

p.9

Las macroalgas antárticas
y su vulnerabilidad al
cambio climático

p.26

Ciencia antártica:
prioridades para los
próximos 20 años

p.28

Kril,
la pieza clave de un
mundo desconocido

Vol. 33 nº1 2014

BACH

BOLETÍN ANTÁRTICO CHILENO

p.4

El viaje de invierno de las ballenas jorobadas

¿A dónde viajan las ballenas jorobadas a reproducirse? Investigación financiada por el INACH entrega nuevos antecedentes, junto con sugerir una posible recuperación de estas poblaciones de cetáceos.

EDITORIAL

Viajando a la Antártica en
Magallanes

AVANCES DE LA CIENCIA ANTÁRTICA



04

El viaje de invierno de las
ballenas jorobadas

09

Las macroalgas antárticas y
su vulnerabilidad al cambio
climático



12

Esponjas antárticas como
modelo para estudiar cambio
climático y su efecto cascada
sobre las comunidades
bentónicas

15

Mejoramiento de la
producción de antioxidantes
en cepas de levaduras
antárticas



18

Control de cambios: un día
en la base antártica Arturo
Prat, medio siglo después

21

Los desechos marinos y el
lobo fino antártico: ingesta y
enmallamiento

UNA MIRADA A LA ANTÁRTICA DESDE MAGALLANES

23

La "alfabetización
antártica" es responsabilidad
de Magallanes



24

Antártica:
¿Una oportunidad
para el desarrollo
magallánico?



25

El cambio global
en el fin del mundo,
¿a quién le importa?



REPORTAJES

26

La ciencia antártica define
sus prioridades para los
próximos 20 años

28

Kril,
la pieza clave de un mundo
desconocido

ACTIVIDAD INTERNACIONAL

POLÍTICA ANTÁRTICA NACIONAL

EDUCACIÓN Y CULTURA ANTÁRTICA

DIRECTOR Y REPRESENTANTE LEGAL

José Retamales E.

EDITOR

Reiner Canales

(E-mail: rcanales@inach.cl)

COMITÉ EDITORIAL

Marcelo Leppe

Elías Barticevic

ASESORES CIENTÍFICOS

Anelio Aguayo

Jorge Gallardo C.

Marcelo González

Paris Lavín

Marcelo Leppe

DIRECCIÓN DE ARTE

Pablo Ruiz Teneb

DISEÑO / DIAGRAMACIÓN

Pamela Ojeda / LPA

Javiera Ratto / INACH

Miguel Mansilla / INACH

PORTADA

Pablo Ruiz Teneb

DIRECCIÓN

Instituto Antártico Chileno

Plaza Muñoz Gamero 1055

Punta Arenas - Chile

Fono: 56-61-2298100

Fax: 56-61-2298149

email: inach@inach.cl

Esta revista es analizada y difundida a nivel internacional por:

- PERIÓDICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, del Centro de Información Científica y Humanística de la Universidad Autónoma de México.
- Bowker International Serials Data Base.
- Current Antarctic Literature.
- Antarctic Bibliography.
- IBZ International Bibliography of Periodical Literature.
- Current Geographical Publications.

Las opiniones emitidas en este número son de responsabilidad de los autores de los artículos y no representan necesariamente la posición del Instituto.

La reproducción total o parcial del contenido de la revista está autorizada mencionando la fuente. Publicación semestral con un tiraje de 1.000 ejemplares, de distribución gratuita.



Dr. José Retamales
Director Nacional
Instituto Antártico Chileno

EDITORIAL

Viajando a la Antártica en Magallanes

Su Excelencia la Presidenta de la República Michelle Bachelet Jeria anunció en junio pasado los ejes del Plan Especial de Zonas Extremas para la Región de Magallanes, que comprende, entre otras cosas, el diseño y construcción de un Centro Antártico Internacional.

Esta obra cobijará un área interactiva museográfica, un área de investigación avanzada y una plataforma de servicios logísticos para programas antárticos internacionales.

¿Qué significa esto para el país y para Magallanes? Quizás la pregunta es un poco estrecha, porque, en realidad, habría que preguntarse qué significa esto para el mundo.

Construir una obra de esta magnitud en una de las cinco ciudades que son puertas de entrada al Continente Blanco, significa recuperar todo el patrimonio polar centenario de Punta Arenas y desplegar un potencial de desarrollo en la producción y valoración de conocimientos, en educación y para la industria y servicios.

Es dar una clarísima señal interna hacia un nuevo polo de crecimiento y decirle al mundo que para conocer la Antártica, Punta Arenas puede ser una de las mejores opciones.

El desafío no es menor. Ningún área de este proyecto, incluso una vez finalizado, será estática. Cuando tengamos lista una exposición interactiva, ya habrá que pensar en otra. Para recibir a científicos chilenos y extranjeros, debemos conocer qué es lo que importa al mundo y por qué resulta conveniente estudiarlo desde Magallanes; será necesario explorar asociaciones con más países y relacionarnos con otras áreas geográficas (el Ártico, por ejemplo). Cuando se tenga definida una plataforma de servicios logísticos, un nuevo requerimiento surgirá para trabajar en una zona hoy poco explorada del vasto Continente Helado.

Pero esta tarea no parte de cero. Hace diez años que el INACH trasladó su sede principal a Punta Arenas, lo que permitió repensar sus líneas estratégicas. Los cambios implementados han permitido un crecimiento sólido del Programa Nacional de Ciencia Antártica logrando una mayor participación de científicos, mayor diversidad y alcance de proyectos de investigación, más universidades e instituciones involucradas, mayor colaboración con otros países.

Esta red en expansión, sin duda, será imprescindible para apoyar el funcionamiento del futuro centro antártico y consolidar, así, la posición de Chile en el panorama polar mundial. En este número de nuestro *Boletín* podemos apreciar los resultados de proyectos y acciones que convergen en este nuevo estadio del avance científico antártico nacional.



Jorge Acevedo R.
Centro de Estudios del Cuaternario
de Fuego-Patagonia y Antártica
(Fundación CEQUA)
jorge.acevedo@live.cl

El viaje de invierno de las ballenas jorobadas

¿A dónde viajan las ballenas jorobadas del sur en invierno? Cada verano, ellas se alimentan en las aguas de la península Antártica, el estrecho de Magallanes y el golfo Corcovado, pero poco se sabe de los lugares a los que viajan en invierno para reproducirse. El proyecto “Conexiones migratorias invernales de *Megaptera novaeangliae* que se alimentan en aguas antárticas y de Chile continental, revelado por análisis de fotoidentificación”, financiado por el INACH, obtuvo resultados que constituyen un inédito aporte al conocimiento de estos extraordinarios mamíferos. Los análisis sugieren que las ballenas que se alimentan en la península Antártica mostrarían una mayor tendencia por viajar a la localidad invernal de reproducción de Machalilla (Ecuador), seguida por las localidades de Salinas (sur de Ecuador) y centro de Colombia. En tanto, las ballenas que se alimentan en el estrecho de Magallanes no muestran un patrón definido de migrar hacia alguna localidad invernal en particular, pero algunas evidencias apuntan a una posible tendencia hacia aguas más norteñas (América Central). Además, sobre la base de la cantidad de ballenas fotoidentificadas hasta la fecha y la baja tasa de recaptura, mostraría que esta unidad poblacional de ballenas se encuentra en franca recuperación post-ballenería y probablemente con un tamaño poblacional mucho más grande de lo que las estimaciones actuales indican. Este proyecto contó con la colaboración de investigadores e instituciones de Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá y Perú.

Figura 1. Ejemplares de ballenas jorobadas en aguas de la costa occidental de península Antártica.



La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) es una de las especies de grandes cetáceos que ha recibido una mayor atención de los investigadores de todo el mundo, debido a que es una de las pocas especies de ballenas que presenta una distribución costera, tanto en las áreas de reproducción como de alimentación y, por tanto, las hace de mayor accesibilidad para su estudio.

No obstante lo anterior, las unidades poblacionales de ballenas jorobadas en el hemisferio sur (actualmente se reconocen siete unidades reproductivas) han sido mucho menos estudiadas que aquellas que se encuentran en el otro hemisferio. Ejemplo de lo anterior es que algunos importantes parámetros demográficos, tales como las conexiones migratorias entre sus respectivas áreas de reproducción y de alimentación, por mencionar uno, son hasta la fecha sospechados para varias poblaciones del hemisferio sur.

Para la unidad poblacional de ballenas jorobadas del Pacífico sur oriental, la primera conexión migratoria entre localidades de alta y baja latitudes solo data de la década de 1990, cuando se fotografió un animal en aguas adyacentes a la costa de la península Antártica durante el verano/otoño austral y que fue reavistada fotográficamente cuatro meses más tarde en aguas frente a la costa de Colombia, confirmando así la sospecha que tenían los antiguos balleneros sobre la relación entre individuos localizados en áreas de baja



J. ACEVEDO

Figura 2. Ejemplar de ballena jorobada en aguas del estrecho de Magallanes, Chile.

latitud (asignadas como de reproducción) y aquellas de alta latitud (península Antártica, asignada como de alimentación) (fig. 1).

Catorce años más tarde, en 2004, estas conexiones migratorias incluyeron las aguas de Ecuador. Sin embargo, en los últimos años, la estructura espacial de esta misma unidad poblacional se ha complejizado debido a que el área de reproducción se ha extendido hasta las aguas de Costa Rica, por el norte, y el norte de Perú, como límite sur. A lo anterior, se suman nuevas áreas de alimentación que también han sido identificadas en las costas de Chile en el estrecho de Magallanes y, más recientemente, en el golfo Corcovado, siendo estas las únicas áreas de alimentación fuera de los límites del océano Austral en todo el hemisferio sur (fig. 2).

Por ello, es fundamental evaluar las conexiones migratorias invernales de los animales para comprender esta nueva estructura espacial y su dinámica. Esto permitirá, a su vez, definir los límites apropiados de manejo y conservación.

A pesar de que en la actualidad se considera la existencia de una gran y única área de reproducción (desde Perú hasta Costa Rica) y cuyos individuos se desplazan luego a tres áreas de alimentación discretas (golfo Corcovado, estrecho de Magallanes y península Antártica), algunas evidencias previas

sugieren una posible tendencia de las ballenas del estrecho de Magallanes a migrar hacia aguas más norteñas (América Central) que aquellas que se alimentan en la península Antártica (las que migrarían a Ecuador y Colombia). Los destinos migratorios de las ballenas que se alimentan en el golfo Corcovado están siendo estudiados.

Un gran esfuerzo multinacional entre distintos investigadores e instituciones de Brasil (1 institución), Chile (3 instituciones), Perú (1 institución), Ecuador (3 instituciones), Colombia (2 instituciones), Panamá (2 instituciones) y Costa Rica (2 instituciones), sumado a aportes de terceros, han contribuido con sus respectivos catálogos de fotoidentificación consistentes en decenas o cientos de fotografías de aletas caudales de los individuos avistados, ya que los diferentes matices de coloración blanco/negro junto a otras características secundarias funcionan como una huella digital única y característica para cada individuo (fig. 3).

Así, se crea el primer catálogo poblacional de fotoidentificación de ballenas jorobadas del Pacífico sur oriental con más de 6.000 individuos y con el objetivo de identificar estos destinos migratorios invernales y evaluar posibles tendencias migratorias de las ballenas que se alimentan en aguas antárticas y aquellas de Chile continental.

En la primera parte de nuestro trabajo con

el proyecto “Conexiones migratorias invernales de *Megaptera novaeangliae* que se alimentan en aguas antárticas y de Chile continental, revelado por análisis de fotoidentificación”, financiado por el INACH, se compilaron más de 6.000 fotografías de aletas caudales provenientes de 16 catálogos de fotoidentificación y se depuraron, entre otros aspectos, las características de contraste y brillo de cada fotografía. Para el proceso de comparación entre una aleta caudal fotografiada y otra (búsqueda de un mismo individuo entre diferentes localidades), se creó una plataforma computacional asistida que contiene una base de datos fotográficos unificada, donde cada aleta caudal ingresada fue caracterizada por su patrón de coloración seguida de una serie de rasgos particulares secundarios, permitiendo reducir el tiempo de comparación entre una aleta caudal en particular con aquellas contenidas en la base de datos.

En una segunda etapa, se realizó el proceso de comparación fotográfica para cuantificar el número de conexiones migratorias, es decir, cuántos individuos han sido reavistados fotográficamente entre un área de alimentación y las de reproducción. Adicionalmente, debimos conocer si existían animales en común del golfo Corcovado con las otras dos áreas de alimentación, ya que al existir posibles desplazamientos entre esas áreas, podría sugerirse que la localidad de los canales norpatagónicos fuese solo una zona de paso o transición momentánea hacia las localidades situadas más al sur.

Nuestros resultados mostraron, al comparar las ballenas fotoidentificadas entre las tres localidades de alimentación, una ausencia de animales comunes, sugiriendo que no hay desplazamientos o intercambio de individuos entre las tres zonas de alimentación y, por tanto, cada localidad es considerada como una unidad de alimentación discreta.

El análisis de los destinos invernales mostró 303 eventos de recapturas (es decir, eventos en que las ballenas se vuelven a fotografiar) correspondientes a 243 animales. Sobre este total, las ballenas jorobadas recapturadas desde la península Antártica y el estrecho de Magallanes han sido también reavistadas entre el norte de Perú y Costa Rica (fig. 4), mientras que las ballenas del golfo Corcovado, cuyo número de individuos identificados es pequeño, presentaron unas pocas recapturas solo con localidades más sureñas del área de reproducción.

