y los predadores y,

por ende, intensificar los impactos sobre los ecosistemas en esta región (Kawaguchi et al., 2023).

Las especies que viven en Antártida están altamente adaptadas a condiciones extremas, por lo cual los cambios en las condiciones físicas pueden generar pérdida o ganancia de hábitats críticos (como por ejemplo el territorio utilizado durante su reproducción), contracción y/o redistribución de especies, y también condiciones plausibles para la llegada y asentamiento de especies invasoras (Morley et al., 2020; Duliere et al., 2022). En particular, se han identificado ciertas especies de predadores especialmente sensibles al cambio climático en términos de abundancia y distribución, como por ejemplo el pingüino emperador (*Aptenodytes forsteri*), que depende directamente de la cobertura del hielo marino para su reproducción (Fretwell et al., 2023). Asimismo, por razones multicausales como la reducción del hábitat de invierno como consecuencia de una disminución de la duración y extensión del hielo marino, cambios en la distribución de sus presas principales y el aumento de la variabilidad ambiental local, se han registrado importantes disminuciones en las poblaciones de pingüino de Adelia (*Pygoscelis adeliae*), pingüinos barbijo (*Pygoscelis antarctica*) y lobo marino antártico (*Arctocephalus gazella*) durante las últimas décadas (Juárez et al., 2013; Krüger et al., 2021; Krause et al., 2022; Talis et al., 2023).

1.2. Actividades humanas

1.2.1. El turismo en la Antártida

El turismo y la pesca son actividades comerciales reconocidas y legitimadas por el Tratado Antártico. En la década del 90 las actividades turísticas experimentaron un crecimiento notable tanto en el número de personas como en los sitios visitados, y en la frecuencia de los desembarcos realizados. En 1993-1994 el número de turistas

fue de 5.000, mientras que para la temporada 2022-23 ascendió a casi 105.000, lo que señala un crecimiento de gran magnitud en poco tiempo (IAATO, 2023). El 90% de esta actividad se realiza a través de cruceros, y en especial la península Antártica es la zona que recibe el mayor número de turistas de todo el continente (IAATO, 2023).

Actualmente se considera que la actividad turística puede generar un impacto acumulativo, por la formación de senderos que erosionen el suelo y que alteren la flora antártica, por ruidos, por pequeñas pérdidas de combustibles o emanaciones gaseosas de los buques, que provocan el abandono de sitios de reproducción o alimentación de aves y mamíferos (Bertelloti et al., 2013). Paralelamente, los viajes constantes de cruceros pueden actuar como vectores de especies exóticas, que pueden llegar a establecerse en el área debido al incremento de la temperatura (Duffy et al., 2017). Del mismo modo, se ha postulado que los medios de transporte de la logística asociada a la investigación pueden actuar como vectores de especies no autóctonas y que las bases antárticas pueden contribuir a la contaminación química (Aronson et al., 2011).

1.2.2. Pesquerías. ¿Quién es responsable de la conservación de los recursos vivos marinos en la Antártida?

El desarrollo de la industria pesquera en la Antártida comenzó a mediados de la década del 60, aunque no fue regulada hasta 1980 con la creación de la CCRVMA. Durante ese período se comercializaron 18 especies de peces y varias de ellas fueron sobreexplotadas debido a la ausencia de regulación. Por ejemplo, en las islas Georgias del Sur, la pesca de *Notothenia rossii* y *Champocephalus gunnari* comenzó en 1969-70 y en solo dos años las poblaciones se redujeron en un 90% (Kock, 1992).

En la década del 80, con el incremento de la pesca de kril y con el propósito de evitar su sobreexplotación como había ocurrido con

varias especies de peces, se creó esta comisión con el objetivo de conservar la fauna y flora marina de la Antártida, con un enfoque ecosistémico y precautorio. La CCRVMA propuso, sobre la base de la mejor información científica disponible, una serie de medidas de conservación que regulan la explotación racional de recursos vivos marinos en los océanos australes, teniendo en cuenta tanto las especies de interés económico, como el kril antártico y la merluza negra (*Dissostichus spp*), como las especies dependientes de ellas, como por ejemplo los pingüinos antárticos. La CCRVMA se encuentra compuesta por 27 países miembros, y las medidas de conservación se adoptan por consenso.

Preguntas tales como qué especies pueden ser explotadas, cuáles son los límites de captura, en qué regiones pueden realizarse estas actividades y cómo estas cuestiones afectan a las especies dependientes de ellas no son fáciles de responder y requieren de programas que evalúen, planifiquen y regulen estas actividades. En la actualidad, uno de los temas más sensibles es la explotación del kril antártico. Este recurso, utilizado en acuicultura, industria farmacéutica y alimento para consumo humano, genera un gran interés, ya que las proyecciones para el año 2050 estiman que la población mundial se elevará a 9.000 millones de personas y uno de los grandes desafíos para la industria será la competencia por agua, tierra y energía para la producción de alimentos (Beddington, 2010).

Actualmente, la pesca de kril antártico está regulada por dos medidas de conservación (MC): la MC 51-01, que establece el límite de captura máximo para todas las subáreas (620.000 T), y la MC 51-07, que establece los límites de captura por subáreas y está pronta a expirar. La pesca de kril ocurre principalmente alrededor de las islas Orcadas del Sur, en las islas Shetland del Sur y en el norte de la península Antártica, y desde hace varios años se alcanzan los límites de captura en la región de la península Antártica de manera regular

(155.000 T) (Watters et al., 2020). Si bien estos límites de captura son precautorios respecto a la biomasa estimada de kril en el área –60.3 y 62.6 MT– (Krafft et al., 2021), es preocupante que la asignación actual de capturas haya permitido una mayor concentración temporal y espacial de la pesquería, con posibles efectos ecológicos localizados (reporte del WG-EMM-2021, párr. 2.62; Watters y Hinke, 2022). Actualmente la CCRVMA se encuentra desarrollando un modelo de ordenación de la pesquería que contemple un aumento del límite de captura pero en unidades de manejo más pequeñas, con el objetivo de evitar la concentración de las pesquerías en áreas de importancia para las especies dependientes del kril, como los pingüinos, las focas y las ballenas.

Por otra parte, la CCRVMA, siguiendo las propuestas de la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002), hace más de una década acordó la creación de una red de Áreas Marinas Protegidas en el Área de la Convención para el año 2012. Y si bien aún existen varias propuestas pendientes de aprobación (península Antártica, mar de Weddell Fase 1 y Fase 2 y en Antártida del Este), los miembros de la CCRVMA continúan trabajando intensamente para cumplir con este compromiso. Consecuente con este objetivo y considerando las singularidades ecológicas de la región, Argentina y Chile proponen el establecimiento de una AMP en la península Antártica y el sur del Arco de Scotia, que forman parte del Dominio 1 de CCRVMA (<https://gis.ccamlr.org/>), un área que, como mencionamos, concentra los caladeros de pesca de kril más importantes, registra una gran variabilidad ambiental producto del cambio climático y es una de las áreas donde se concentran gran cantidad de predadores, como aves, focas y ballenas, para alimentarse en momentos críticos de su ciclo de vida.

2. Inicios y evolución de la propuesta de AMP para la península Antártica y el sur del Arco de Scotia

En 2012, Argentina y Chile, a través de investigadores de sus institutos antárticos, comenzaron a trabajar en una propuesta de AMP en el Dominio 1 (de aquí en más, AMPD1). La propuesta se basó en el trabajo conjunto de un grupo de expertos de países miembros de la CCRVMA y representantes de distintas ONG y la industria pesquera. Este proceso permitió la recopilación y análisis de una gran cantidad de información científica que se utilizó para acordar los objetivos de conservación y los niveles mínimos de protección e identificar áreas prioritarias de conservación. A partir de estas áreas prioritarias y teniendo en cuenta el gradiente de variabilidad ambiental a lo largo de la península Antártica, las consideraciones de los caladeros de pesca y las estrategias de manejo actuales y futuras, se diseñó la propuesta de AMP. En este marco, se buscó garantizar la conservación de la biodiversidad y contribuir en la gestión del uso racional de los recursos vivos marinos en el Dominio 1 de la CCRVMA.

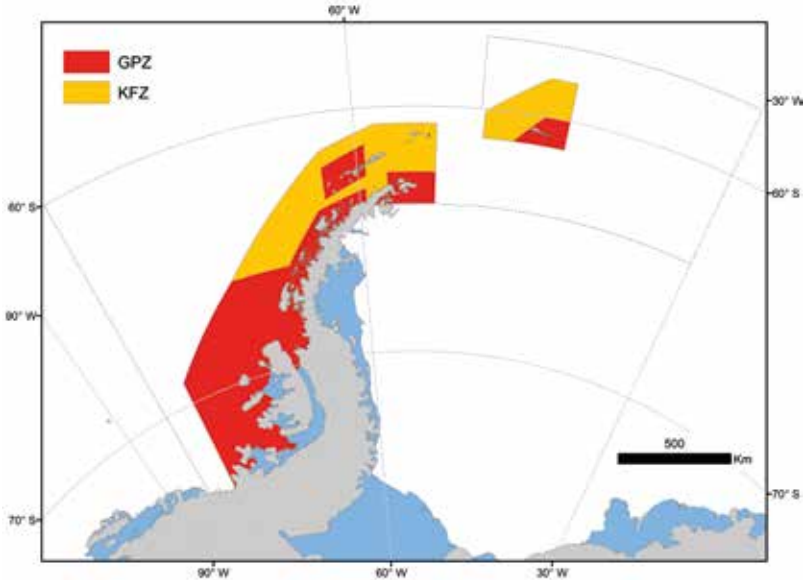
Los objetivos de conservación específicos que sostienen el objetivo general de “conservar la biodiversidad antártica” incluyen la protección de áreas importantes en el lecho marino (hábitat bentónico) y en áreas de la columna de agua (hábitat pelágico) donde se encuentran especies importantes y/o vulnerables como el kril antártico; la protección de zonas donde ocurren procesos ecosistémicos vitales para la salud del ecosistema (como áreas de alta productividad) y las áreas de alimentación y reproducción de especies como peces, pingüinos, focas, ballenas. Estas áreas abarcan diferentes extensiones que se distribuyen de manera heterogénea en el Dominio 1. Mientras que algunos objetivos de conservación ocupan áreas muy pequeñas, como las polinias, otras se extienden sobre áreas más grandes, como las ecorregiones bentónicas. En general se sugiere que puede ser difícil

proteger todas las características espaciales, especialmente cuando su distribución es compleja. El modelo de AMP alcanzó las metas de casi el 90% de los objetivos de conservación, incluida la protección de todas las áreas consideradas importantes para las aves, los mamíferos y los peces.

El modelo preliminar de AMPD1 se presentó en el año 2017 con el fin de proporcionar una instancia para que los miembros propusieran mejoras para su inclusión en la propuesta. Desde el año 2017 a la actualidad, la AMPD1 ha ido evolucionando, en respuesta a las inquietudes, comentarios y sugerencias del Comité Científico y las partes interesadas, algunos con un foco más en la conservación y otros con un foco más en la pesca.

El modelo actualizado de AMPD1 (2023) tiene una extensión de aproximadamente 670.000 km², que comprenden dos zonas de manejo diferentes: la Zona de Protección General (ZPG), donde se permite la pesca de investigación y se prohíbe la pesca comercial, y la Zona de Pesca de Kril (ZPK), donde se permiten la pesca de investigación y la pesca comercial (Figura 1). Estas zonas fueron propuestas para lograr diferentes objetivos de conservación en las ZPG, como la protección de áreas de alimentación de pingüinos, focas y ballenas, y la aplicación de la estrategia de manejo actual para la pesquería de kril en la ZPK (regulada por la medida de conservación 51-07), al tiempo que permite flexibilidad para implementar la futura estrategia de manejo de la pesquería que se acuerde en un futuro cercano. En el contexto de un inminente aumento de los límites de captura de kril, AMPD1 proporciona un escenario sólido para la asignación espacial de capturas con un bajo riesgo para los depredadores y la pesquería (reporte WG-EMM-2021, párr. 2.43).

Figura 1. Modelo del Área Marina Protegida del Dominio 1 2023, incluidos los límites de la Zona de Protección General (en gris oscuro), y de la Zona de Pesquería de Kril (en gris claro).



Fuente: extraída del documento CCAMLR 42/26 Propuesta modificada de medida de conservación para establecer un Área Marina Protegida en el Dominio 1 (Península Antártica Occidental y Arco de Scotia meridional), <https://meetings.ccamlr.org/es/ccamlr-42/26>.

3. Desafíos presentes y futuros: pasos hacia la adopción de AMPD1

3.1. Debates y negociaciones

Como sucede en otros lugares del mundo, en la Antártida se ha discutido largamente acerca de la necesidad del establecimiento de las AMP. En ese contexto, en los últimos años se ha revitalizado en el seno de esta comisión una discusión histórica en relación con el

término “conservación”. La Argentina sostiene que, de acuerdo con la Convención, la conservación y el uso racional no pueden separarse; el uso de los recursos previstos en la Convención forma parte de la conservación y no puede limitarse a garantizar la sostenibilidad. Esto es así porque el uso sostenible (en el sentido de que se pueden obtener los mismos servicios ecosistémicos año tras año) puede dar lugar a cambios en las relaciones entre especies que no se pueden revertir en el plazo de 20 a 30 años establecido por el artículo II de la Convención. Esto incluye todas las especies en el Área de la Convención y no se limita a las especies explotables. Por lo tanto, no se puede exigir un equilibrio entre la conservación y la explotación en el establecimiento de una AMP, ya que sería contrario al principio implicado en la definición de conservación, que incluye y no se opone al uso racional.

Sorprendentemente, aún existen discusiones sobre la necesidad de demostrar que existe un impacto de las pesquerías sobre el ecosistema marino para justificar la creación de una AMP (entre otros, CC-CCRVMA-XXXVI párr. 5.30, CC-CCRVMA-XXXVII, párr. 6.57). Nuevamente, la Argentina sostiene que esto es contrario al criterio de precaución de la CCRVMA: una vez evidenciado el impacto, la respuesta será reactiva (para mitigar el impacto) y no proactiva (para prevenir amenazas).

En esta discusión es bastante difícil sostener que las actividades humanas no tienen un impacto en la naturaleza. Un gran número de referencias en todo el mundo nos dicen que las actividades humanas han impactado continuamente en los ecosistemas marinos (Vitousek, 1997; Halpern et al., 2008; Rockström et al., 2009; Tin et al., 2009; Halpern et al., 2015; Wilcox et al., 2015), en particular la pesca industrial (Scheffer et al., 2005; Jackson, 2008; Lewison et al., 2009; Komoroske y Lewison 2015; Kroodsmá et al., 2018; Waters et al., 2020). El

argumento de que “no se ha demostrado ningún impacto”, que desconoce la evidencia científica, nos atrapa en un debate circular, lo cual impide el desarrollo de un enfoque de gestión pesquera más adaptativo y flexible, a la par que atenta contra el establecimiento de una red de AMP en la Antártida.

La extracción de recursos requiere, idealmente, un conocimiento exhaustivo de la estructura y funcionamiento del ecosistema antártico que garantice, en caso de que sucedan, la reversibilidad de cambios inducidos, tal como establece el artículo II de la Convención. Las Áreas Marinas Protegidas (AMP) son herramientas que, entre otras funciones, pueden actuar como una “copia de seguridad” frente a las consecuencias imprevistas de la extracción de recursos en un ecosistema que registra una creciente variabilidad ambiental.

3.2. Integración de diferentes iniciativas de gestión espacial

El desarrollo exitoso de una estrategia de ordenación de la pesquería de kril es un asunto de gran importancia para la CCRVMA, que busca gestionar el uso racional de los recursos vivos marinos y cumplir con el compromiso de seguir protegiendo la biodiversidad a través de la implementación de una red representativa de AMP en el Área de la Convención.

En este sentido, las discusiones en la CCRVMA durante los últimos años se han centrado en la armonización entre el desarrollo de la estrategia de ordenación de la pesquería del kril (que modifica la MC 51-07, actualmente en vigencia) y la propuesta de AMPD1, especialmente cuando las áreas en cuestión se superponen. La importancia de una solución que contemple ambos enfoques de gestión espacial se basa en la incertidumbre del impacto que pueda causar el incremento de los límites de captura de kril. Por ejemplo, la actual distribución espacial de las capturas da lugar a una mayor

concentración temporal y espacial de la pesca de kril en la PAO, con posibles impactos sobre los ecosistemas en esa región (reporte del WG-EMM-2021, párr. 2.62). Al respecto, los miembros coincidieron en la necesidad de asesorar sobre una subdivisión adecuada del límite de capturas precautorio (reporte del WG-EMM-2021, párr. 2.66). Además, el Comité Científico destacó que la propuesta de AMPD1, que para muchos miembros se basa en los mejores conocimientos científicos disponibles (CC-CCRVMA-38, párr. 6.58), podría proporcionar una forma de garantizar la protección general del ecosistema de la península Antártica (CC-CCRVMA-41, párr. 3.39). La propuesta de AMPD1 actuaría como un mecanismo de precaución para garantizar que se mitiguen las consecuencias inesperadas producto del cambio climático y de las actividades pesqueras.