Sobre la base de estos movimientos encontrados, las ballenas que se alimentan en la península Antártica mostrarían, a la fecha, una mayor tendencia por la localidad invernal de Machalilla (Ecuador), seguida por las localidades de Salinas (sur de Ecuador) y centro de Colombia. Las localidades invernales del norte de Perú, norte de Colombia, Panamá y Costa Rica serían destinos de menos ocupación.

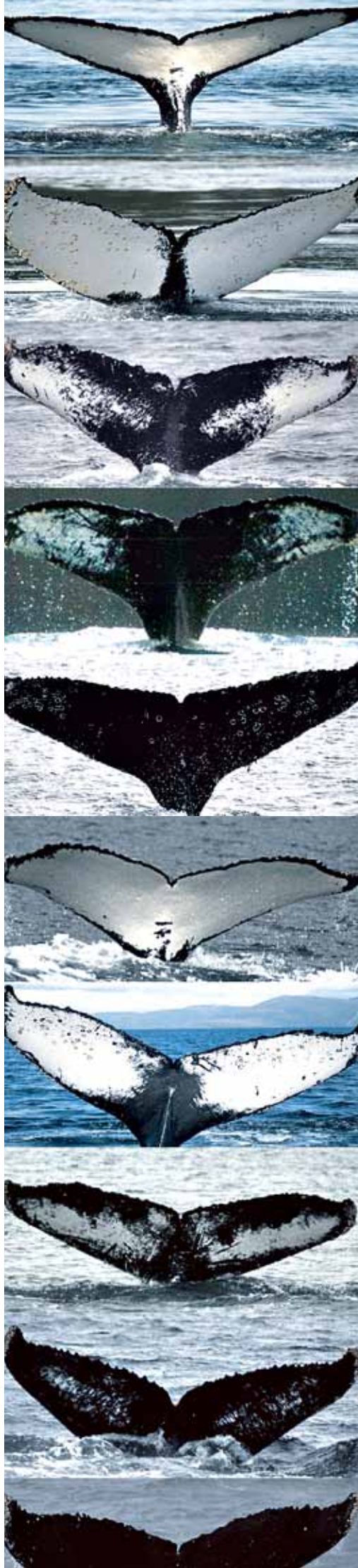


Figura 3. Patrones de coloración de la superficie ventral de la aleta caudal en ballenas jorobadas.

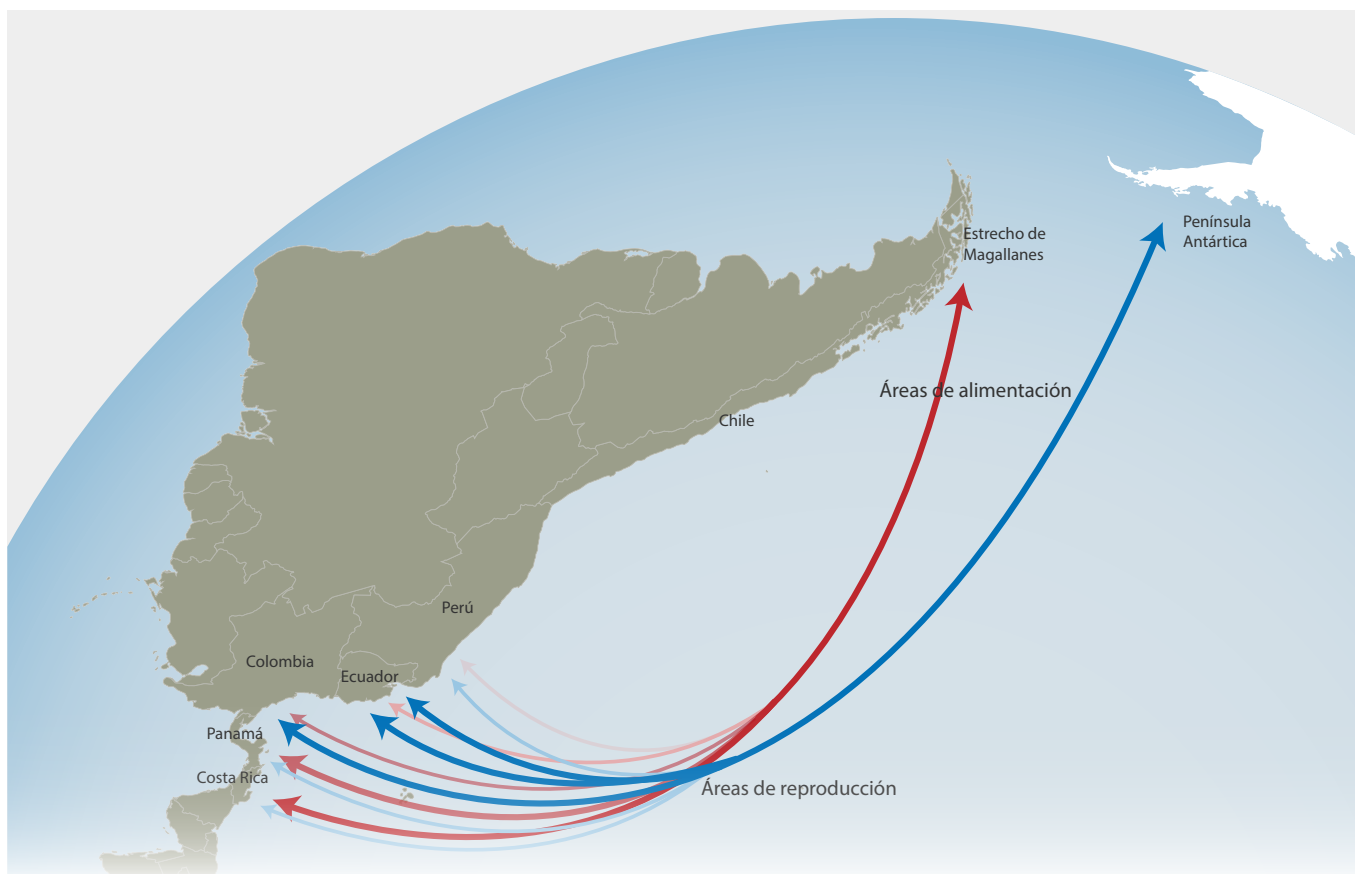


Figura 4. Cuadro con las conexiones migratorias de la ballena jorobada.

Las ballenas que se alimentan en el estrecho de Magallanes no muestran aún un patrón definido de migrar hacia alguna localidad invernal en particular. Sin embargo, las historias de recapturas de ciertos individuos sugieren una mayor tendencia por áreas invernales más norteñas, dado que esos individuos han sido fotografiados en Ecuador y Colombia y luego en Panamá y/o Costa Rica.

Aunque este estudio es el primero que integra la mayor base de datos fotográficos disponible en 14 localidades de concentración de estos animales en la costa occidental de América del Sur y Central, la cantidad de individuos recapturados es pequeña, representando solo el 18,8 % de las ballenas fotoidentificadas en las áreas de alimentación o el 4 % del total de ballenas jorobadas fotoidentificadas en el Pacífico sur oriental. Sin embargo, esas cifras son alentadoras, ya que es una clara señal de que esta unidad poblacional de ballenas se encuentra en franca recuperación post-ballenería, sugiriendo además que el tamaño poblacional es mucho más grande de lo

que las estimaciones actuales indican.

Finalmente, debo agradecer a todos los investigadores que han aportado sus respectivos catálogos de fotoidentificación: Eduardo Secchi, Luciano Dalla Rosa, Anelio Aguayo-Lobo, Rodrigo Hucke-Gaete, Daniela Haro, Aldo Pacheco, Fernando Félix, Ben Haase, Cristina Castro, Judith Denkinger, Lilián Flórez-González, Martha Llano, Kristin Rasmussen, Héctor Guzmán, Frank Garita, Patricia Contador y Jorge Plana.

Las macroalgas antárticas y su vulnerabilidad al cambio climático



A

Figura 1. El ambiente costero antártico es colonizado por abundantes comunidades de macroalgas. A) Ambientes submareales dominados por algas pardas endémicas (*Desmarestia menziesii* e *Himantothallus grandifolius*). B) Sistemas intermareales en bahía Fildes colonizados principalmente por macroalgas (alga parda *Adenocystis utricularis*) efímeras, oportunistas y altamente adaptadas a fuertes cambios en las condiciones ambientales.



Iván Gómez y Pirjo Huovinen
Instituto de Ciencias Marinas y
Limnológicas, Facultad de Ciencias,
Universidad Austral de Chile
igomezo@uach.cl

B



Las macroalgas son la base de los sistemas costeros antárticos, ya que ellas proporcionan sustrato, refugio y alimento para las comunidades bentónicas que allí habitan. Debido al cambio climático, se han intensificado los estudios destinados a cuantificar y predecir los efectos de los cambios en los factores ambientales (por ejemplo, radiación UV y temperatura) sobre la biología de estos organismos y sus consecuencias para las diferentes tramas tróficas que dependen de ellas. En el caso de la radiación UV, las respuestas de las macroalgas antárticas dependen fuertemente de la profundidad y de las adaptaciones fotobiológicas que despliegan. En general, las algas endémicas que dominan zonas profundas son sensibles fotosintéticamente comparadas a algas de zonas someras o del nivel intermareal. Sin embargo, este patrón no es modificado por cambios moderados de temperatura en el corto plazo (2-4 h), indicando que estas especies pueden exhibir mecanismos eficientes de tolerancia térmica. La alta concentración de sustancias

fotoprotectoras, aun en especies de profundidad, correlacionada con alta actividad antioxidante, parecen explicar, por lo menos parcialmente, la tolerancia a temperatura y alta radiación solar de estas algas a lo largo del perfil de profundidad. La extrema variabilidad temporal en el ambiente lumínico de la zona submareal y de temperatura en la zona intermareal, ha derivado en adaptaciones fisiológicas que permiten también explotar recursos a una escala espacial amplia y que genera ventajas para tolerar cambios bruscos en el ambiente. De esta forma, la marcada capacidad para tolerar la radiación UV y la elevada temperatura puede ser constitutiva e importante para garantizar la ocupación y supervivencia incluso en la zona intermareal. Tales características pueden ser prerequisites para resistir cambios a larga escala derivada del cambio climático.

Las macroalgas marinas son muy abundantes en los sistemas costeros antárticos y representan la base de sus comunidades bentónicas y, en general, de sus procesos biogeoquímicos. Estos organismos están muy adaptados a condiciones ambientales extremas, ya que a altas latitudes pueden ser expuestos por varios meses a muy baja luminosidad alternada con periodos de mucha luz.

Esto se ve exacerbado en invierno-primavera por la cubierta de hielo marino y en primavera-verano por la turbidez generada por los arrastres de sedimentos debido a los deshielos y de un aumento del fitoplancton. Es por ello que estas macroalgas tienen muy bajas demandas lumínicas para realizar sus funciones biológicas. Por ejemplo, algunas especies del género *Corallina* pueden fotosintetizar a irradianzas tan bajas como $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, una característica que les permite vivir a mucha profundidad (hasta 50 m) (fig. 1A). Por otro lado, y debido a que la Antártica ha estado congelada desde hace al menos 14 millones de años, las macroalgas muestran requerimientos térmicos muy bajos para fotosíntesis, crecimiento y supervivencia (entre 0 y 10 °C). En este sentido, ellas difieren en el grado de adaptación con respecto a las algas del Ártico, cuya historia de exposición a bajas temperaturas es aproximadamente de 5 millones de años.

También existen algunas macroalgas antárticas que viven en la zona intermareal donde están expuestas a condiciones aun mucho más extremas (fig. 2). Por ejemplo, durante el verano, cuando la costa de algunas localidades está libre de hielo, las macroalgas colonizan los roqueríos y toleran rangos térmicos que pueden oscilar entre -10 y 15 °C durante un ciclo de marea (fig. 1B). Estas algas pueden ser consideradas extremófilas altamente exitosas y, por lo tanto, pueden dar pistas importantes acerca de los mecanismos fisiológicos que permiten soportar no solo cambios ambientales en corto plazo, sino también variaciones de larga escala asociadas al cambio climático. En este contexto, estamos desarrollando el proyecto Anillo "Impacto del cambio global sobre la fisiología de macroalgas antárticas: consecuencias para la producción primaria costera en escenarios de incrementada temperatura y radiación UV", financiado por Conicyt y el INACH (fig. 3).



Exposición a radiación solar: adaptación a baja luz versus fotoprotección contra UV

Uno de los factores que ha cambiado en el último tiempo es la incidencia de la radiación UV-B sobre la Antártica. Debido a la disminución de la capa de ozono en esta región, la incidencia de longitudes de onda entre 280 y 315 nm (UV-B) ha aumentado en primavera. En algas adaptadas a vivir con muy poca luz, este factor puede ser muy dañino para su biología, como ha sido documentado desde hace ya 20 años.

Varios estudios han reportado los efectos nocivos que este aumento puede tener en la fisiología y reproducción de las macroalgas, especialmente en sus fases tempranas, lo cual, bajo condiciones de alta prevalencia, puede causar mortalidad de esporas y gametos con disminuciones en las poblaciones, especialmente en zonas someras. En el caso de las algas adultas, este factor puede causar efectos no letales, como disminuciones en las tasas de fotosíntesis y producción primaria, cuyas implicaciones para los procesos biogeoquímicos de los sistemas antárticos todavía son una incógnita.

Los resultados de nuestras investigaciones revelan que:

- las algas antárticas muestran bajos requerimientos lumínicos para fotosíntesis a lo largo de un perfil de zonación hasta 30 m, es decir, muestran baja aclimatación potencial a las condiciones lumínicas;
- cuando ellas son sometidas a irradianzas correspondientes a niveles de verano de radiación UV-B ($0,3 \text{ W m}^{-2}$) por tiempos cortos (2 a 4 h), se observa una respuesta asociada con la profundidad, donde las algas de zonas más cercanas a la superficie muestran mayor tolerancia a la radiación UV comparado a macroalgas que viven en profundidades mayores a 10 m;
- la vulnerabilidad estimada a partir del daño en ADN es relativamente alta en especies provenientes de la zona más profunda, las que además muestran bajas tasas de reparación de daño;
- la capacidad antioxidante de las algas es alta a lo largo del gradiente de profundidad y no es sustancialmente modificada por la radiación UV; y
- los contenidos de compuestos fotoprotectores en algas pardas (fenoles) son elevados y fuertemente relacionados con la actividad antioxidante (fig. 4).

En general, las respuestas metabólicas de las macroalgas marinas que se han seleccionado para contrarrestar los amplios cambios estacionales (variabilidad ambiental a escala temporal) en el ambiente son perfectamente funcionales para hacer posible que estas algas también ocupen amplios rangos de profundidad (variabilidad a escala espacial).



¿Y si aumenta la temperatura?

Al potencial efecto de la radiación solar UV se ha sumado recientemente el aumento de la temperatura del agua producto del calentamiento global. El reciente informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC 2013), indica que la pérdida de masas de hielo en la Antártica producto del aumento de la temperatura de los océanos continuará por décadas. Diversos estudios han indicado que los efectos locales serán más severos en sectores de la península Antártica e islas adyacentes, por lo tanto, este factor podría afectar, por sinergia o antagonismo, los impactos de otros factores tales como la radiación UV o la acidificación de los océanos sobre la fisiología de las macroalgas.

Debido a que cambios en la temperatura modifican la velocidad de las reacciones químicas y especialmente la estructura de las membranas tilacoidales, el estudio de los procesos fotoquímicos alojados en estas estructuras entrega importante información acerca del potencial efecto de la temperatura sobre, por ejemplo, el grado de disminución de la fotosíntesis determinado a través del rendimiento cuántico máximo de fluorescencia (conocido como F_v/F_m).

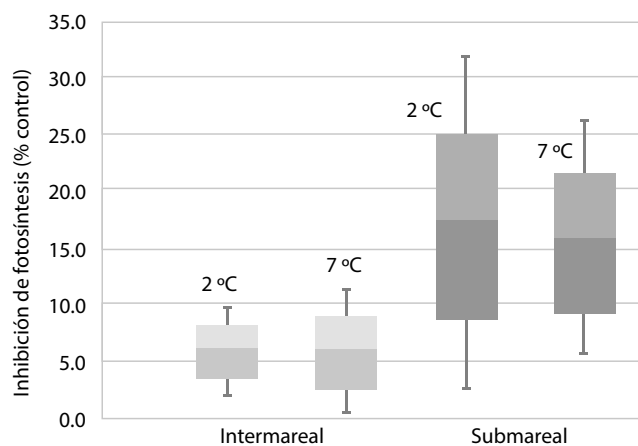
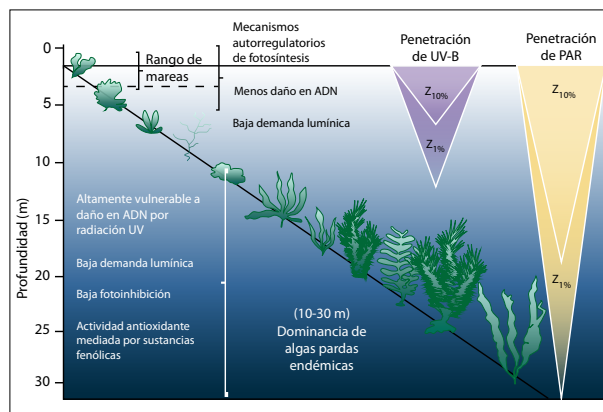
Los resultados de las incubaciones por 4 horas a $0,3 \text{ W m}^{-2}$ de radiación UV-B y $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de luz visible a dos temperaturas (2°C , similar al ambiente natural e incrementada a 7°C) indican claramente que la disminución en la fluorescencia es más marcada en algas que habitan bajo los 10 m de profundidad (disminuciones cercanas a 20 %) comparado con algas del intermareal (disminuciones menores a 10 %). Sin embargo, el aumento de la temperatura no tiene un efecto sobre este patrón de respuesta en ambos tipos de ensamblajes (fig. 5).

La alta capacidad de las macroalgas antárticas para fotosintetizar a temperaturas mayores que las de su hábitat aparentemente tiene varias explicaciones. En las algas intermareales, esto es un reflejo de su carácter invasivo y oportunista que les permite crecer, reproducirse y utilizar de forma muy eficiente recursos tales como luz, nutrientes, etc.

En el caso de las especies endémicas de profundidad, aunque viven en un ambiente más estable en términos fotobiológicos, e stas poseen diferentes adaptaciones ante factores tales como baja luz, herbivoría, etc., que además son funcionales para modular sus respuestas térmicas. Por ejemplo, la presencia en estas algas pardas de altas concentraciones de fenoles, les permite responder a diferentes cambios ambientales, ya que estas sustancias tienen múltiples roles en la célula, ya sea como fotoprotectores, antioxidantes o sustancias primarias involucradas en la formación de pared celular.

Los contenidos de sustancias fotoprotectoras (florotaninos) en algas pardas son elevados y se relacionan con la alta capacidad antioxidante de estas especies independiente de la profundidad a la cual crecen. Estos resultados sugieren que estos compuestos son constitutivos e importantes para garantizar respuestas anti-estrés (a partir de factores abióticos y bióticos) en amplias zonas del perfil vertical de distribución.

Especialmente llama la atención que algas de profundidad como *Himantothallus grandifolius* o *Desmarestia menziesii* presenten altos valores de florotaninos y actividad antioxidante en respuesta a la radiación UV, lo que les permite también ocupar zonas de menor profundidad, donde la temperatura probablemente puede subir algunos grados.



Finalmente, la capacidad potencial de estas algas para tolerar, al menos en el corto plazo, altos niveles de UV y temperatura entrega indicios de un acervo genético, reflejo de antiguos cambios en el clima antártico que no se han perdido en el transcurso de su evolución a bajas temperaturas. Esto sugiere que las algas antárticas poseen los prerrequisitos metabólicos para adaptarse al cambio climático contemporáneo. Sin embargo, los estudios moleculares, en conjunto con modelos ecológicos y climáticos, nos permitirán responder estas interrogantes.

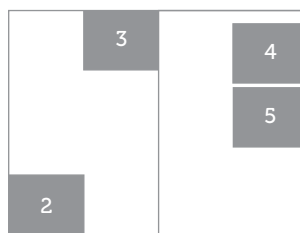


Figura 2. El Dr. Iván Gómez (UACH) recolectando algas en sistemas intermareales en bahía Fildes.

Figura 3. Los autores durante uno de los trabajos de terreno en la bahía Fildes, isla Rey Jorge, archipiélago Shetland del Sur.

Figura 4. Sinopsis de los principales escenarios luminicos en un sistema litoral antártico dominado por macroalgas. El esquema de zonación y distribución en profundidad de las principales especies de macroalgas está fuertemente determinado por los procesos fotobiológicos y penetración de la radiación solar.

Figura 5. Efectos de la temperatura sobre las respuestas fotoquímicas (F_v/F_m) a radiación UV expresadas como porcentaje de disminución con respecto a un control sin UV. Exposiciones de algas intermareales y submareales (10-20 m) fueron realizadas durante 4 h. Valores representan promedios y desviación estándar de 6 especies para cada nivel.



César Cárdenas y Marcelo González
Instituto Antártico Chileno
ccardenas@inach.cl

Esponjas antárticas como modelo para estudiar cambio climático y su efecto cascada sobre las comunidades bentónicas

La península Antártica ha experimentado cambios drásticos en la temperatura del aire y del mar durante los últimos 50 años y los seguirá experimentando. Dichos cambios pueden afectar a especies clave y, por tanto, influir en los procesos ecosistémicos asociados. Las esponjas son importantes componentes de los arrecifes rocosos antárticos y juegan roles fundamentales en la dinámica de las comunidades como proveedores de microhábitats e influenciando positivamente la diversidad y composición de las comunidades bentónicas antárticas. Sin embargo, hay vacíos en el conocimiento sobre la adaptación de las esponjas antárticas a las condiciones ambientales actuales, que permitan entender cómo el cambio climático podría afectar su funcionamiento a nivel molecular/funcional, su relación con las comunidades microbianas y los roles que las esponjas cumplen en el ecosistema. Llenar este vacío nos permitirá mejorar nuestro entendimiento sobre la estabilidad de los ecosistemas actuales y el potencial efecto del cambio global.

La península Antártica es una de las zonas que ha sufrido drásticos cambios tanto en la temperatura del aire como en el agua durante los últimos 50 años, siendo el panorama no muy alentador ya que se estima un incremento de unos 2 °C durante los próximos 100 años (Panel Intergubernamental del Cambio Climático, IPCC).

De acuerdo a los modelos teóricos de cambio climático, los cambios proyectados constituyen una importante amenaza para los organismos marinos, algunos de los cuales cumplen importantes roles en el ecosistema antártico. Los seres vivos conviven en una estrecha relación, tanto que cuando se daña uno se altera todo el ecosistema, en un efecto que se conoce como “efecto cascada”. Por esto, el cambio global tendría un efecto cascada desde el nivel específico al nivel de comunidad y también en procesos ecosistémicos de gran importancia como el acoplamiento bento-pelágico (intercambio de materia orgánica y nutrientes entre el sedimento del fondo y la columna de agua).

El recientemente creado programa del Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR) denominado AnT-ERA por “Antarctic Thresholds: Ecosystem Resilience and Adaptation” (Umbrales Antárticos: Resiliencia y Adaptación del Ecosistema), tiene como principal objetivo orientar la investigación requerida para examinar los cambios en procesos biológicos, desde el nivel molecular al ecosistémico, en ambientes antárticos y subantárticos, a fin de determinar umbrales, resistencia y adaptación de los organismos al cambio climático.

Los estudios previos han reportado la existencia

de algunos invertebrados marinos que tienen una limitada capacidad para aclimatarse a temperaturas más elevadas, lo cual resulta en una serie de efectos negativos que pueden afectar su fisiología, resultando en la pérdida de funciones biológicas críticas para dichos organismos marinos, como también su supervivencia. Por ejemplo, un tipo de molusco bivalvo (*Adamussium colbecki*) pierde su capacidad de nadar cuando es sometido a temperaturas de 2 °C.

Sin embargo, es sabido que las respuestas fisiológicas varían entre distintas especies, las cuales afectarán también sus interacciones con otros organismos (por ejemplo, depredación y competencia), lo que a su vez afectará la estructura y función de la comunidad, tramas tróficas y el ecosistema en general.

Por esta razón es importante no solo entender las respuestas de los organismos marinos antárticos a nivel molecular y específico, sino también en conjunción con lo anterior, entender los actuales procesos biológicos y los factores ambientales que influyen los ensamblajes biológicos antárticos.

¿Por qué estudiar las esponjas antárticas?

Las esponjas son un grupo muy importante por su diversidad y abundancia en muchas latitudes y el continente antártico e islas adyacentes no son la excepción. En algunas áreas de la Antártica, las esponjas pueden llegar a ser los organismos bentónicos más abundantes, cubriendo más del 50 % del sustrato marino.

De acuerdo al conocimiento existente proveniente de otras latitudes, las esponjas cumplen importantes y diversos roles funcionales como la creación y estabilización del sustrato y el acoplamiento bento-pelágico (rol en los ciclos del carbono, sílice, nitrógeno). Además, proveen refugio contra depredadores a un sinnúmero de especies (como peces e invertebrados), facilitan el éxito reproductivo y asentamiento de otros organismos, incrementando la biodiversidad. También poseen importantes y diversas asociaciones con otros macro y microorganismos.

Recientemente, se ha planteado que algunos de los microorganismos asociados a esponjas, específicamente bacterias, serían responsables de la producción de sustancias químicas (metabolitos secundarios) usadas por las esponjas para defensa y competencia con otros organismos. Esta relación entre esponjas y bacterias ha recibido considerable interés como potencial fuente biotecnológica en la creación de nuevos fármacos, razón por la cual se les considera hasta ahora como la mayor fuente de metabolitos secundarios marinos bioactivos.

Ahora bien, la mayoría de los roles funcionales conocidos en esponjas han sido descritos en zonas tropicales o templadas, existiendo aún poca información en esponjas de altas latitudes. En base al conocimiento existente sobre algunas esponjas antárticas, es sabido que juegan un importante rol en la dinámica de la comunidad (fig. 1), principalmente como proveedores de microhábitats, los cuales son ocupados por muchas otras especies de invertebrados y peces, propiciando un aumento de la biodiversidad, además de constituir una fuente de alimento para otros organismos marinos como estrellas de mar y nudibranchios. Por su abundancia, es de esperar que las esponjas cumplan muchos otros importantes roles en el ecosistema antártico, del mismo modo en que lo hacen en otros ecosistemas.

Por lo anteriormente dicho, estos organismos constituyen un grupo ideal para el estudio de respuestas y adaptaciones al cambio climático (fig. 2). Recientes estudios realizados en la plataforma



Figura 1. Las esponjas cumplen una importante función en las comunidades bentónicas antárticas al servir como refugio y fuente de alimentación para muchos organismos como también agregando tridimensionalidad a los fondos marinos propiciando el aumento de la biodiversidad.