Por ello, durante el 2024 se realizará un simposio de armonización, donde participarán, científicos, tomadores de decisiones y representantes de ONG y la industria pesquera, con el objetivo de proporcionar recomendaciones a la Comisión para armonizar la implementación del enfoque revisado de gestión de la pesquería de kril y el establecimiento de un AMP de Dominio 1 en la región de la península Antártica, como así también proveer recomendaciones para la recopilación y análisis de datos de manera práctica y rentable.

La armonización no es nueva para la propuesta AMPD1. Desde sus inicios, hemos incluido opciones combinadas para vincular la protección y el uso racional a través de la gestión de la pesca de kril y la planificación espacial para proporcionar protección adicional. En el presente, y en función de los intereses y trabajos desarrollados por los países miembros, urge la necesidad de acordar una nueva estrategia de ordenación de la pesquería de kril en vistas de la expiración de la MC 51-07, como así también la adopción de la propuesta AMPD1 que fue presentada formalmente en el año 2018.

3.3. Plan de investigación y monitoreo para AMPD1

Las áreas de investigación científica son una herramienta clave para comprender los impactos relativos del cambio climático y otras actividades humanas. Además, la identificación de una red integral de áreas de referencia a través de gradientes ambientales puede desempeñar un papel importante y tener beneficios significativos en la comprensión del cambio climático. En este marco, se encuentra en desarrollo un Plan de Investigación y Seguimiento (PISEG) asociado a la propuesta de AMPD1. Los PISEG constituyen un aspecto importante, dado que proveen las líneas de base para que, una vez adoptada la AMP, se realice un monitoreo regular y confiable que evalúe la eficacia de las AMP en el cumplimiento de los objetivos de conservación, principalmente en las ZPG, y evalúe el impacto de la actividad de la pesquería en las ZPK.

En el año 2023 llevamos a cabo un mapeo de las capacidades de investigación en el Dominio 1 para abordar los elementos prioritarios de investigación y monitoreo. Dentro de los resultados más interesantes y prometedores para este objetivo, identificamos que existe (1) un gran número de programas antárticos nacionales y de la industria pesquera que realizan actividades científicas, y (2) un desarrollo extenso y continuo de trabajo científico realizado por otros programas externos a la CCRVMA que se relacionan y podrían contribuir con el PISEG de la propuesta.

Es importante resaltar que la AMPD1 también sirve al objetivo de promover los esfuerzos de cooperación científica generando sinergias entre los programas antárticos nacionales, las iniciativas multinacionales, las ONG y la industria pesquera. El entorno científico altamente productivo de la península Antártica sienta las bases para un debate sobre el desarrollo de métodos y procedimientos normalizados, en virtud de los cuales todos los miembros interesados puedan recopilar,

acceder y analizar datos, y para establecer mecanismos de difusión para un público más amplio. Asimismo, los programas de seguimiento y los centros de estudio existentes en el Dominio 1, incluidos los programas de integración, como por ejemplo el Sistema de Observación del Océano Antártico (Southern Ocean Observing System, SOOS), constituyen una base sólida sobre la cual construir esferas de referencia científica y facilitar la coordinación y la cooperación entre países.

Consecuentemente, dado el escenario altamente internacional de las actividades en el Dominio 1 y el número de programas nacionales de investigación que operan actualmente en el área propuesta para la AMP, el Plan de Investigación y Seguimiento Científico de AMPD1 tiene un gran potencial para promover la colaboración entre países y el desarrollo de la ciencia, y así contribuir de esta manera también a los objetivos de otros instrumentos del Sistema del Tratado Antártico.

4. Consideraciones finales

Resulta imperativo considerar los cambios evidenciados en los ecosistemas y el crecimiento de las actividades en la región al tomar decisiones que inciden en la preservación del continente antártico. Desde la implementación del Tratado Antártico en 1961, la Antártida ha sido designada como un territorio dedicado a la ciencia y la paz. Un mayor y más avanzado conocimiento científico se traduce directamente en una mayor eficacia al aplicar estrategias de conservación. La comprensión rigurosa de los diversos impulsores que generan los cambios en la Antártida ampliará nuestra capacidad para identificar y adaptarnos a los futuros cambios, para así poder contribuir a minimizar las interrupciones en los ecosistemas marinos, los cuales proveen numerosos servicios ecosistémicos para la humanidad.

En la propuesta de AMPD1, la recopilación de información y el tratamiento de los datos se realizó de manera exhaustiva y los objetivos fueron debatidos y acordados en talleres participativos. En esta misma línea de transparencia del proceso, todos estos datos están disponibles para que cualquier miembro de la CCRVMA pueda acceder a ellos, descargarlos y analizarlos. La propuesta de AMPD1 es producto de la mejor ciencia disponible y de la aplicación de un enfoque precautorio y ecosistémico, pilares para la toma de decisiones en la CCRVMA.

Las áreas marinas protegidas y la ordenación pesquera son estrategias sinérgicas de planificación y ordenación espacial con múltiples beneficios potenciales. Las AMP ayudan a conservar ecosistemas marinos con altos niveles de endemismo, funcionan como sumideros de carbono, proporcionan puntos de referencia para la evaluación de las poblaciones y los límites de captura, mejoran los enfoques de gestión preventiva y aumentan la productividad de la pesca. La pesca también funciona como una plataforma importante para la recopilación de datos, ya que ofrece la oportunidad de evaluar y monitorear el estado de los ecosistemas y las poblaciones.

La AMPD1 crea un marco para los esfuerzos de investigación y de seguimiento colaborativos en la recopilación de datos de los ecosistemas, al tiempo que se avanza en la revisión de la estrategia de ordenación de la pesquería de kril. AMPD1 garantiza la aplicación del principio de precaución, piedra angular de la toma de decisiones en la CCRVMA.

En el presente escenario de cambio climático y de mayor presencia humana, el ecosistema marino antártico se verá cada vez más afectado, lo que no es coherente con el compromiso de conservación asumido por los miembros de la CCRVMA. En este contexto, enfatizamos la relevancia de proteger los ecosistemas de la península Antártica Occidental y, apoyados en nueva evidencia científica, avanzamos en

la búsqueda del consenso necesario para la implementación del Área Marina Protegida del Dominio 1.

Referencias

- Aronson, R. B., Thatje, S., McClintock, J. B., Hughes, K. A. (2011). "Anthropogenic impacts on marine ecosystems in Antarctica". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 82-107.
- Beddington, J. (2010). "Food security: contributions from science to a new and greener revolution". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 61-71.
- Bertellotti, M., D'Amico, V., Cejuela, E. (2013). "Tourist activities focusing on Antarctic penguins". *Annals of Tourism Research*, 42, 428-431.
- Chown, S., Clarke, A., Fraser, C. et al. (2015). "The changing form of Antarctic biodiversity". *Nature*, 522, 431-438, <https://doi.org/10.1038/nature14505>.
- Chown, S. L., Leihiy, R. I., Naish, T. R. et al. (eds.). (2022). *Antarctic Climate Change and the Environment: A Decadal Synopsis and Recommendations for Action*. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, United Kingdom. www.scar.org.
- Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (2017) (CC-CCRVMA XXXVI). Informe de la Trigésima Sexta Reunión del Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.
- Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (2018). (CC-CCRVMA XXXVII) Informe de la Trigésima Séptima Reunión del Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.
- Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (2019) (CC-CCRVMA 38). Informe de la Trigésima Octava Reunión Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.
- Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (2022) (CC-CCRVMA 41). Informe de la Cuadragésima primera Reunión Comité Científico para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.

- Constable, A. J., Melbourne-Thomas, J., Muelbert, M. M. C. et al. (2023). Marine Ecosystem Assessment for the Southern Ocean: Summary for Policymakers. Integrated Climate and Ecosystem Dynamics in the Southern Ocean. Scientific Committee on Antarctic Research, Scientific Committee on Oceanic Research, Integrated Marine Biosphere Research. doi: 10.5281/zenodo.8359585.
- Cook, A. J., Holland, P. R., Meredith, M. P., Murray, T., Luckman, A., Vaughan, D. G. (2016). "Ocean forcing of glacier retreat in the western Antarctic Peninsula". *Science*, 353, 283-286, <https://doi.org/10.1126/science.aae0017>.
- Ducklow, H., Fraser, W., Meredith, M., Stammerjohn, S., Doney, S., Martinson, D., Salliey, S., Schofield, O., Steinberg, D., Venables, H., Amsler, C. (2013). "West Antarctic Peninsula: A rapidly changing coastal marine ecosystem". *Oceanography*, 26, 190-203, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2013.62>.
- Duffy, G. A., Coetzee, B. W. T., Latombe, G., Akerman, A. H., McGeoch, M. A., Chown, S. L. (2017). "Barriers to globally invasive species are weakening across the Antarctic". *Diversity and Distributions*, 23(9), 982-996.
- Dulière, V., Guillaumot, C., Lacroix, G., Saucède, T., López Farran, Z., Danis, B., Schön, I., Baetens, K. (2022). "Dispersal models alert on the risk of introducing non-native species through ballast water in protected areas of the West Antarctic Peninsula". *Diversity and Distributions*, 28, 649-666, <https://doi.org/10.1111/ddi.13464>.
- Elliott, M., Day, J.W., Ramachandran, R., Wolanski, E. (2019). "Chapter 1 - A Synthesis: What Is the Future for Coasts, Estuaries, Deltas and Other Transitional Habitats in 2050 and Beyond?". *Coasts and Estuaries*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00001-0>.
- Fretwell, P.T., Boutet, A., Ratcliffe, N. (2023). "Record low 2022 Antarctic sea ice led to catastrophic breeding failure of emperor penguins". *Communications Earth & Environment*, <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00927-x>.
- Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K.S., Koenig, K., Longo, C., Lowndes, J. S., Rockwood, R. C., Selig, E. R., Selkoe, K. A., Walbridge, S. (2015). "Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean". *Nature Communications*, 6, 7615, <https://doi.org/10.1038/ncomms8615>.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan,