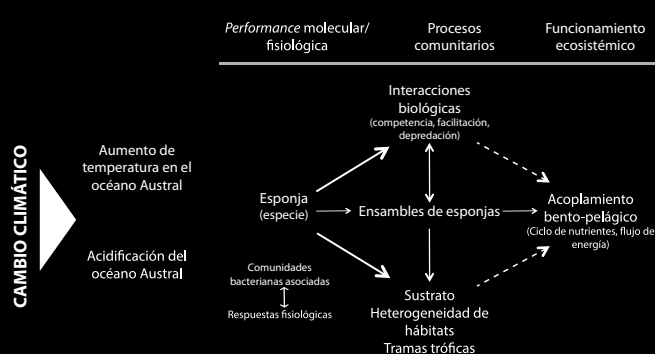


Figura 2. Potenciales efectos del cambio climático en esponjas y el efecto cascada que generaría en la comunidad y en el ecosistema. El programa de SCAR denominado ArT-ERA plantea la realización de investigación para examinar los cambios en procesos biológicos, desde el nivel molecular al ecosistémico, en ambientes antárticos y subantárticos, a fin de determinar umbrales, resistencia y adaptación de los organismos al cambio climático. El cambio climático global no solo afectaría negativamente a las esponjas antárticas a nivel de especie (en términos moleculares y fisiológicos), sino que también podría tener un efecto cascada directo (línea sólida) o indirecto (línea segmentada) sobre las relaciones biológicas, la comunidad en general como también en los procesos que ocurren en el ecosistema.



Figura 3. La esponja *Mycale (Aegogropila) magellanica* es una especie que se encuentra tanto en Magallanes (izquierda) como en la Antártica (derecha), por lo que podría entregarnos interesante información acerca de las respuestas de esponjas que poseen amplia distribución geográfica.

Larsen han reportado rápidos aumentos en la abundancia y biomasa de esponjas vítreas de aguas profundas luego del colapso de dicha plataforma. Sin embargo, estudios anteriores en esponjas vítreas de aguas someras documentaron respuestas mucho más lentas, lo cual contrasta con lo observado en Larsen.

Lo anterior demuestra el nivel de desconocimiento de las respuestas que podrían tener los diferentes grupos y especies de esponjas ante un escenario de cambio climático. Nuestra línea de investigación espera contribuir al mejoramiento del conocimiento que ayudará a responder algunas importantes preguntas, como ¿cuál será la respuesta de las esponjas antárticas al calentamiento global?, ¿cuáles serán los efectos a nivel molecular?, ¿variarán las respuestas de especies de esponjas que se encuentran distribuidas tanto en Antártica como en Magallanes? Ante un efecto negativo en esponjas ¿cómo afectará esto su distribución y las relaciones de competencia o relaciones con depredadores como las estrellas de mar, quienes pudieran tener mayor resistencia o adaptaciones al cambio climático?, ¿cuál sería el efecto cascada sobre la comunidad bentónica y el flujo bento-pelágico?

Para responder algunas de estas preguntas estudiaremos esponjas como *Mycale (Aegogropila) magellanica* (fig. 3). Primeramente, se tratará de evaluar si estas esponjas presentan proteínas de estrés térmico y si estas aumentan en los individuos producto del estrés por calor. Se evaluará, además, la capacidad

de filtración, si esta es afectada o no producto del aumento de la temperatura (5 y 10 °C), durante un período corto de tiempo.

Como se señaló más arriba, las comunidades bacterianas asociadas a las esponjas también serán evaluadas usando metodologías de secuenciación masiva de su ADN, con el objetivo de evaluar si estas cambian o se mantienen estables ante una variación ambiental. Finalmente, se plantea estudiar los patrones de distribución actuales de esponjas a través de foto-cuadrantes (fig. 4), además de estudiar posibles escenarios a través de experimentos de terreno a fin de obtener información sobre futuros escenarios para los ensambles de esponjas y sus efectos en la comunidad bentónica.

Debido a su importancia en el bentos antártico, es vital llenar el vacío existente en el conocimiento del efecto del calentamiento global sobre esponjas y de cómo esto podría tener un serio efecto no solo en la abundancia y diversidad de los ensambles de esponjas, sino también en los roles que cumplen en los ecosistemas antárticos.

Figura 4. El investigador César Cárdenas en una de sus inmersiones se prepara para fotografiar y coleccionar especímenes de esponjas en aguas someras antárticas.





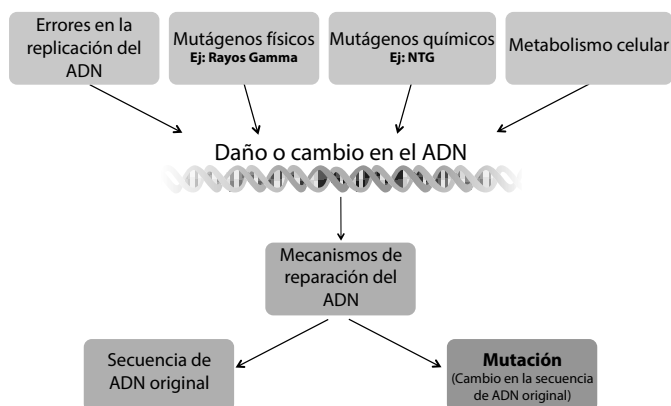
Jennifer Alcaíno, Salvador Barahona, Marcelo Baeza, Víctor Cifuentes.
Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
jalcainog@u.uchile.cl

Mejoramiento de la producción de antioxidantes en cepas de levaduras antárticas

A pesar de que la Antártica es uno de los ambientes más extremos en la Tierra, una gran diversidad de microorganismos habitan en ella. Estos han debido desarrollar diversos mecanismos de adaptación para poder sobrevivir bajo las extremas condiciones ambientales, como la capacidad de sintetizar moléculas que protegen contra el daño foto-oxidativo tales como los carotenoides. En este sentido, la levadura *Xanthophyllomyces dendrorhous* produce astaxantina como carotenoide principal, la que tiene variadas aplicaciones biotecnológicas por sus propiedades antioxidantes y pigmentación. En la XLVI Expedición Científica Antártica (año 2010), se recolectaron varias muestras de suelo antártico chileno para cultivar y aislar levaduras, como parte del trabajo en terreno del proyecto “Estudio de la diversidad y adaptaciones de levaduras antárticas, y análisis de su posible

aplicación en procesos productivos” y en apoyo del proyecto de gabinete “Análisis y sobreproducción de metabolitos de interés biotecnológico en cepas antárticas de levadura *Xanthophyllomyces dendrorhous*”, financiados por el INACH y dirigidos por Marcelo Baeza y Jennifer Alcaíno, respectivamente. Entre las colonias que se desarrollaron, se encontraron aislados que corresponden a *X. dendrorhous*. Actualmente, estamos realizando mejoramiento genético sobre estos aislados para favorecer la producción de carotenoides mediante mutagénesis al azar. Hemos evaluado distintos mutágenos y hasta el momento la irradiación con rayos gamma (agente mutagénico que genera quiebres en la doble hebra de ADN), nos ha arrojado los mejores resultados en cuanto al número de mutantes carotenogénicos que se han obtenido.

Figura 1. Esquema de generación de mutaciones. El ADN en las células constantemente sufre cambios y lesiones, ya sea por errores en la replicación del ADN, exposición a agentes mutagénicos físicos y/o químicos, o por productos del propio metabolismo celular. Estas lesiones pueden ser remediadas por los distintos mecanismos de reparación que poseen los organismos. De esta manera es posible recuperar la secuencia de ADN original o generar mutaciones (es decir, cambios respecto a la secuencia de ADN original).



Los carotenoides son pigmentos de tonalidades amarillas, naranjas o rojas que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y de los cuales se han descrito más de 700 estructuras químicas diferentes. Estos pigmentos son sintetizados por organismos fotosintéticos y por algunas bacterias y hongos. Debido a que los animales, incluido el ser humano, no son capaces de sintetizar carotenoides es necesario que los obtengan desde su alimento. stos se pueden acumular en algunos tejidos proporcionando el color característico a muchas aves, invertebrados marinos y peces.

Entre los muchos roles que cumplen los carotenoides, la protección contra el daño foto-oxidativo es uno de los principales. En este sentido, destacan las propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud humana del carotenoide llamado *astaxantina*, ya que son aún mayores a las de otros reconocidos antioxidantes como por ejemplo el beta-caroteno y el alfa-tocoferol. Por otra parte, la astaxantina también se utiliza como colorante en la industria de alimentos y particularmente en la acuicultura, ya que este pigmento es el responsable del color de la carne de truchas y salmones, lo cual es una característica requerida por consumidores y que además es esencial para el crecimiento y la reproducción de los peces.

De esta manera, la astaxantina es un carotenoide que actualmente es de un gran interés de estudio por sus variadas aplicaciones biotecnológicas. Además, la creciente demanda mundial por productos naturales sumado al alto costo de los pigmentos sintéticos, ha impulsado la búsqueda y el estudio de fuentes naturales de este pigmento. Sin embargo, la producción natural de astaxantina se limita a muy pocos organismos y entre ellos, solo la producción por parte del microalga *Haematococcus pluvialis* y de la levadura *Xanthophyllomyces dendrorhous* podrían representar una real competencia económica respecto a la astaxantina sintética.

Los primeros aislados de la levadura *X. dendrorhous* se obtuvieron en los años setenta desde exudados de árboles heridos en regiones frías y montañosas de Alaska y Japón. Posteriormente, se obtuvieron aislados desde otras regiones frías del mundo como Finlandia y Rusia, y más recientemente, desde Italia, Alemania, Estados Unidos y en la

Patagonia Argentina. En Chile, se han aislado cepas desde hojas de eucalipto en Concepción y nuestro grupo de trabajo también aisló cepas desde corteza y hojas de diferentes árboles de las regiones VIII, IX y X. Debido a que en general el hábitat natural de *X. dendrorhous* es un ambiente de alto estrés que recibe una alta radiación ultravioleta (UV) y que además lleva a la producción de compuestos oxidantes nocivos para las células, se postula que los carotenoides producidos por esta levadura cumplen un rol protector contra el daño foto-oxidativo.

Similarmente, la península Antártica también es un ambiente hostil para los seres vivos por sus condiciones ambientales extremas que además incluyen una alta incidencia de radiación UV. Sin embargo, esta región es el hogar de una gran diversidad de microorganismos que, para poder sobrevivir bajo estas condiciones, han desarrollado diferentes adaptaciones fisiológicas tales como: adaptaciones en sus membranas, producción de proteínas anticongelantes y de enzimas activas a bajas temperaturas, y mecanismos o producción de moléculas foto-protectoras tales como los carotenoides.

De esta manera, durante la XLVI Expedición Científica Antártica, organizada por el INACH, nuestro grupo de trabajo recolectó muestras de suelo y agua de esta región con el objeto de cultivar y aislar levaduras desde ellas. A partir de algunas muestras, se desarrollaron colonias que compartían un fenotipo similar al de la levadura *X. dendrorhous*, lo que confirmamos molecularmente. Si bien es posible distinguir dos fenotipos entre los aislados de *X. dendrorhous* que encontramos (algunos de color amarillo y otros rojo), todos ellos producen astaxantina, aunque en distintas proporciones y cantidades.

En general, se ha reportado que el contenido de astaxantina en cepas silvestres de *X. dendrorhous* es de alrededor de los 200 a 400 µg por gramo de levadura seca, lo cual es muy bajo para considerar su explotación a nivel industrial. Sin embargo, en nuestros primeros análisis de los aislados antárticos de *X. dendrorhous*, encontramos que la producción de astaxantina en los aislados de fenotipo rojo es de hasta 5 veces mayor que en las otras cepas silvestres que analizamos y que fueron aisladas desde otras regiones del mundo. Junto con este resultado, de acuerdo a su origen y considerando las posibles adaptaciones fisiológicas que presentan los aislados antárticos, nos propusimos mejorar la producción de astaxantina en ellos mediante estrategias de mejoramiento genético.

Buscando la clave del color

Básicamente el mejoramiento genético se refiere al incremento en la productividad de algún metabolito de interés en un organismo por medio de modificaciones genéticas, de tal manera de lograr una mayor rentabilidad en distintos procesos. Así, es posible someter a un organismo a un programa de mejoramiento genético que involucra una continua modificación genética del organismo para alcanzar el objetivo deseado. De esta manera, hemos seleccionado a candidatos de la levadura para realizar dicho programa genético.

En primer lugar, los hemos sometido a distintos tratamientos mutagénicos con el objeto de inducir mutaciones aleatorias que podrían tener algún efecto positivo sobre la producción de carotenoides (fig. 1). Entre los mutágenos evaluados están la irradiación con luz UV (que induce la formación de dímeros de pirimidina, lo que distorsiona la molécula de ADN), irradiación



Figura 2. Analizando mutantes en el laboratorio.

con rayos gamma (que genera quiebres en la doble hebra de ADN) y N-metil-N-nitro-N-nitrosoguanidina (NTG) que es uno de los mutágenos químicos más efectivos, el cual es un agente alquilante que produce transiciones de Timina-Adenina a Citosina-Guanina (T-A a C-G) en el ADN.

Si bien aún no hemos logrado obtener mutantes que sobreproduzcan astaxantina, sí logramos determinar que la mutagénesis mediante irradiación con rayos gamma nos permite obtener un mayor número de mutantes. Entre los distintos mutantes carotenogénicos obtenidos, hemos logrado un grupo significativo de mutantes con fenotipos que comprenden una gama de colores que van desde el blanco, amarillo, naranja y rojo, y en distintas tonalidades (fig. 2 y 3). Si bien, aún continuamos con los experimentos de mutagénesis al azar, como una segunda aproximación incluiremos la modificación genética dirigida mediante estrategias de ingeniería metabólica.

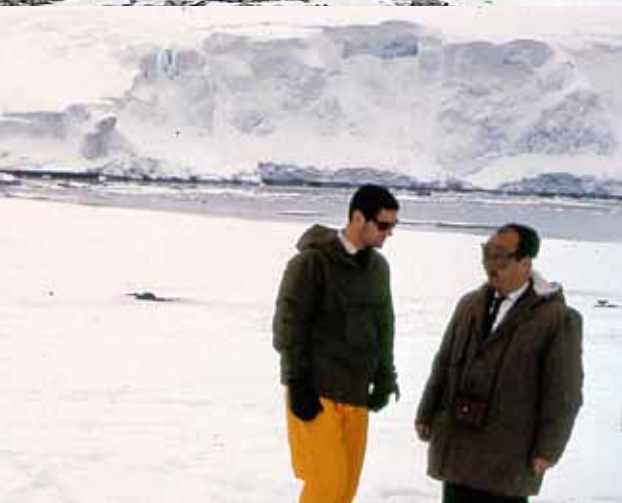
Finalmente, destacamos que la biosíntesis de astaxantina en *X. dendrorhous* es un proceso complejo del cual todavía el conocimiento es escaso, particularmente sobre cómo este es regulado, lo que podría incluir varios mecanismos que actuarían en distintos niveles de regulación. Si bien, aún no se han alcanzado niveles de astaxantina productivamente competitivos a partir de otras cepas de *X. dendrorhous*, hasta ahora no se había trabajado con aislados antárticos de esta levadura.



Figura 3. Cultivo en placa de distintas cepas de *Xanthophyllomyces dendrorhous*. Cepas aisladas de muestra de suelo del Territorio Chileno Antártico (C y S) y mutantes (A-R-O-T-E-N-O-I-D-E) obtenidas por mutagénesis mediante irradiación con rayos gamma que derivan de ellas.

Control de cambios:

un día en la base antártica Arturo Prat, medio siglo después



En esta crónica, el Dr. Francisco Hervé (Premio Nacional de Geología) relata su regreso a la base Prat, cincuenta años después de haber realizado allí trabajos de terreno para su memoria de título. En este transcurso de tiempo, el Prof. Hervé ha desarrollado una de las más destacadas trayectorias académicas relacionadas con la Antártica, con notables y continuos aportes al conocimiento de la historia geológica de la península Antártica y su conexión con Patagonia. Al mismo tiempo, los territorios que él conoció hace medio siglo se han transformado visiblemente. Aquí está el testimonio de estos cambios.



Dr. Francisco Hervé

Universidad de Chile y Universidad Nacional Andrés Bello
fherve@ing.uchile.cl

El pasillo se abrió delante mío, tras la puerta de la base Arturo Prat, en la isla Greenwich, Antártica. Un pasillo angosto, largo, de materiales que se muestran antiguos, pero sin ningún rasgo muy especial. Lo especial para mí era asomarme en él y transitarlo cincuenta años después de haber permanecido en esa base durante un verano, haciendo el trabajo de terreno de mi memoria de título de geólogo.

Reconocí la cocina a la izquierda, un dormitorio a la derecha y, al extremo del pasillo, el living a la izquierda. Ahí dormíamos con Roberto, estirando nuestros sacos de dormir en la alfombra, una vez que la dotación se retiraba a sus dormitorios.

Al fondo, la puerta que lleva al comedor, sala de estar y dormitorio del comandante. Quizás sin mucha consideración por el actual comandante de la base, quien salió amablemente a recibirnos, pregunté si existían libros de visita de 1964. Me mostró algunos donde emocionado contemplé las firmas del comandante de la base de ese entonces, capitán de fragata Pedro Sallato y del segundo, capitán de corbeta Javier Gantes, personas que yo recordaba bien, pero que nunca después volví a ver.

Pero no había rastros míos ni de Roberto Araya, compañero de trabajo. Tuve la extraña sensación de estar solo en mis recuerdos, pues Roberto y Pedro fallecieron, y no sé de Javier. Las firmas estampadas en el libro eran, sin embargo, inequívocas; lo que yo recordaba era verdadero y no una completa ilusión. La ausencia de las nuestras situaba con la verdadera dimensión de nuestra experiencia.

Habíamos zarpado de Punta Arenas a bordo del transporte *Aquiles*, una hermosa nave de la Armada de Chile, mucho mayor que el *Piloto Pardo*, en que desde el mismo muelle emprendimos el viaje en 1964.

La maravillosa navegación por los canales hasta Puerto Williams la he realizado varias veces en la última década en barcos pequeños, así es que disfruté la tranquilidad y velocidad con que la hace el *Aquiles*. Los glaciares del canal Beagle se me presentaron similares a lo que yo recordaba del primer viaje, en el que, no obstante, no habíamos advertido los grandes chorros de agua que acompañan los frentes glaciares hoy día.

Mi presencia a bordo del *Aquiles*, con mi mujer Cristina, sigue teniendo una cierta dimensión misteriosa. No sé exactamente cómo se gestó y quién se preocupó de materializarla. Supongo que fue el INACH, ya que en septiembre de 2013, en La Serena, donde me invitaron a dar una charla a un congreso latinoamericano de investigación antártica, hice ver que me gustaría volver allá, cincuenta años después de mi primera estadía, y comparar algunos aspectos de la morfología de los alrededores de base Prat que pudiesen haber cambiado en estos diez lustros. Entonces mis más sinceros agradecimientos al INACH y a la Armada de Chile por permitirme este viaje.

El cruce del mar de Drake, la más temida de las circunstancias de un viaje en barco a la Antártica, fue probablemente la más tranquila de todas las que me ha tocado hacer. No recuerdo otra con el mar azul, sin olas definidas, con pocos pájaros surcando el aire cerca del barco, sin un solo témpano, excepto cuando ya teníamos a las islas Shetland del Sur a la vista.

También fue muy favorable la situación de tener un camarote muy cómodo, en contraste con los coi en el pasillo del *Lientur* que en alguna ocasión anterior utilizamos. La recalada en bahía Fildes permitió constatar la presencia de cinco naves en ella, desde elegantes cruceros hasta pequeños barcos de armadas sudamericanas, número inconcebible cincuenta años atrás.

Quise reservarme el pisar tierra para la base Arturo Prat. Así es que seguimos desde el buque todo el movimiento desde y hacia tierra, característico de las recaladas antárticas. Nos propusimos visitar la iglesia ortodoxa, uno de los nuevos edificios más conspicuos en esta poblada área antártica, en la próxima oportunidad en que pasáramos por Fildes.

Zarpamos posteriormente hacia la base O'Higgins, donde recordaba muy bien el desembarco con el profesor alemán Hubert Miller en 1964, sin duda, un acto precursor de la instalación en décadas posteriores de la gran antena satelital blanca por los programas de investigación alemanes, durante las cuales el profesor Miller fue un influyente coordinador de los programas antárticos alemanes y representante de su país en SCAR.

El descenso en O'Higgins, siempre algo incómodo, resultó en embarcar olorosos residuos de pingüino, los que han invadido los alrededores de la base, adheridos a botas y pantalones de quienes bajaron a tierra.

El itinerario del *Aquiles* nos llevó a lugares que había conocido bien, ya sea en aquel viaje inicial hace cincuenta años o en los once viajes posteriores: isla



1		5
2		6
3		
4		

Figura 1. Acantilado de hielo del glaciar Cooperativa Vitalicia en la costa de la ensenada Rojas (enero de 1964).

Figura 2. La misma ensenada Rojas en enero de 2014, con el frente glaciar completamente ausente; en su lugar, cordones litorales de poca elevación. La línea de playa probablemente no es la misma que en 1964.

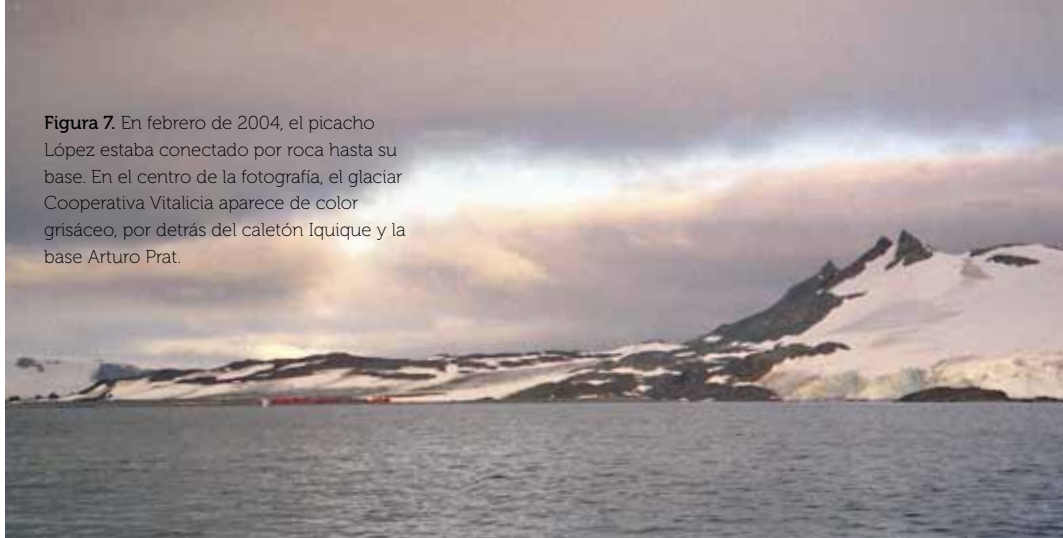
Figura 3. Roberto Araya y el periodista de La Prensa Austral, Sr. Vivanco, frente al acantilado de hielo ubicado en el fondo del caletón Iquique, en las inmediaciones de la base Arturo Prat (enero de 1964).

Figura 4. George Watson, curador del Museo de Ciencias Naturales de Washington (Estados Unidos) y el geólogo Roberto Araya, en la costa de península Bascopé, con el picacho López al fondo. En enero de 1964 no se podía caminar hacia la cima más alta del picacho sin un tránsito significativo sobre el hielo.

Figura 5. La base Arturo Prat en noviembre de 1988, en que se observa bastante hielo en el picacho López.

Figura 6. Morrena glaciar en la base del picacho López en que se observa que se puede subir a su parte más alta casi exclusivamente por roca desprovista de hielo (febrero de 2004). El hielo probablemente se extendía hasta este lugar en 1964.

Figura 7. En febrero de 2004, el picacho López estaba conectado por roca hasta su base. En el centro de la fotografía, el glaciar Cooperativa Vitalicia aparece de color grisáceo, por detrás del caletón Iquique y la base Arturo Prat.



Decepción, península Byers, península Hurd, donde los científicos búlgaros bajaron a la base española, luego de lo cual el capitán decidió navegar hacia la base Arturo Prat. Llegamos a bahía Chile el 26 de enero de 2014, pasado el mediodía, cincuenta años después de haber estado establecido en ella por casi tres meses.

El 26 de enero de 1964, según nuestras libretas de terreno, estábamos dedicados a hacer el levantamiento topográfico de los alrededores de la base Prat, con el objetivo de investigar el significado de la presencia de diversos rasgos geomorfológicos marinos elevados que caracterizan esa área.

Bajamos a tierra en el muelle situado en el caletón Iquique y ya se narró la experiencia de ingresar a la base. Se trataba también de recorrer algo los exteriores, para poder comparar los recuerdos con las antiguas fotografías.

Salimos con Cristina y Claudio Gaete, periodista de El Mercurio, a observar los rasgos morfológicos alrededor de la base, en un día soleado y casi sin viento, raros en esta parte del mundo.

Se pudo así comprobar algo que ya había sospechado al mirar la costa desde el buque: en la costa de la ensenada Rojas, donde en 1964 se observaba el acantilado de hielo del glaciar Cooperativa Vitalicia (fig. 1), hoy día no existe glaciar alguno, sino

una suave playa de cordones litorales de grava (fig. 2). El frente del glaciar que cubría una extensión de más de 500 metros a lo largo de la costa, con una altura de hielo de hasta 15 metros, de la cual se desprendían diariamente grandes fragmentos, sencillamente no existe en la actualidad. Lo mismo ocurre, como vimos después, en el frente glaciar del fondo del caletón Iquique (fig. 3), también desaparecido en la actualidad (fig. 4). Igualmente fue posible observar que el picacho López, situado inmediatamente al NE de la base, antaño rodeado de hielo (fig. 5), puede hoy día ascenderse sin abandonar en ningún momento la roca (fig. 6), en lo que aparentemente fue un proceso progresivo de deglaciación (fig. 7 y 8).

Con ello, el mayor objetivo de mi viaje a la Antártica se veía realizado. Comprobar que en cincuenta años los glaciares en torno a la base Prat han disminuido dramáticamente de volumen. Los rasgos geomorfológicos estudiados en esa oportunidad habían permitido llegar a la conclusión que ellos se explicaban por un alzamiento relativo de las islas con respecto al nivel del mar, fenómeno probablemente causado por la disminución del volumen de los hielos y delatado, principalmente, por las estrías glaciares en las rocas. En ese entonces se estimó en

unos 100 m la disminución del espesor de hielo. Sería de gran interés poder ahora determinar cuándo comenzó ese proceso de deglaciación, determinar su magnitud y ver si existe una evidencia de una aceleración reciente en el retroceso de los glaciares que pueda vincularse al calentamiento global del último siglo.

Esa noche hubo fiesta en el *Aquiles*. Yo interpreté que era por la situación descrita y no porque los diplomáticos malayos, que eran de la partida, retornaban a su país. El viaje en comento resultó finalmente ser el más agradable de cuantos he realizado a la Antártica, por el buque, por el tiempo y por la grata compañía de que disfrutamos durante él.