- H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R. (2008). "A Global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319, 948-952, <https://doi.org/10.1126/science.1149345>.
- International Association of Antarctica Tour Operators (2022). IAATO Antarctic visitor figures 2022-23. Disponible en: <https://iaato.org/information-resources/data-statistics/> [consultado el 25 de marzo de 2024].
- IPCC (2021). "Resumen para responsables políticos", en: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfeld, T., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B. (eds.), *Cambio climático 2021: la base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. GTI del IPCC.
- Jackson, J. B. C. (2008). "Ecological extinction and evolution in the brave new ocean". *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 105, 11458-11465, <https://doi.org/10.1073/pnas.0802812105>.
- Juárez, M. A., Santos, M. M., Negrete, J., Santos, M. R., Mennucci, J. A., Rombolá, E., Longarzo, L., Coria, N. R., Carlini, A. R. (2013). "Better late than never? Interannual and seasonal variability in the breeding chronology of gentoo penguin: evidence of plasticity". *Polar Research*, 32: 18448, <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v32i0.18448>.
- Kawaguchi, S., Atkinson, A., Bahlburg, D. et al. (2024). "Climate change impacts on Antarctic krill behaviour and population dynamics". *Nat Rev Earth Environ*, 5, 43-58, <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00504-y>.
- Kock, K. H. (1992). *Antarctic Fish and Fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Komoroske, L. M., Lewison, R. L. (2015). "Addressing fisheries bycatch in a changing world". *Frontiers in Marine Science*. 2, 1-11, <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00083>.
- Krafft, B. A., Macaulay, G. J., Skaret, G., Knutsen, T., Bergstad, O. A., Lowther, A. et al. (2021). "Standing stock of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana 1850 (Euphausiacea)) in the Southwest Atlantic sector of the Southern Ocean, 2019". *Journal of Crustacean Biology*, 41, 1-17, <https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruab046>.

- Krause, D. J., Bonin, C. A., Goebel, M. E., Reiss, C. S., Watters, G. M. (2022). "The Rapid Population Collapse of a Key Marine Predator in the Northern Antarctic Peninsula Endangers Genetic Diversity and Resilience to Climate Change". *Frontiers in Marine Science*. *Sci*, 8, 1-18.
- Krüger, L., Huerta, M. F., Santa Cruz, F., & Cárdenas, C.A. (2021). "Antarctic krill fishery effects over penguin populations under adverse climate conditions: Implications for the management of fishing practices". *Ambio*, 50, 560-571.
- Kroodsma, D. A., Mayorga, J., Hochberg, T., Miller, N. A., Boerder, K., Ferretti, F. et al. (2018). Tracking the global footprint of fisheries. *Science*, 359, 904-908 (2018). DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaa5646>.
- Lewis, R. L., Soykan, C. U., Franklin, J. (2009). "Mapping the bycatch seascape: multispecies and multi-scale spatial patterns of fisheries bycatch". *Ecological Applications*. 19, 920-930, <https://doi.org/10.1890/08-0623.1>.
- Micheli, F., Sáenz-Arroyo, A., Greenley, A., Vázquez, L., Espinoza Montes, J. A., Rossetto, M. et al. (2012). "Evidence That Marine Reserves Enhance Resilience to Climatic Impacts". *PLoS One*, 7, e40832. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040832>.
- Moline, M. A., Karnovsky, N. J., Brown, Z., Divoky, G. J., Frazer, T. K., Jacoby, C. A., Torres, J. J., Fraser, W. R. (2008). "High latitude changes in ice dynamics and their impact on polar marine ecosystems". *Ann NY Acad Sci* 1134: 267-319.
- Morley, S. A., Abele, D., Barnes, D. K. A., Cárdenas, C. A., Cotté, C., Gutt, J., Henley, S. F., Höfer, J., Hughes, K. A., Martin, S. M., Moffat, C., Raphael, M., Stammerjohn, S. E., Suckling, C. C., Tulloch, V. J. D., Waller, C. L., Constable, A. J. (2020). "Global Drivers on Southern Ocean Ecosystems: Changing Physical Environments and Anthropogenic Pressures in an Earth System". *Frontiers in Marine Science*. *Mar. Sci*, 7, 1-24, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.547188>.
- Roberts, C. M., O'Leary, B. C., McCauley, D. J., Cury, P. M., Duarte, C. M., Lubchenco, J., Pauly, D., Sáenz-Arroyo, A., Sumaila, U. R., Wilson, R. W., Worm, B., Castilla, J. C. (2017). "Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change". *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 114, 6167-6175, <https://doi.org/10.1073/pnas.1701262114>.
- Robinson, S.A. (2022). "Climate change and extreme events are changing the biology of Polar Regions". *Glob. Chang. Biol.*, 28, 5861-5864, <https://doi.org/10.1111/gcb.16309>.

- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. A. (2009). "A safe operating space for humanity". *Nature*. 461, 472-475, <https://doi.org/10.1038/461472a>.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Young, B. (2005). "Cascading effects of overfishing marine systems". *Trends in Ecology & Evolution*. 20, 579-581, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.08.018>.
- Siebert, M. J., Bentley, M. J., Atkinson, A., Bracegirdle, T. J., Convey, P., Davies, B., Downie, R., Hogg, A. E., Holmes, C., Hughes, K. A., Meredith, M. P., Ross, N., Rumble, J., Wilkinson, J. (2023). "Antarctic extreme events". *Frontiers in Environmental Science* 11, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1229283>.
- Talis, E. J., Che-Castaldo, C., Hart, T., McRae, L., & Lynch, H. J. (2023). "Penguindex: a Living Planet Index for Pygoscelis species penguins identifies key eras of population change". *Polar Biol*, 28.
- The SO-CHIC consortium et al (2023). "Southern ocean carbon and heat impact on climate". *Phil.Trans.R.Soc.A* 381:20220056, <https://doi.org/10.1098/rsta.2022.0056>.
- Tin, T., Fleming, Z. L., Hughes, K. A., Ainley, D. G., Convey, P., Moreno, C. A., Pfeiffer, S., Scott, J., Snape, I. (2009). "Impacts of local human activities on the Antarctic environment". *Antarctic Science*. 21, 3-33, <https://doi.org/10.1017/S0954102009001722>.
- Vitousek, P. M. (1997). "Human Domination of Earth's Ecosystems". *Science*, 277, 494-499, <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>.
- Watters, G. M., Hinke, J. T., & Reiss, C. S. (2020). "Long-term observations from Antarctica demonstrate that mismatched scales of fisheries management and predator-prey interaction lead to erroneous conclusions about precaution". *Scientific Reports*, 10, 2314.
- Watters, G. M., & Hinke, J. T. (2022). "Conservation in the Scotia Sea in light of expiring regulations and disrupted negotiations". *Conservation Biology* 36, e13925, <https://doi.org/10.1111/cobi.13925>.
- WG-EMM-2021 (2021). Informe del Grupo de Trabajo sobre Monitoreo y Gestión de Ecosistemas <https://meetings.ccamlr.org/system/files/e-sc-40-a6.pdf>.

Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B. D. (2015). "Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing". *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 112, 11899-11904, <https://doi.org/10.1073/pnas.1502108112>.

Una Antártida mejor es posible. Hacia una logística ecosostenible

Marcelo C. Tarapow¹

ARGENTINA

“Los aficionados discuten tácticas,
los profesionales discuten sobre logística.”

Napoleón Bonaparte

RESUMEN

Tras dos siglos del descubrimiento de la Antártida y más de ciento veinte años desde que la base Orcadas, perteneciente a la República Argentina, mantiene sus investigaciones científicas de manera ininterrumpida, con diferentes sucesos como la firma del Tratado Antártico y luego otras legislaciones que regulan la actividad en este continente, sumado a los avances tecnológicos, se impone una nueva agenda internacional.

La protección del medioambiente antártico, de sus ecosistemas asociados, la sustentabilidad y la búsqueda de una logística eficiente convocan a los diferentes programas nacionales a repensar las actividades que se desarrollan con una mirada en pos de compatibilizar los esfuerzos e intereses de cada país, la cooperación internacional y los beneficios que los descubrimientos científicos puedan aportar a la sociedad mundial, a la vez que se desprenden de los paradigmas de antaño.

¹ Presidente de la Academia de la Antártida. Contraalmirante y ex director general de Educación de la Armada Argentina. Máster en Ciencias Sociales y Humanidades por la Universidad Nacional de Quilmes.

1. Introducción

Año tras año, varios países realizan un increíble esfuerzo económico en pos de mantener sus actividades en la Antártida. Desde distintas partes del mundo, partiendo de ambos hemisferios, barcos y aeronaves son alistados para el traslado de carga y de los equipos científicos. A lo largo de las últimas décadas he visto cómo algunos de ellos han tratado de simplificar esta tarea y reducir los costos. Otros han optado por cumplir con la misión manteniendo esquemas que conservan rudimentarias técnicas y prácticas con reminiscencias de capacidades de siglos pasados.

Mientras estos abastecimientos mayormente estivales transcurren, la preocupación parece residir en que los objetivos de los planes sean alcanzados, en relación con lo cual es notorio que se asume alguna distancia y resignación con respecto a los costos y las cuestiones medioambientales. El Sistema del Tratado Antártico es un ejemplo de evolución normativa que ha logrado mantener un estatus sorprendente y es digno de ser imitado por el compromiso internacional que día a día lo mantiene vivo, equilibrando los intereses políticos de las naciones y, a la vez, bregando por la protección de los ecosistemas, dicho esto desde una óptica amplia pero centrada en la ciencia y en la cooperación internacional en este continente.

Hoy, algunos países han logrado impactantes avances en la modernización de sus estaciones antárticas y también desde el punto de vista del desarrollo de sus programas científicos, e inclusive en la forma de brindarles el apoyo logístico requerido.

Considero que no existe la necesidad de citar ejemplos con la especificación de nombres y transcurridas décadas a la vista, pues es información fácilmente asequible y tan solo puedo sugerirle al atento lector que se tome la molestia y en pocos minutos revise cómo otros

países han logrado dar este salto en calidad. Coincidirán en que la clave fue la realización de un análisis holístico de sus intereses en la Antártida, despegándose totalmente de las rigideces heredadas, el empleo de nuevas tecnologías y una férrea decisión de proteger el medioambiente. En este punto, alguien, calculadora en mano, podría pensar que el involucramiento económico que una expedición antártica demanda es insostenible en el tiempo. Sin embargo, sería recomendable que podamos diferenciar entre el goce de un beneficio económico inmediato que nos estanca en el tiempo y los reales beneficios financieros de cara al futuro.

Para ello presentamos, a modo de colaboración y simultáneamente, una humilde llamada de atención, luego de realizar un profundo análisis estratégico, siempre inspirados en un espíritu colaborativo, orientados y repensando la Antártida del 2060 y en la necesidad imperativa de contar hoy con –y ya mismo empezar a formar– líderes convencidos del rol clave que juega el continente helado y los impactos de sus distintos cambios, que se están haciendo cada vez más evidentes y que afectan y afectarán el equilibrio del planeta.

Vuelvo a insistir, necesitamos verdaderos líderes que conozcan la Antártida, dotados de una mirada abarcativa de todos los intereses y disciplinas involucradas, que trascienda gestiones, con pensamiento crítico y poder decisión; y, fundamentalmente, que estén despojados de mezquinos intereses que les impidan trabajar plenamente en pos de la preservación medioambiental y en beneficio de la humanidad.

Finalmente, dejo para otra oportunidad el análisis referente a la geopolítica y talasopolítica vinculados con la soberanía, los derechos y los reclamos, cuya complejidad y extensión ameritan ser desarrolladas en un documento aparte, tal vez, descansando en las restricciones en el empleo exclusivamente pacífico, la prohibición de toda medida de carácter militar, de la eliminación de residuos radioactivos

y de explosiones nucleares, detalladas en los artículos I y V y en las definiciones respecto a derechos del artículo IV del Tratado Antártico (Tratado Antártico, 1959).

“La línea entre el orden y el desorden
reside en la logística.”

Anónimo

2. Reducción de la huella antropogénica en la Antártida

El continente blanco nos permite principalmente aprovechar su agua dulce, sus bajas temperaturas, sus vientos, sus radiaciones solares variables y esquivas en un calendario con diferenciadas estaciones climáticas y, más recientemente, algunos productos originados en la pesca. ¿Solo provee eso? Parecería que fuera poco. La primera aclaración es que me estoy refiriendo a aquellos recursos que la normativa vigente permite explotar con bastante libertad. Quizás dentro de estos productos de la pesca, con un muy bajo consumo en las bases antárticas, podríamos considerar principalmente el *kril* (*Euphasia superba*), ya que otra fauna, flora y minerales se encuentran bajo estrictas normas que regulan su protección y que no permiten su explotación; mucho menos en un sentido comercial.

Volvamos a las preguntas. ¿Antártida nos da poco? Definitivamente, la respuesta será un simple sí, una afirmación con tintes autolimitantes, para aquellos que duermen entre calmos sueños en su monótona pasividad. Ahora, si lo vemos con los ojos de una persona con decisión, poder de liderazgo y creatividad, nos daremos cuenta de cómo la Antártida está permanentemente ofreciendo gigantescas oportunidades para simplificar el abastecimiento de sus bases.

En los últimos años, numerosos países, desde las más recónditas latitudes del planeta, han demostrado su interés en las actividades antárticas. Para ello han firmado y adherido al Tratado Antártico y al Protocolo de Madrid, con cuyas sendas ratificaciones dan el paso fundamental para sumarse en el futuro a la nómina de países con membresía de tipo consultivo. Si bien alcanzar esa meta lleva tiempo, el sendero por transitar suele ser muy similar en cuanto a su ejecución. Vale hacer una pequeña pausa aquí para invitar al lector a comparar las facilidades que el Sistema Antártico brinda a las naciones, en clara oposición a lo que ocurre en relación con el Ártico, donde pese a no existir un continente, los países con derechos sobre dicha área se reducen a un puñado, que son los que tienen proyección geográfica hacia el Polo Norte y que no permiten la injerencia ni incorporación de nuevos miembros, lo cual constituye un acuerdo con la membresía totalmente cerrada. De más está decir que varios de esos países boreales que integran el denominado Consejo del Ártico (1996) no proclaman ni se expresan de igual modo al hablar de la Antártida, ya que por encontrarse en el hemisferio norte y sin proyección austral verían impedida su presencia.

Volviendo a nuestro tema, la experiencia dice que normalmente un país neófito en cuestiones antárticas suele enviar personal científico y/o logístico como invitados u observadores y como integrante de algún proyecto en algún programa de otro país que actuará como su anfitrión. Con el tiempo, las aspiraciones de este país podrían ir creciendo, diseñando y plasmando su propio interés en algún campo de la ciencia. Estos estudios científicos requieren de continuidad y seguimiento para la confirmación de las observaciones y la obtención de las estadísticas correspondientes.

He podido leer varios de estos nuevos planes, los cuales, casi uniformemente, contemplan entre sus metas, tras la continuación anual

y sistemática de sus estudios, la instalación de una base con actividad estival, pensando en transformarla en estación de invernada en el futuro, y otros, como el Plan Antártico Colombiano, incluso incluyen alcanzar el Polo Sur geográfico por medio de una expedición terrestre, con la previsión de realizar mediciones científicas en el ínterin. Tal éxito les permitiría sumarse al minúsculo grupo de países que ostentan dichos laureles, algunos de ellos son reclamantes de soberanía y consideran así dicho polo como el límite extremo sur de sus territorios.

“Llegar juntos es el principio.
Mantenerse juntos es el progreso.
Trabajar juntos es el éxito.”

Henry Ford

3. Hacia una logística de avanzada

Tal vez aquellas naciones que planifiquen la construcción de una nueva base puedan lograr desarrollos más amigables que muchas de las que hoy ya están edificadas. Y para el caso de estas últimas quizá haya llegado el momento de repensarlas de cara a una modernización, ampliación, etc., considerando que sus diseños otrora fueron eficaces, pero que vanguardistas concepciones arquitectónicas de hoy y el desarrollo de nuevos materiales hacen que se vean como obsoletas o encantadoras piezas de una romántica historia antártica. En más de un sentido, las viejas bases han dejado de ser funcionales, y tanto el lugar original donde fueron edificadas como la distribución de sus instalaciones actualmente ameritan una revisión y un análisis de relocalización para que las mismas vean facilitada su logística y despliegue en apoyo a la ciencia.