Como un cambio muy positivo y espectacular fue el hecho que hoy día es posible ver gran cantidad de ballenas en torno al buque, navegando o en puerto, situación que no ocurría cincuenta años atrás. Cuando los seres humanos ponen su inteligencia y voluntad en un bien común, se producen grandes adelantos.

Santiago, 8 de abril de 2014

Figura 8. El picacho López en 2004.





Elisa Bravo Rebolledo
IMARES Wageningen University and
Research
elisa.bravorebolledo@wur.nl

Cachorro de lobo fino antártico jugando con
desechos marinos.



Los desechos marinos y el lobo fino antártico: ingesta y enmallamiento

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha definido a los desechos plásticos en el océano como un problema emergente de enorme impacto. Una iniciativa holandesa-chilena estudia actualmente los desechos plásticos en el archipiélago Shetland del Sur y su impacto en las poblaciones de lobo fino antártico. Se ha podido confirmar la presencia de partículas no naturales en fecas de estos animales junto con obtener interesantes datos sobre sus hábitos alimenticios.

Desde hace décadas se conoce que los desechos plásticos pueden afectar a los organismos marinos al ser ingeridos o por enmallamiento. La fragmentación del plástico en pequeñas partículas y su persistencia, sumado al riesgo químico de las partículas al ser ingeridas, ha intensificado la preocupación con respecto a la cadena trófica marina y sus consecuencias en el consumo humano.

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha definido a los desechos plásticos en el océano como uno de los tres problemas emergentes en esta temática. En el marco de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) se ha puesto particular énfasis en los desechos en las playas y el enmallamiento de focas. Sin embargo, se han llevado a cabo muy pocos estudios sistemáticos con respecto a la ingestión de materiales plásticos. La CCRVMA ha manifestado su deseo de intensificar la obtención de datos relacionados con los desechos plásticos marinos en la Antártica.

Nuestro estudio involucra un proyecto de cooperación holandesa-chilena que además de llevar a cabo los censos estándar de la CCRVMA de conteo de basura en la playa y focas enmalladas en el cabo Shirreff (isla Livingston) y archipiélago Shetland del Sur, tiene como objetivo entender la ruta por la cual el lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*) ingiere plástico y en qué cantidad. Los objetivos específicos son evaluar las tasas de enmallamiento de lobos finos de cabo Shirreff y la abundancia ambiental de macro y microplásticos en este lugar.

Esto se logra analizando las fecas del lobo fino antártico para determinar los componentes de su dieta y detectar la presencia de partículas de plástico en muestras colectadas en el cabo Shirreff y en otras localidades muestreadas por colaboradores de este proyecto, logrando con esto una mayor cobertura espacial y diferentes dietas. Las muestras de playa incluirán el estudio de microplástico en depósitos costeros hasta la fecha no investigados en la Antártica.

La isla Livingston ofrece una buena oportunidad para llevar a cabo este estudio. Hoy en día la isla alberga a la población reproductora más grande en el archipiélago Shetland del Sur (Hucke-Gaete *et al.*, 2004). Durante la primera mitad del siglo XIX, las poblaciones de lobos finos antárticos fueron cazadas casi hasta la extinción (Bonner, 1968). Estas poblaciones quedaron protegidas bajo las Medidas Acordadas para la Conservación de



Recolección de excrementos de lobo fino antártico en cabo Shirreff.

la Fauna y Flora Antártica en 1964 (en el Sistema del Tratado Antártico) y más tarde en virtud de la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas (1978).

Después de la prohibición de la actividad lobera, la población de lobos finos antárticos en la isla Livingston se ha recuperado a los niveles actuales. Aunque no se estudiaron plásticos en muestras de lobos, los numerosos estudios de la dieta realizados por años en esta población (Casaux *et al.*, 2004) y su distribución extendida en numerosas colonias a lo largo de este archipiélago, hacen de esta población un buen objeto de estudio para abordar los problemas de los desechos marinos.

En esta investigación se analizan los componentes de la dieta y los desechos de plástico en las muestras de fecas de lobos finos, tanto de cabo Shirreff como de otros lugares muestreados por investigadores asociados (por ejemplo, del British Antarctic Survey) que cooperan en este proyecto y que cubren un rango espacial más amplio y de diferentes dietas de lobos finos. Las inspecciones de playa incluyen microplásticos en depósitos costeros, los que hasta ahora no se habían investigado en la Antártica.

Los estudios específicos sobre la ingestión de plástico no han sido frecuentes, ya que la ocurrencia de

plástico en muestras de fecas se informaba principalmente como un producto secundario de estudios de la dieta. Por otro lado, no existían protocolos para el registro de la presencia o ausencia de este tipo de restos y, por lo tanto, no hay datos cuantitativos disponibles.

El primer estudio para cuantificar la ingestión de plástico por fócidos fue hecho por Bravo Rebolledo *et al.* (2013) en los Países Bajos. En la investigación en el cabo Shirreff, la incidencia de aparición de plástico en los lobos marinos se registrará con los mismos métodos usados entonces.

Durante enero y febrero de 2014, investigadores holandeses y chilenos ejecutaron una campaña de muestreo en la base "Dr. Guillermo Mann" (cabo Shirreff, isla Livingston). El equipo estuvo conformado por Elisa Bravo y Suse Kühn de IMARES (Holanda) y José Ojeda de INACH (Chile).

Al cabo de tres semanas, el equipo recolectó 200 muestras de fecas de lobo fino antártico. Además, se recogieron sedimentos para cuantificar la cantidad de microplásticos en la playa. Todas las muestras fueron traídas a los laboratorios del INACH en Punta Arenas. Aquí se lavaron todas las muestras de excrementos en una lavadora y fueron secadas y preparadas para su posterior análisis en los laboratorios de IMARES en los Países Bajos. Hasta ahora se han analizado 21 muestras: en cuatro de las 21 muestras se encontraron partículas no naturales (datos sin publicar). Se necesitan más análisis (por ejemplo, con espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier, FTIR) para identificar los materiales obtenidos. Todas las muestras contenían kril antártico, nueve también tenían restos de peces y dos tenían restos de calamares.

Estamos muy agradecidos con el Instituto Antártico Chileno, su director José Retamales y todo el personal de apoyo por esta oportunidad de colaboración y esperamos continuar con esta investigación en un proyecto de doctorado.



Excrementos de lobo fino antártico.

Desde hace más de una década, Organismos internacionales como la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) o la UNESCO recomiendan a los países promover lo que han denominado la “alfabetización científica” en la ciudadanía.

El concepto intenta ilustrar que el rol de la lectoescritura como una función clave en el siglo XX para el desarrollo social, ha sido desplazado por la habilidad para interpretar información científica en el siglo XXI, que permite enfrentar las decisiones cotidianas en una sociedad muy dependiente de la tecnología. Es lo que podríamos llamar la irrupción de una “cultura científica”.

Cuando se menciona la palabra “cultura”, la mayoría de las personas piensa en las artes o en los modos de vida de algún grupo étnico. En cambio, conocer los aportes de Newton o diferenciar entre la clonación de un ser vivo y el mejoramiento genético, parecen más bien materias ajenas a lo cotidiano y sin importancia para la formación de un ciudadano “culto”.

Sin embargo, la evidencia internacional muestra que mientras mayor sea la apropiación del conocimiento científico y tecnológico por parte de la población de un país, aumentan las oportunidades de progreso de una comunidad.

En Chile la percepción, comprensión y valoración ciudadana de la ciencia y tecnología es todavía insuficiente y se requieren en forma urgente iniciativas para corregirlas. Los análisis de estudios comparativos de nuestro país, en el contexto de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), nos han planteado en varias ocasiones que si no aumentamos la inversión pública en ciencia, tecnología e innovación, y no se promueve una cultura científica, las posibilidades de alcanzar niveles de desarrollo disminuyen considerablemente. ¡Y cada vez estamos más atrasados!

Aclaro que la solución no solo pasa por aumentar el presupuesto en educación (por cierto, hay que hacerlo), sino que es necesario un esfuerzo más amplio y complejo comprometiendo a la sociedad en su conjunto. Públicos y privados, jóvenes y adultos, empresarios y líderes sociales.

Una señal que puede ser clave en ese sentido es el reciente anuncio de una

fuerte inversión del Estado en la Región de Magallanes, con el fin de construir un Centro Antártico Internacional.

Este proyecto contempla consolidar un polo científico de colaboración internacional junto a un Centro Interactivo Antártico, cuya misión es precisamente desarrollar una cultura científica a partir de la investigación que se lleva a cabo en el Territorio Chileno Antártico y en la Patagonia.

Esto no es casualidad o producto del azar. Se sustenta en la actual producción de la ciencia antártica nacional, que es casi siete veces lo que era hace 10 años. La temporada 2014-2015, el INACH apoyará a 76 proyectos de investigación. En total, 20 países usarán a Punta Arenas como puerta de entrada al Continente Blanco. Esto ha sido reconocido internacionalmente.

Estos resultados no solo deben ser parte de un grupo de científicos, sino de la ciudadanía en su conjunto. El Centro Antártico Internacional deberá crear los espacios de participación y diálogo para formar en la comunidad la habilidad de interpretar la información científica



Edgardo Vega
Subdirector Nacional
Instituto Antártico Chileno
evega@inach.cl

La “alfabetización antártica” es responsabilidad de Magallanes

polar. Tenemos una oportunidad única a nivel global de aprender (y aprehender) el conocimiento que se genera en ese territorio, para mejorar nuestra calidad de vida, generar nuevos polos de desarrollo económico y aportar a la construcción de una sociedad más “culta”.

Los magallánicos pueden transformarse en los fieles guardianes de ese patrimonio (material y simbólico) y de los valores antárticos.

Hoy más que nunca, esta frase toma sentido: a nivel global, la “alfabetización antártica” es nuestra responsabilidad.



Marcelo Leppe
Jefe del Departamento Científico
Instituto Antártico Chileno
mleppe@inach.cl

Tan lejos...tan cerca, como la canción del grupo irlandés U2, esa es la sensación que muchos sentimos cuando nos hablan de la Antártica. Ella nos atrae, nos fascina y obsesiona. Punta Arenas está más cerca de ese territorio (1.240 km) que de Santiago (2.197 km), y, sin embargo, aún no la asimilamos, no la hacemos parte de nuestro imaginario. Los científicos de una veintena de países que pasan por nuestra ciudad nos ven más antárticos que nosotros mismos. Otras ciudades mucho más alejadas del Continente Blanco (Christchurch, Nueva Zelanda, a 2.360 km, y Hobart, Australia, a 2.250) reclaman el derecho de llamarse la ciudad más antártica de todas. Ellas han invertido para transformar sus puertos aéreos y navales en plataformas de servicios científico-logísticos, poseen museos (<http://www.iceberg.co.nz>) y centros de investigación (www.imas.utas.edu.au) que aproximan a la Antártica a su población y a los turistas que no puedan llegar allá. Han visto en la ciencia un camino para el desarrollo... y, sin embargo, por esas localidades no pasan la mayoría de los países que desarrollan investigación antártica, menos se encuentran dentro del área denominada subantártica, y dependen en menor grado que nuestra región, de los cambios a los cuales está sometido el Sexto Continente.

Todos los diagnósticos han visto

comenzamos a ver los resultados de nuestro crecimiento: investigamos compuestos anticancerígenos y anti UV que han comenzado a ser decodificados a partir de pequeñas muestras de organismos antárticos, esto es de gran interés para la industria farmacéutica. También hemos emprendido estudios de microorganismos capaces de detoxificar el ambiente, de transformar alimentos o de protegerlos de otros organismos patógenos, e incluso generar celdas solares. Y no es todo, actualmente sabemos más de nuestra historia común con la Antártica, hace 68 millones de años, dinosaurios patagónicos cruzaron por un puente terrestre hacia allá, mientras los primeros ancestros de los bosques australes de Chile vinieron a colonizar estas tierras. Esto es un insumo para el turismo de intereses especiales.

Además, recientemente hemos descubierto que las muchas poblaciones de organismos magallánicos se encuentran estrechamente emparentadas con organismos polares, más allá de lo pronosticado en el pasado. Y ahora conocemos que la península Antártica se está calentando más rápido que el resto del planeta, y de estos cambios comenzamos a entender cuán en jaque está la vida tal como hoy la observamos.

La vocación polar de nuestro país nace, sin duda, de la cercanía que tenemos con dicho continente. Pero esto es solo un punto de partida. El desafío siguiente es asegurar que sea algo significativo para los ciudadanos de nuestra región, el país y el planeta. La reciente decisión presidencial de convertir a Punta Arenas en un nodo antártico de ciencia y logística nos dice que vamos por buen camino. La experiencia dicta que las ciudades que han invertido en mejorar su infraestructura y servicios, creado centros de investigación de excelencia con espacios museográficos de clase mundial, han sentado las bases para actividades que trascienden el romántico sueño antártico, generando nuevos caminos al desarrollo económico. Clave será comprender el poder transformador del conocimiento, al tomar decisiones más informadas y acertadas para enfrentar el cambiante futuro.

Antártica: ¿Una oportunidad para el desarrollo magallánico?

nuestra relación con la Antártica como una brecha, pero yo la veo como una oportunidad. Estar tan cerca de esa geografía, que casi a diario sentimos su aliento, evoca las razones que trajeron a nuestra ciudad a los expedicionarios polares como Gerlache, Shackleton y Amundsen, entre otros, huellas que suenan como un eco que hemos olvidado. ¡Pero que comenzamos a recordar! Nuestra relación romántica con ese austral continente se está transformando en algo serio, algo así como ponerse de novios.