No nos es ajeno que una base antártica debe ser abastecida de casi la totalidad de sus requerimientos mediante el traslado de los

suministros desde otro continente, con excepción del agua potable y de la posibilidad de contar con energía eólica y/o solar. Esa logística se logra principalmente por medios marinos, rompehielos y buques polares, y muy secundariamente a través de aeronaves, aproximadamente en una relación de 90 al 10 %.

Muchos países tienen una larga trayectoria en la Antártida. Es posible notar que en varios de los casos las bases responden a un diseño y ubicación de otra época. En mi opinión, la ocupación fue la prioridad y luego la ciencia, siempre presente en las expediciones, fue logrando protagonismo hasta la fecha. Debemos entonces volver a estudiar la totalidad de los proyectos y actividades, aun cuando esto suene extremadamente ambicioso, y también los roles requeridos con el fin de emplear y movilizar únicamente el personal necesario, cuya reducción debería ser una derivación natural y consecuencia de los avances tecnológicos en las distintas áreas que permitan desde la plena automatización, bajo solo una supervisión, hasta una reducción en la dotación por la combinación de los roles en un mismo individuo. Una menor cantidad de personal impacta directamente sobre el ahorro de todo tipo de insumos y colaborará, sin dejar espacio alguno a la duda, a la reducción de la huella antropogénica. Esto no necesariamente implicará la reducción de planes científicos.

Si fuésemos a construir una nueva instalación deberíamos tener en cuenta cuál será la forma en que será abastecida, cuál será su función y qué prestaciones deberá brindar para la concreción de las metas científicas a las que se aspira. Es mandatorio que el nuevo paradigma de diseño sea amigable con el medioambiente, lo más inocuo o inerte posible. Esto implica tratar el viejo pero vigente dilema de asentarla o no directamente sobre el suelo, rescatando la importancia de dejar una altura que evite la transmisión directa del frío proveniente de una superficie casi siempre helada al piso de la instalación. Obviamente, a

la hora de diseñar la construcción será imperativo estudiar la conformación del terreno para dirimir el empleo de pilotes, y si estos serán colocados, de ser posible, sobre roca firme o, de estar ante la presencia de una capa de permafrost, tener que optar por otra alternativa. De ser el último de los casos, habrá que considerar la opción de poder regular la altura en cada pilote mediante un sistema de engranaje o crique con pronósticos de buenos resultados para esos suelos movedizos.

También es importante considerar los vientos predominantes, principalmente por dos razones: evitar exponer a ellos una mayor superficie de resistencia o enfrentamiento, situación que incrementará el riesgo de ser blanco de todo material, que se comportará como mortales proyectiles remontados e impulsados por los vientos muchas veces con fuerza de temporal y arrastrados en su recorrido con dirección de colisión y, en segundo lugar, ante la ocurrencia de un incendio, resultaría más favorable que la construcción no quedara alineada en el sentido de su mayor longitud hacia esos acimutes de vientos más habituales, ya que las llamas serían avivadas y dirigidas sobre la base. La construcción debe ser de carácter modular, de manera que si lamentablemente se desata un incendio –y nótese que los incendios ocurren bastante a menudo, muchas veces con la destrucción total del local o de la base– la construcción pueda ser seccionada para impedir la propagación del fuego. Al mismo tiempo, permitirá reducir la calefacción de aquellos módulos no utilizados, con el consecuente ahorro energético.

La construcción y, especialmente, la distribución de los diferentes locales, deberán contar con el análisis de riesgos pertinente. Esto implica detenerse especialmente en determinar cuáles son aquellos habitáculos con mayores probabilidades de ocurrencia de incendio, de contaminación con gases tóxicos, como son los que podrían provenir de la cocina, del cuarto de generadores o de los laboratorios.

Sabemos también que el porcentaje más importante de carga en cuanto al volumen y al peso que se traslada a una base antártica se centra en los combustibles fósiles, principalmente líquidos, sin ser para nada despreciable la cantidad de tubos de diferentes gases de distinto uso (calefacción, medicinales, meteorológicos, etc.). La reducción de su consumo debe ser una prioridad permanente, ya que su logística no está exenta de la ocurrencia de accidentes, con la posibilidad de contaminación por derrames de distinta magnitud, cuya limpieza, una vez sucedido el incidente, nunca logra ser total ni capaz de reparar los daños ocasionados en el mar, sobre el hielo o sobre el propio terreno. Las secuelas de un derrame de hidrocarburos afectan las prístinas características del ecosistema antártico, al tiempo que pueden echar a perder décadas de estudios, además de dañar la fauna, la flora y los glaciares, ya que son sumamente sensibles.

Dentro del concepto de eficiencia energética nos referimos al hecho de lograr los mismos objetivos, pero mediante el menor consumo de recursos energéticos. Aquí notamos que uno de los principales derroches calóricos se presenta como consecuencia de una sobredimensión de la planta energética, debido al empleo de motores generadores cuya potencia entregada no está normalmente en relación con la demanda y requerimientos eléctricos promedio de la base. Hay generadores cuya relación entre consumo de combustible y potencia entregada no puede optimizarse; resulta clave tener generadores de menores dimensiones, que entreguen la potencia necesaria y, por ende, su consumo de combustible sea de menor magnitud.

Hay que recordar que durante el año existirán demandas energéticas que se verán vinculadas y proporcionales con la actividad propia de la base. Se espera una mayor exigencia durante la temporada de verano, pero con temperaturas más amigables, versus la puja por calefaccionar los ambientes durante los crudos y oscuros inviernos.

Una solución sería contar con un diseño de planta energética que contenga generadores de diferentes potencias/consumos, de diferentes cilindradas y que a la vez estén vinculados a acumuladores (bancos de baterías) para aprovechar la energía remanente no utilizada. De esta forma se reduce el saldo energético de resultado negativo en cuanto a eficiencia, que se desperdiciaría si la demanda fuera inferior a la potencia entregada.

Esta matriz de uso racional de energía debe combinarse con la instalación de equipamientos y artefactos eléctricos de bajo consumo y con la posibilidad de desalimentar secciones de la base no utilizadas o inhabitadas –en pos de reducir espacios que son calefaccionados– y que constituirán una importante pérdida energética que, acumulada en el tiempo, alcanzará valores que sorprenderían a cualquiera.

La producción de energía también podría combinarse con la solar y la eólica. Los nuevos diseños de generadores a paletas axiales/verticales están en condiciones de superar algunas de las limitaciones relacionadas con el efecto de viento arrachado que suelen afectar a los de paleta y, además, su mantenimiento es más sencillo. Estudios sobre los vientos predominantes son hoy de fácil acceso y estadísticas al respecto no suelen faltar. Aun para el caso de tratarse de un nuevo lugar de emplazamiento, sugerimos realizar un análisis previo del lugar, con medición de los parámetros mínimos (intensidad y dirección del viento, temperaturas, humedad y, de ser factible, precipitaciones), el que se podría lograr de manera no tan onerosa mediante la instalación de una estación meteorológica autónoma con comunicación satelital y almacenamiento de datos.

Respecto al rendimiento y utilización de los paneles solares, dependerá, como la lógica nos indica, del tiempo de exposición al sol, su órbita, la latitud del lugar y la afectación por las espesas capas nubosas. Podrían ser instalados sobre los techos de las construcciones

o bien optar por los modelos plegables o enrollables, de despliegue rápido y que requieren de un reducido espacio para el caso de su resguardo, en los períodos de su no utilización o mantenimiento.

En cuanto al tendido de cables y tuberías, es conveniente aplicar el concepto de "piso informático", es decir, contar con un piso con tramos o baldosas removibles, estandarizados en sus dimensiones, que permitan un fácil acceso a las redes de suministros, a los pasacables o bandejas. Al igual que lo previsto para los mamparos y las aberturas y con múltiples capas de vidrio que permitan el ingreso de luz, se procurará combinar las coberturas de los pisos y techos con el mejor aislante que el mercado ofrezca para evitar las pérdidas de calor. Los países nórdicos son históricos precursores en estos aspectos y es natural la doble puerta en la entrada de sus casas o un ambiente aislado y con facilidades para quitarse la nieve, los abrigos y el calzado antes de ingresar efectivamente al lugar habitable, al tiempo que se va produciendo una paulatina aclimatación. Otro de los ingresos a la base debe contar con las dimensiones necesarias como para ingresar el contenedor elegido para los abastecimientos rutinarios, diarios o semanales de la misma.