Hoy empezamos a mostrar al mundo que podemos realizar ciencia de calidad, para contestar las grandes preguntas sobre el futuro de la humanidad. Y ya



Ricardo Jaña
Departamento Científico
Instituto Antártico Chileno
rjana@inach.cl

Mientras tanto, el aumento de la temperatura del aire y de los océanos o del nivel medio del mar, y los cambios en la intensidad y dirección de los vientos, continúan siendo materia de noticias y documentales que informan a la población sobre los efectos del cambio global. No obstante, subyace una gran interrogante, aún no respondida y que es motivo de controversia: ¿hasta qué punto la especie humana es responsable de tales cambios?

La investigación científica ha entregado incesantemente pruebas que vinculan la actividad humana con muchos de los factores desencadenadores de estos cambios. Por ejemplo, en el Quinto Informe de Expertos de Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC, sigla en inglés de Intergovernmental Panel on Climate Change) se afirma que es sumamente probable (entre un 95 % a 100 % de certeza) que la influencia antropogénica haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX. Expresando, además, la probabilidad de que más de la mitad del aumento observado en la temperatura media global en superficie, en el período de 1951 a 2010, haya sido causado por la combinación del incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (vapor de agua, dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) de nuestra civilización y de otros forzamientos antropógenos. Esta afirmación se funda en el análisis de los antecedentes publicados en cientos de artículos científicos revisados por 259

expertos de 39 países.

Cabe recordar que una importante fuente de emisión de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera es la quema de combustibles fósiles y biomasa (gas natural, petróleo, combustibles y leña) en la industria, el transporte y las actividades domiciliarias. Los incendios forestales igualmente son una fuente de CO_2 atmosférico.

Dentro de las evidencias de cambios, en el área de la península Antártica, territorio donde Chile concentra sus actividades, se exhibe un calentamiento promedio de la temperatura del aire de 3 °C en los últimos 60 años. Esto es cuatro veces mayor que el promedio global del planeta en los últimos 100 años (0.74 °C). Consecuentemente, los hielos retroceden y se adelgazan. Esto también se ha evidenciado en la Patagonia. A los pies del monte Sarmiento ubicado en la cordillera Darwin, en Tierra del Fuego, el glaciar Schiaparelli se reduce rápidamente. En solo ocho meses, entre agosto de 2013 y abril de 2014, hemos medido un adelgazamiento de nueve metros.

Esta realidad preocupante nos posiciona como un lugar excepcional para estudiar estos cambios. Desde el punto de vista científico, somos muy afortunados, estamos localizados en uno de los laboratorios naturales del planeta. La ciencia requiere más certezas y resultados, y siempre surge otra pregunta que responder. Para estos fines, nuestra localización geográfica resulta ser una gran ventaja.

Los desafíos son urgentes. Más allá de la evidencia, los antecedentes nos indican que es necesario adaptarnos a los cambios y mitigar los impactos. Una respuesta en ese sentido es el compromiso asumido por la presidenta Michelle Bachelet, en Nueva York, en la última Cumbre Climática de Naciones Unidas.

La máxima autoridad nacional afirmó que un 45 % de la capacidad de generación eléctrica que Chile instalará de aquí al 2025, provendrá de fuentes energéticas renovables no convencionales. Dijo que no hay tiempo para la inacción y que se debe empezar a mitigar con políticas de Estado los impactos de origen antrópico que contribuyen al cambio climático.

El cambio global en el fin del mundo, ¿a quién le importa?

También aseguró que se aplicarán impuestos a las emisiones de CO_2 de aquellas fuentes fijas que superen los 50 megavatios de generación térmica. Esto sobre la base del convencimiento de que “el cambio climático produce inequidad, pues los más pobres sufren con mayor rigor sus consecuencias”.

Esta es una señal política potente desde el punto de vista del Estado. Pero, sin duda, falta sumar el compromiso personal de cada ciudadano para conseguir resultados a largo plazo. Los magallánicos estamos llamados a ser protagonistas no solamente por estar ubicados en una de las atalayas privilegiadas de la Tierra para observar lo que se viene, sino también por la responsabilidad de frenar nuestra contribución insensible a este problema global en lo cotidiano.

Por lo pronto, debemos fomentar la toma de conciencia en estos temas. Visitar las escuelas, informar a través de los medios de comunicación y asumir un rol activo como padres y ciudadanos. En este escenario, es estratégico educarnos en el día a día en una cultura de la mitigación de los impactos de nuestro accionar en el medioambiente y sembrar la vocación científica y técnica en los jóvenes. En el fondo, contribuir a la formación de una opinión pública y de capacidades de investigación, con el fin de prevenir los problemas que se nos vienen en el futuro como civilización.

Una provocación final. Espero que la próxima vez que le pregunten sobre a quién le importa el cambio global, usted exclame al igual que yo: ¡a nosotros, los magallánicos!



Foto oficial del encuentro realizado en Queenstown, Nueva Zelanda.

La ciencia antártica define sus prioridades para los próximos 20 años

En abril de este año, el Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR, su sigla en inglés) convocó durante tres días en Queenstown, Nueva Zelanda, a la comunidad científica para participar en la conferencia "Antarctic and Southern Ocean Science Horizon Scan" ("Escrutinio del Horizonte Científico para la Antártica y el océano Austral"). El desafío no era menor: esbozar las principales prioridades para la investigación en el Continente Blanco en los próximos 20 años y más.

75 científicos de todo el planeta, entre ellos dos investigadores del INACH, participaron en un histórico encuentro en el cual se desarrollaron los argumentos para reafirmar la importancia mundial de la ciencia antártica.

Por Sudamérica solo seis personas fueron invitadas: dos de Chile y otros cuatro de Brasil (2) y Argentina (2). Los nacionales fueron el Dr. José Retamales, director nacional del Instituto Antártico Chileno (INACH), y el Dr. Marcelo Leppe, jefe del Departamento Científico de este mismo organismo.

Esta fue la primera vez que la comunidad antártica mundial formula una visión colectiva a través de discusiones, debate y votación. Esta coyuntura internacional debiera ser una "oportunidad país" de reconocer efectivamente la importancia de la investigación antártica tanto para el desarrollo científico como en el sentido de tomar acciones con el fin de comprender los fenómenos naturales que pueden impactar el futuro de la economía nacional.

Para el Dr. Marcelo Leppe, la clave está en advertir que la mayoría de los países "estando distantes de la Antártica, creen que ese territorio es relevante para los escenarios futuros de la humanidad, lo que nos llama a reflexionar sobre cuál es la lección que queda para Chile. Muchas de las respuestas de estas preguntas estarán íntimamente relacionadas con el desarrollo del país en las próximas dos décadas. En ese sentido, es urgente volcar nuestra mirada al desarrollo científico antártico nacional".

De esta reunión derivó un artículo publicado por la revista *Nature* en el que se dieron a conocer las conclusiones de los convocados a esta cita histórica, 75 científicos y representantes políticos de 22 países. En el documento (Six priorities for Antarctic science), los autores definieron seis prioridades para el futuro de la investigación antártica.

Las seis prioridades

La metodología de trabajo incluyó una convocatoria a nivel mundial. A partir de las 924 preguntas que se postularon, en el encuentro de Nueva Zelanda se delimitaron las 80 más relevantes, que se resumieron a su vez en seis prioridades.

Como explica Leppe, en términos generales, las prioridades están en torno al estudio del impacto humano en la región, la comprensión de la evolución de la vida antártica, la observación de la historia natural de la región y el impacto del cambio climático en la zona.

Por ejemplo, una prioridad es comprender cómo, cuándo y por qué los hielos están perdiendo masa. Para Chile esto tiene una implicancia grande, pues más del 90 % de las actividades económicas se desarrollan en la costa, por lo tanto, un cambio en el nivel medio del mar puede impactar enormemente la economía nacional, según Leppe.

Otra prioridad está relacionada con revelar la historia antártica. Esto tiene relación con que los estudios del pasado antártico han dejado de ser meramente descriptivos y han alcanzado un nivel de resolución que permitirá en el futuro predecir el comportamiento del planeta en función de su historia pasada. “La historia natural de Chile ha tenido una enorme dependencia de la Antártica (biológica, física y climática), por lo cual resulta prioritario conocer en detalle la relación pasada entre el territorio antártico y Sudamérica para entender los escenarios futuros”, puntualiza el paleobotánico.

También ha sido definida una prioridad en función de aprender cómo la vida antártica ha evolucionado y sobrevivido. Esto tiene relación con la capacidad de los organismos polares de adaptarse a los nuevos escenarios del cambio global. Los estudios a nivel molecular, genómicos y celulares permitirán inferir el futuro de muchos organismos antárticos con y sin valor comercial. “Chile realiza actividades económicas en el océano Austral, que depende de estos cambios. El conocer la reacción al cambio es clave para nuestra industria pesquera”, continúa el jefe científico del INACH.

Además, se espera aprovechar de mejor forma las condiciones que la Antártica ofrece para la observación del espacio y el universo. “Es igual que el norte de Chile, que ha sido vislumbrado como un paraíso para ver el universo, por la claridad. Sin embargo, ese continente tiene otras singularidades, como una delgada capa atmosférica y un campo magnético. Además, existe una oportunidad para desarrollar estudios astrobiológicos”, precisa.

Las otras dos prioridades están relacionadas con definir el alcance global de la atmósfera de la Antártica y el océano Austral; y reconocer y mitigar la influencia humana en la región con el fin de administrar eficazmente el territorio y regular las actividades de nuestra civilización.

Toma de decisiones

Uno de los aspectos que también profundizan los expertos internacionales es que responder a estas preguntas claves requerirá un financiamiento sostenido y estable; acceso a toda la Antártica durante todo el año; la aplicación de nuevas tecnologías; reforzar la protección de la región; propiciar el crecimiento en la cooperación internacional; y mejorar la comunicación entre todas las partes.

Para José Retamales, que lleva más de 10 años dirigiendo el INACH, esta instancia ha sido una oportunidad para mirar el Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN) con una perspectiva global. De hecho, ya organizó las líneas de investigación del PROCIEN con las del SCAR y espera que el importante anuncio regional de crear un centro avanzado de investigación antártica y subantártica del Plan Especial de Zonas Extremas anunciado por la presidenta Bachelet, tenga como guía responder a las prioridades definidas en este ejercicio intelectual.



Representantes de Sudamérica en el “Antarctic and Southern Ocean Science Horizon Scan”. Arriba de izquierda a derecha: Sergio Marensi (Argentina), Irene Schloss (Argentina), Marcelo Leppe (Chile). Abajo: Jefferson Simoes (Brasil), Eri Costa (Brasil), José Retamales (Chile).

Sabe también que es muy importante que los científicos y los estados trabajen en conjunto, propiciando una colaboración internacional. Esto debe ser una oportunidad para Magallanes, pues de los 29 países que llevan a cabo ciencia en la Antártica, 19 pasan por nuestra región. “Este es uno de los principales componentes del Centro Antártico Internacional que estamos perfilando con el Gobierno Regional”, indica Retamales.

Aumentar la inversión mundial en ciencia también es un requerimiento. Gracias al aumento y diversificación de sus fuentes de financiamiento, Chile ha triplicado el número de proyectos polares en los últimos siete años. Sin embargo, el gran desafío, puntualiza Retamales, será abordar la insuficiente infraestructura científica en las bases y buques nacionales, e incentivar la formación de capital humano avanzado en temas polares en el país. “Estamos trabajando en la construcción de la nave de investigación *Karpuj* y la reapertura de la base Yelcho”, expone el director del INACH.

Así, hoy más que nunca, la ciencia antártica es de importancia mundial y Chile tiene una oportunidad única de estar a la vanguardia de este gran desafío planetario. “Comunicar esto, es una necesidad con premura”, finaliza José Retamales.

Preguntas prioritarias para Chile

Se definieron 80 preguntas guías para precisar las prioridades del futuro de la investigación antártica. Las siguientes tienen importancia global y nacional.

1. ¿Cómo afectan los procesos antárticos el clima de las latitudes medias y los eventos extremos?
2. ¿Cuál es la base genómica de la adaptación en los organismos y las comunidades de la Antártica y del océano Austral?
3. ¿Cómo cambiarán las especies invasoras y los cambios de rango de especies autóctonas en los ecosistemas antárticos y del océano Austral?
4. ¿Cómo afectará el cambio climático el riesgo de propagación de enfermedades infecciosas emergentes desde la Antártica?
5. ¿Cómo afectará el cambio climático las pesquerías existentes y futuras del océano Austral, especialmente las poblaciones de kril?

Elías Barticevic
Jefe del Departamento de Comunicaciones y Educación
INACH
ebarticevic@inach.cl

Kril, la pieza clave de un mundo desconocido

El kril encarna como pocas especies la extrema singularidad del mundo antártico. Es capaz de vivir a bajas temperaturas y con muy poca luz en invierno, pero se las arregla para constituir con solo 2 gramos de peso una de las biomasas más extraordinarias del planeta.

La reunión de los grupos de trabajo del comité científico de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), realizada en Punta Arenas, brindó la oportunidad para conocer la opinión de destacados expertos internacionales sobre esta especie clave del ecosistema antártico, de la cual hay varios aspectos desconocidos en un contexto de cambio climático y de presiones por aumentar su explotación comercial.

Un pequeño crustáceo parecido a un camarón, que pesa casi 2 gramos y mide solo 6 centímetros, es la piedra angular de todo el ecosistema antártico. Si algo le pasa al kril, en un efecto de cascada o avalancha, repercute en toda la cadena trófica que hay tras él, como ballenas, focas, pingüinos y otras especies de aves marinas, además de decenas de especies de peces y calamares.