Como dijimos al comienzo, el mayor porcentaje de los recursos será transportado por vía marítima y de ahí que, si quisiéramos facilitar la descarga, necesitaremos, preferentemente, un muelle adecuado. La construcción del mismo requiere de una completa y detallada "evaluación de impacto ambiental", tal cual prevé el Protocolo de Madrid. Una vez realizada deberíamos hacer un análisis de cuánto se reduce el impacto ambiental que implican las sucesivas y casi infinitas maniobras de descarga mediante embarcaciones menores desde el buque logístico y la base y, viceversa, de no contarse con un muelle. Esto como parte de una mirada holística de la problemática logística y sus consecuencias en el entorno según la operatoria que se adopte.

Las condiciones de congelamiento del agua de mar y, por ende, la presión que el hielo hará sobre el muelle, eliminan la posibilidad de una construcción sobre pilotes, conocidos como muelles transparentes. Entonces, la mejor opción, y apoyada esta en la experiencia antártica, es un muelle del tipo opaco, vale decir, aquel que no permite la libre circulación del agua a través de él. Sin dudas, será fundamental elegir el lugar considerando, además, cuál sería la circulación de los hielos por efecto de los vientos y mareas. Dejo para los entendidos cómo combinar un frente de atraque en algunos de sus lados y una explanada inclinada que permita el varado de lanchas de desembarco o ser la vía de acceso para vehículos anfibios. Va de suyo que seguramente será fundamental contar con buenas bitas en tierra para los amarres y para poder estaquear la popa de un buque fondeado a la distancia.

En cuanto al desembarco de combustible, lo ideal sería hacerlo a granel directamente desde el buque hacia las cisternas en tierra, especialmente cuando estamos hablando de varios metros cúbicos. Esto sería amarrado al muelle; en segundo lugar, por medio de una tubería que llegue hasta una boya en el radio de fondeo del barco logístico; y en una tercera opción, mediante el transvase a pontones de doble casco y modulares que puedan ser luego varados o amarrados en las proximidades de donde está situada la válvula de conexión de tierra. Dejaría para última instancia el traslado en *rollings tanks* o en los típicos tambores de 205 litros, solo reservado para pequeñas cantidades o combustibles o lubricantes especiales, método que lamentablemente hoy persiste.

Una mención especial exige el tratamiento de los residuos y su repliegue desde la Antártida. Las normas contenidas en el Protocolo de Madrid son exhaustivamente claras, por lo que considero innecesario ampliar sobre la temática. Sin embargo, la primera recomendación

sería reducir la producción de residuos, lo que se podría lograr mediante la reducción de las dotaciones de las bases, el empleo de materiales y envases reutilizables y reciclables. Esto ayudará tanto al continente helado como al destino designado para la disposición final. Las botellas plásticas para llevar agua, práctica común en algunas bases, deben ser erradicadas, tanto por el volumen de los residuos como el innecesario traslado del agua, la cual podría ser muchas veces fácilmente obtenida de manera local de nuestra generosa Antártida, mediante la combinación de un derretidor para nieve o hielo, con un purificador o un desalinizador, etc.

El concepto que debe primar es el de "basura cero", es decir, disminuir considerablemente los residuos producidos en las estaciones antárticas. Quizás aquí puedan jugar un rol de importancia inusual las ciudades más próximas a la Antártida. Para el caso de la República Argentina encuentro en Ushuaia condiciones inigualables para albergar estos desarrollos, los cuales han sido contemplados desde hace varias décadas y postergados inconcebiblemente casi hasta nuestros días. Las bases antárticas deberán tener las instalaciones adecuadas para el procesamiento y las redes de coordinaciones necesarias para el disposición final de la basura que se repliegue y debatir con los países vecinos la posibilidad de organizar un servicio de recolección y repliegue de los distintos tipos de residuos, incluyendo el dictado de las normas que regulen esta actividad. También podemos hacer una pequeña mención, pero no menos importante, de la problemática de todo aquello que implican los denominados "residuos históricos", incluyendo en este caso la cuestión de qué hacer con las viejas instalaciones en desuso, abandonadas o cubiertas por hielo. Son actores quizás más pasivos, muchos soterrados, que testimonian un pasado pero que no dejan de ser huellas humanas con distintos grados de contaminación ambiental. Algunas podrían ser conservadas como monumentos históricos, testimonio de un pasado epopéyico y heroico de quienes nos precedieron, pero sin

caer en el facilismo de tratar de encasillar así aquellos residuos que deben ser retirados bajo el seguimiento de un plan previamente evaluado, donde los efectos de la remoción de los mismos no sean más perjudiciales que su contención en la situación actual.

Con respecto a los roles en las estaciones antárticas, es necesaria una actualización, tal como la que ha ocurrido, por ejemplo, en las marinas mercantes de prácticamente todo el mundo, bajo la tutela de la Organización Marítima Internacional. Desde hace ya varios años, los oficiales y algunos tripulantes reciben capacitaciones en comunicación, y ha ido desapareciendo la figura del operador radio que supimos conocer. Equipos modernos, automatizados, confiables, fácilmente monitoreados a la distancia, de sencilla operación y con cierta redundancia abren el espacio al concepto de multitarea. Otras áreas de servicios, como la cocina y limpieza, deben ser modernizadas. Raciones individuales preparadas están siendo utilizadas en distintos emprendimientos, con muy buenos resultados. Seguramente es posible optimizar la asignación de las tareas con un sentido empático que permita compatibilizar los esfuerzos del personal con las misiones asignadas para períodos que no suelen exceder el año y reducir las dotaciones, y con ello la logística asociada.

Para cerrar este título diré que el empleo de helicópteros para tareas logísticas es extremadamente oneroso; solo debería ser considerado como medio alternativo y no de manera rutinaria. Por esto, las bases construidas en las alturas de los terrenos deben ser evitadas o al menos contar con una posta de abastecimiento cercana construida al nivel del mar.

Los belgas, grandes pioneros antárticos que supieron iluminarnos con la fantástica y primera expedición científica, de carácter cosmopolita y liderada por el marino de la armada Adrien de Gerlache de Gomery entre los años 1897 y 1899, nos vuelven a marcar el sendero mirando hacia el futuro tras la inauguración de la base antártica

Princesa Isabel, un verdadero ejemplo a seguir. Han logrado combinar exitosamente varios de los puntos que hemos abordado en este capítulo y demuestran así que en la toma de la decisión final no son los costos económicos los que la rigen, sino los financieros y el compromiso con el medioambiente. Recomiendo analizar y profundizar cómo el veterano explorador belga Alain Hubert concibió el proyecto y cuál fue el desarrollo final alcanzado en solo casi dos años de esta denominada “base verde” (Alain Hubert, 2004).

“La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de vida de todo progreso.”

Louis Pasteur

4. La importancia insustituible e indiscutible de la ciencia antártica

Estimo que, a esta altura de la lectura, se ha develado el secreto de lo mucho que me inspira la exploración en lugares recónditos y la vida en el espacio exterior. Carl Sagan dijo: “En algún lugar, algo increíble está esperando ser descubierto”, lo que nos lleva a preguntarnos cuánto conocemos de la Antártida y cuánto más, seguramente, custodiado por los hielos, nos falta aún conocer.

Obviamente, estudios científicos sobre glaciología, oceanografía y meteorología no pueden faltar, y debería esperarse que nos entreguen predicciones sobre lo que podría ocurrir en un futuro no muy lejano. El crecimiento o derretimiento de los glaciares y de los campos de hielo incidirán directamente en la temperatura del agua, y esto, a la vez, en el desarrollo de la vida, con la consecuente afectación de la cadena trófica.

Mientras leía el reporte de la expedición científica a la Antártida liderada por Bélgica, aquella misma que invercó por primera vez,

me sorprendió la cantidad de nuevos especímenes de fauna y flora descubiertos, pero en particular hubo un par de ellos que capturaron totalmente mi atención. Me refiero a una especie de mosquito cuya adaptación al medio le hizo perder las alas, perteneciente al género de los dípteros y que pasó a la historia como *Bélgica antártica* en honor a la citada expedición. Mide menos de un centímetro y en semejante longitud su organismo ha resuelto cómo sobrevivir durante más de un año pese a tener sus fluidos corporales congelados. Esta especie fue estudiada originalmente por Jean-Charles Jacobs, en 1906.

Otro espécimen misterioso recolectado en la misma expedición es el *Tardigrada*, más conocido como "oso de agua" o *sloth-animals*. ¿Quién se imaginaría que este animal microscópico puede sobrevivir más de tres décadas congelado? Un informe escrito una década atrás describe el éxito logrado por el Instituto Nacional de Investigación Polar de Japón al resucitar a uno de estos osos de agua que había sido encontrado en 1983 en proximidades de la estación antártica japonesa Showa. Esta propiedad de sobrevivir reduciendo los procesos metabólicos, denominada criptobiosis, le permite soportar un rango de temperaturas extremas y variadas, asimilables a las condiciones que se pueden encontrar en el espacio (Instituto Nacional de Investigación Polar de Japón -NIPR-, 2014).

Ambos animales citados previamente fueron hallados en la expedición belga realizada entre 1897 y 1899 (Gerlache de Gomery, 1904). Los informes oficiales dicen que a lo largo de la misma, que incluyó la Patagonia, pudieron documentarse aproximadamente 1.200 especímenes de fauna y unos 400 de flora, para lo cual el papel del naturalista rumano Emil G. Racovitza fue fundamental (Waters, 1904).

Seguramente, estudios científicos sobre la genética de la fauna y flora antártica podrán acercar aportes a la farmacéutica y a la biología, en relación con cómo es que estos especímenes logran que los fluidos corporales no se congelen a tan bajas temperaturas.

En cuanto al área de la medicina, considero prioritario continuar estudiando los efectos de la insuficiencia de vitamina D debido a la falta de exposición a la luz solar. También sería muy interesante continuar con estudios psicológicos, realizar el seguimiento del comportamiento humano en períodos de aislamiento prolongado, y debatir sobre cuál sería el mejor perfil que debería tenerse en cuenta para la selección del personal que invernará. Esto ayudará a dirimir sobre quiénes son, al menos estadísticamente hablando, los que logran la mejor adaptación para una misión de estas características, en un abanico de posibilidades que van desde individuos ermitaños a otros más extrovertidos y sociables.

La geografía antártica permite realizar también observaciones espaciales desde lugares privilegiados. En resumen, los resultados obtenidos de las investigaciones encaradas desde distintas disciplinas podrán ser aplicados a los viajes espaciales.

“El mayor enemigo del conocimiento no es la ignorancia,
es la ilusión del conocimiento.”

Stephen Hawking

5. Algunos comentarios finales

Seguramente no he agotado las opciones para lograr la mayor eficiencia energética y logística antártica, pero estoy convencido de que seguir estas buenas prácticas ayudará a reducir los efectos inevitables de la presencia humana, en pos de la conservación más prístina de nuestro querido continente polar.

Nuevos países se incorporarán a la actividad antártica en los años venideros. Otros ampliarán sus programas. No será entonces una sorpresa que la demanda de construcción de flamantes bases se vaya

incrementando. ¿Por qué no compartir las bases actuales, en especial aquellas que están prácticamente subutilizadas?

Una de las premisas más importantes que signa el espíritu del Tratado Antártico es la cooperación internacional. En su preámbulo, y especialmente en el artículo III de este magnífico instrumento legal que ya cumplió más de seis décadas, se pueden hallar las directrices sugeridas en este sentido. Las hemos leído y citado hasta el cansancio, pero en muchas ocasiones no logramos dar el salto hacia la innovación y el verdadero trabajo en equipo multinacional.

Son las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico (RCTA) el foro por excelencia donde estos temas deben ser presentados. Me refiero a tratar de realizar las coordinaciones entre los países interesados con el objeto de desarrollar investigaciones que podrían ser cobijadas en bases ya existentes, al igual que diseñar una estrategia antártica común, rescatando el espíritu primigenio que dominó la organización del Año Geofísico Internacional, al menos en sus orígenes.

No me considero un experto en cuestiones de cambio climático, pero puedo confirmar que en la Antártida **algo** está pasando. Comparando lo visto en 1989 con el 2017, y esto lo digo en primera persona, los glaciares costeros se han reducido notablemente en altura y superficie, dejando al descubierto rocas, las superficies de musgos y líquenes son más extensas y más desprovistas de nieve, las temperaturas han tenido algunos registros con aumentos notables, llueve con más frecuencia y he avistado nuevas aves de características subantárticas, como el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). Expertos opinarán con más propiedad, pero la Antártida es dinámica, no está congelada, mas podría estar descongelándose, quizá como parte de un ciclo que luego la torne más fría aún o no.

“El futuro tiene muchos nombres.
Para los débiles es lo inalcanzable.
Para los temerosos, lo desconocido.
Para los valientes, es la oportunidad.”

Victor Hugo

6. Epílogo

Hemos transitado por los senderos indivisibles de la ciencia y la logística antártica, en un intento de compartirles la experiencia que recogí allá en más de una decena de campañas realizadas. Sabemos que debemos continuar realizando estas actividades.

Y cuando hablamos de costos... ¿cuánto cuesta una vida humana? Esta fue siempre mi mayor preocupación, especialmente cuando llevé sobre mis hombros la máxima responsabilidad de liderar dos expediciones entre 2015 y 2017 sin contar con los mejores medios. Diferentes riesgos son inherentes a la actividad antártica: incendios, caídas en grietas, traumatismos ocurridos durante la manipulación de la carga son bastante frecuentes, pero la muerte viste de hipotermia, es el ajuar que prefiere. Siempre, siempre, a cuidarse de ella y a cuidar a los demás de ella. La he visto de cerca en más de un par de oportunidades, es peor que las sirenas de Ulises. Solo Neptuno y la máxima precaución personal pueden protegernos.

Grandeza y conciencia de los seres humanos responsables y decisores es lo que necesitamos hoy y ya, partiendo desde la indiscutible realidad de que estamos de paso y de que, por ende, se nos ha prestado temporariamente la Antártida, vale decir que no somos sus eternos dueños. Necesitamos que todos los países actúen con humildad, cooperación sincera, sustentabilidad, real compromiso ecológico, una férrea decisión de heredar a las generaciones futuras la mejor Antártida que podamos lograr, para lo cual se requiere cuidar nuestro

actual legado, su frágil medioambiente y su ecosistema, ser el ejemplo por excelencia de cooperación internacional, que de ahí fluya hacia el resto del planeta esta magnífica forma de convivencia y progreso, en momentos en que, como sucede hoy, la tan ansiada y furtiva paz mundial es escasa.

Referencias

- Comisión Europea. "Científicos belgas anuncian una base ecológica que investigará el cambio climático en la Antártida", 2 de marzo de 2023, <https://cordis.europa.eu/article/id/28302-belgian-scientists-unveil-ecofriendly-research-base-to-study-climate-change-on-antarctica/es> [13.03.2024].
- Consejo del Ártico, <https://arctic-council.org/> [02.04.2024].
- Evaluación de Impacto ambiental, <https://www.ats.aq/s/eia.html> [29.03.2024].
- Gerlache de Gomery, A. (1904). *The Belgian Antarctic Expedition, Summary report of the Voyage of the "Belgica" in 1897-1898-1899*, Royal Academy of Belgium, Brussels, 1904.
- ÍnaturalisticEc. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/353460-Belgica-antarctica> [10.04.2024].
- La Capital* (2009). "Bélgica inauguró en la Antártida la más avanzada base científica", 17 de febrero de 2009, <https://www.lacapital.com.ar/informacion-general/beacutelgica-inauguroacute-la-antaacutertida-la-maacutes-avanzada-base-cientiacutefica-n322619.html> [13.03.2024].
- La Capital* (2016). "Científicos japoneses resucitan con éxito un oso de agua que estuvo congelado 30 años", 15 de enero de 2016, <https://www.lacapital.com.ar/informacion-general/cientificos-japoneses-resucitan-exito-un-oso-agua-que-estuvo-congelado-30-anos-n499151.html> [16.03.2024].
- Tratado Antártico, <https://www.ats.aq/s/antarcticreaty.html> [25.03.2024].
- Waters, A. (1904). *Expedition Antarctique Belge. Resultats. Rapports Scientifiques. Zoologie*. Comission de la Belgica.

La Antártida, el sexto continente, atrae por sí sola aun sin conocerla en profundidad. Cuánto mayor es el interés al descubrir toda su riqueza e importancia para todo el planeta.

Podemos separar en dos ejes de relevancia lo concerniente a la cuestión antártica: política y ciencia.

En relación con el primer eje, el Sistema del Tratado Antártico es ejemplo de cooperación internacional, cuya prevalencia en el tiempo sigue siendo un valor defendido por los actores involucrados y la comunidad internacional entera, en el compromiso de que se mantenga así.

En relación con el segundo, el estudio de los recursos naturales y de la geofísica es de relevancia para el desarrollo de la ciencia en general y los fenómenos naturales que se estudian influyen, al igual que las corrientes oceánicas que se conectan e interrelacionan con el clima y los recursos marinos a nivel global, en el presente y el futuro del mundo.

Esta publicación quiere ser un acercamiento profundo a la actualidad antártica, desde especialistas para el público interesado en general, como continuación del trabajo de las fundaciones Konrad Adenauer y Embajada Abierta comenzado en 2019.

Constituye un aporte a la difusión y apoyo al conocimiento de este continente y de su sistema internacional de gobernanza pacífica y cooperativa como proyección necesaria para un futuro sustentable.