En julio pasado se reunieron en Punta Arenas dos grupos de trabajo (Estadísticas, Evaluaciones y Modelado, y el de Seguimiento y Ordenación del Ecosistema) del comité científico de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA)



Dr. Javier Arata, del INACH.

para discutir justamente la situación actual del kril, un presente que tiene aún muchas preguntas por responder.

Según el Dr. Javier Arata (INACH), uno de los organizadores de la reunión y vicepresidente del comité científico de la CCRVMA, “el kril no es solo alimento de animales propios de la Antártica: desde el año 1974 se explota comercialmente en la Antártica y desde el año 2011 que Chile participa activamente en esta pesquería”. Con 285.000 toneladas de captura anual en el presente año, esta pesquería está aumentando año a año y se abren interrogantes sobre el futuro de esta actividad y sobre el estado y perspectivas de la especie.

Nadie más pesado en el mundo

El Dr. So Kawaguchi (División Antártica Australiana) es un experto internacional en biología del kril y es jefe del único laboratorio que mantiene un acuario con kril vivo durante todo el año. Para Kawaguchi la “cosa más importante sobre el kril antártico es que tiene una enorme cantidad de biomasa, que equivale a casi todo el peso de los seres humanos en el planeta y esa cantidad se encuentra en el océano Austral”.

Aunque existen diferentes especies de kril, la única con uso e interés comercial es el kril antártico (*Euphausia superba*), a raíz de su tamaño, mayor que las otras especies. El kril antártico tiene una distribución circumpolar y vive en mar abierto y en el talud continental, donde es accesible a sus depredadores y a la pesca comercial.

Una de las interrogantes centrales en el conocimiento del kril es acerca del tamaño de sus poblaciones. El Dr. Volker Siegel (experto en demografía del kril del Instituto Johann Heinrich von Thünen,

Alemania), comenta que se realizan “prospecciones de mesoescala”, es decir, “prospecciones científicas en áreas acotadas, de modo que podemos estimar la biomasa para estas áreas, como la península Antártica, las islas Orcadas del Sur o las Georgia del Sur. Sin embargo, tenemos poca información para muchas otras áreas”. Lo que sí pueden hacer es extrapolar información basada en prospecciones regionales, según las que se ha establecido un peso de 380 millones de toneladas de biomasa de kril en todo el ecosistema antártico.

Los estudios de Siegel y su equipo se han concentrado en el sector atlántico de la península Antártica “porque descubrimos que



Dr. So Kawaguchi, de la División Antártica Australiana (AAD).

alrededor del 70 % de la población total de kril vive en el sector del Atlántico sur. Es decir, tres cuartos de la población total de kril están viviendo en un cuarto del área en que le es posible vivir”.

Esta notable concentración es posible gracias a la alta productividad del sector, con una gigantesca disponibilidad de fitoplancton y mejores condiciones de vida para el kril. “Ellos crecen probablemente más rápido que en otras áreas hacia el sur y, al mismo tiempo, la reproducción y sobrevivencia de las larvas es mejor que en áreas más cubiertas por el hielo”, afirma Siegel.

Viviendo bajo el hielo

Otro de los aspectos que presenta desafíos para los investigadores polares es la comprensión global del ciclo de vida del kril, en particular su capacidad para vivir bajo el hielo marino y su conducta durante el largo invierno polar.

El Dr. Jan van Franeker trabaja en el Instituto de Estudio de los Recursos Marinos y Ecosistemas (IMARES, Holanda) y ha desarrollado técnicas para el muestreo de kril bajo el hielo, demostrando su importancia al aporte global de biomasa de kril y la sustentabilidad de importantes poblaciones de aves y ballenas en invierno.

El ciclo de vida del kril se inicia cuando estos animales se juntan en verano “muy estrechamente en enjambres, buscando áreas donde abunde el fitoplancton para alimentarse y reproducirse. En general, se piensa que los huevos de kril, una vez liberados, se hunden a aguas profundas y luego, al eclosionar, la larva comienza su migración de vuelta a la superficie. Ahí es cuando el kril juvenil debe encontrar alimento y refugio para sobrevivir su primer invierno”, detalla Franeker. El kril vive alrededor de 5 años.



Durante el año, el kril realiza una migración vertical a lo largo de la columna de agua, razón por la cual se creía que las poblaciones disminuían en invierno, cuando, en realidad, lo que pasaba era que migraba hacia aguas más profundas. “En el verano vive cerca de la superficie, entre los 0 y 150 metros de profundidad; en el invierno el kril se mueve a aguas más profundas. Tenemos muy pocos datos de invierno, pero parece que la principal distribución de profundidad está entre los 200 y 400 metros. El kril está concentrado en aguas poco profundas y usualmente el muestreo científico ha sido realizado en los 200 metros superiores y por eso en nuestros datos parece que hay menos kril en invierno que en verano”, afirma el Dr. Volker Siegel.

En invierno, el kril juvenil necesita desesperadamente el alimento que le permita sobrevivir y alcanzar la madurez en verano. “Esto es muy interesante: la población adulta de kril parece moverse hacia abajo en la columna de agua, pero el kril muy joven, continúa Siegel, lo puedes encontrar directamente bajo el hielo y allí las larvas y los juveniles se alimentan de algas”.

El kril y sus depredadores

Los principales depredadores del kril son las ballenas, pingüinos y focas, junto con peces y otras aves, aunque su grado de influencia depende del sector en que vivan. En las islas del Arco de Scotia y en la península Antártica (con amplias líneas de costa), los depredadores más comunes son pingüinos (pingüinos Adelia y de barbijo), focas cangrejas y lobos finos antárticos. En cambio, en mar abierto, en áreas lejanas de los depredadores basados en tierra, los depredadores predominantes son las ballenas: la ballena azul (sub-especie *Balaenoptera musculus intermedia* o ballena azul verdadera o antártica), la ballena de aleta (*B. physalus*), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y la ballena minke antártica (*B. bonaerensis*).

El Dr. Luis Pastene, biólogo marino formado en la Universidad de Concepción, vive desde el año 1985 en Japón y es actualmente el director de la División de Prospección e Investigación del Instituto de Investigación de Cetáceos de la Universidad de Tokio. Pastene explica que “el kril antártico es la principal fuente de alimentación de las grandes ballenas que migran a la Antártica en el verano austral. Del consumo de kril depende su estado de nutrición y, por lo tanto, el crecimiento individual y poblacional”.

Una ballena consume diariamente entre 300 y 400 kg de kril, al menos es lo que se ha establecido para la ballena de aleta, también conocida como rorcual común. Hay especies que consumen menos, como la ballena minke antártica, y hay otras de las que simplemente no hay estimaciones (el caso de la ballena jorobada).

Luego de haber sido sobreexplotadas durante el siglo XX, las poblaciones de ballenas se están recuperando, a distinto ritmo según su propia historia de vida y el efecto que tuvo la caza en sus poblaciones. El caso más dramático fue el de la ballena jorobada que llegó a un 2 % de la abundancia original de la especie. “Felizmente, la mayor parte de las especies y poblaciones se han recuperado o están en proceso de recuperación. Por ejemplo, la población de ballenas jorobadas de Australia occidental presenta una abundancia de 28.000 animales (cifra similar a su tamaño antes de la explotación comercial) y su tasa de crecimiento es de 9.7 % anual. Datos de la misma población obtenidos en el área de alimentación sugieren una abundancia de 29.067 animales y una tasa de crecimiento del 13.6 %”, cuenta Pastene.

Esta recuperación se debería “a las medidas de conservación impuestas por la Comisión Ballenera Internacional. Ha pasado un período de entre 35 y 50 años

1

Dr. Volker Siegel, del Instituto Johann Heinrich von Thünen, Alemania.

2

Dr. Jan van Franeker, del Instituto de Estudio de los Recursos Marinos y Ecosistemas (IMARES, Holanda).

3

Dr. Luis Pastene, director de la División de Prospección e Investigación del Instituto de Investigación de Cetáceos de la Universidad de Tokio.

4

Dra. María Mercedes Santos, directora del Programa de Monitoreo del Ecosistema (pingüinos), del Instituto Antártico Argentino.



Ballena jorobada alimentándose de kril en la región de la península Antártica.

desde el término de la caza comercial durante el cual las especies y sus poblaciones se han ido recuperando a diferentes tasas de crecimiento”.

Otro de los depredadores del kril son los pingüinos. La Dra. María Mercedes Santos es la directora del Programa de Monitoreo del Ecosistema (pingüinos), del Instituto Antártico Argentino, y estudia los pingüinos pigoscélidos (de barbijo, papúa y Adelia), tres especies que se alimentan de kril, particularmente en el área en que trabaja: en el sector atlántico, sobre la península Antártica, islas Shetland del Sur y las Orcadas del Sur. Santos ha observado una declinación en las poblaciones de pingüinos Adelia en las áreas mencionadas. “Lo que todavía no podemos establecer es que sea específicamente por una menor disponibilidad de kril, también hay otros factores locales, como la depositación de nieve o tormentas, que también afectan a la supervivencia de los pichones. No hay un solo factor que esté determinando la caída de estas poblaciones y es lo que se está discutiendo”, señala Mercedes.

Santos indica que incluso hay una población que está cayendo un 70 % respecto del año 1995, en la isla Rey Jorge (isla 25 de Mayo). Distinta es la situación del pingüino papúa, que, al contrario, está creciendo. La causa puede estar en que el pingüino Adelia depende mucho más del hielo y es precisamente lo que puede estar sufriendo alteraciones en la región de la península Antártica, donde se ha sentido con mayor fuerza el efecto del calentamiento global. Pero el pingüino papúa está creciendo en número de individuos y en extensión geográfica hacia el sur. “Es una especie que, en general, evita el hielo, es más subantártica, con lo cual eso también es un indicador de que algo está pasando para que una especie que es subantártica se esté expandiendo hacia el sur de la península Antártica”, dice la investigadora trasandina.

¿Cuánto kril hay?, ¿cuánto capturar?

El manejo del kril debería estar asociado al conocimiento del tamaño de sus poblaciones y del tiempo que se demora en recuperar el kril capturado. Para los científicos este es otro punto complejo en el estudio de este pequeño gigante polar. Jan van Franeker comenta que han calculado cuánta comida es consumida por las aves marinas voladoras, pingüinos, focas y ballenas, pero que si se compara esta cantidad con la cantidad estimada de kril disponible, las cifras no coinciden: las aves se comerían todo el kril y más. Algo similar sucede con estimaciones realizadas con ballenas.

En este sentido, el ecólogo holandés confiesa que hay “presión para ir a mayores niveles de pesca y nosotros realmente no sabemos qué tan confiables son nuestros modelos para hacer esto. Hay que ser muy, muy cuidadoso”.

Una novedad de este año en la reunión en Punta Arenas de los grupos de la CCRVMA fue un encuentro que organizó la asociación de empresas que pescan kril (Association of Responsible Krill harvesting companies, ARK). Según Javier Arata, “estas empresas buscan ayudar a la CCRVMA a tomar buenas decisiones en torno al manejo del kril, al cual ven como un recurso que esperan que dure mucho tiempo y por eso quieren apoyar a los investigadores. En esta reunión investigadores y pesqueros intercambiaron información y experiencias, para saber bien cuál es el estado de la abundancia y distribución del kril y cuánto se puede extraer sin perjudicar el ecosistema”.

El kril es un ser vivo muy bien adaptado al extremo medioambiente polar. Si es un hecho que este medioambiente está cambiando, entonces el esfuerzo es saber de qué manera estas alteraciones pueden afectar al kril. “Pero, también debemos entender la conducta de las pesqueras y cómo ellas operan. Así podemos comprender esto desde las dos perspectivas: las pesqueras y el kril mismo”, resume el Dr. So Kawaguchi.

Reiner Canales
Departamento de Comunicaciones y Educación
Instituto Antártico Chileno
rcanales@inach.cl



INACH ORGANIZÓ ENCUENTRO DE COMUNIDAD CIENTÍFICA ANTÁRTICA EN BASE ESCUDERO

Fuente:
Coordinación FAE Zona Sur-UACH.

Con el fin de presentar sus investigaciones y compartir conocimientos en sus diversas áreas de trabajo, sesenta científicos antárticos se dieron cita el 14 de enero en la base "Profesor Julio Escudero" del INACH, en la isla Rey Jorge, Shetland del Sur.

Esta actividad fue organizada por el Dr. Ricardo Jaña, jefe de la base científica, y en ella participaron investigadores de Chile, Argentina, Brasil, Tailandia, China, Rusia, Alemania y Bélgica y se presentaron 23 proyectos.

Las investigaciones presentadas se realizan en la Antártica a cargo de diferentes grupos de investigación que operan en las estaciones científicas emplazadas en la isla Rey Jorge. Los temas fueron variados e incluyeron estudios sobre macroalgas, calentamiento global, vegetación terrestre, bacterias, glaciares, invertebrados, aves, calidad del agua, entre otros.

XXXVII REUNIÓN CONSULTIVA DEL TRATADO ANTÁRTICO

Una destacada participación tuvo la delegación chilena en la XXXVII Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA), que se realizó entre el 28 de abril y el 7 de mayo, en Brasilia, con la participación de más de 300 representantes de 50 países.

La delegación chilena estuvo compuesta por 20 expertos y asesores de los ministerios de Relaciones Exteriores, de Defensa y del Medio Ambiente, además del INACH y de las Fuerzas Armadas.

El Dr. José Retamales, director nacional del INACH, lideró el Grupo de Trabajo sobre Asuntos Operacionales, que, entre otros temas, discutió sobre la seguridad marítima en el océano Austral, la cooperación en materia de levantamientos y cartografía hidrográfica de las aguas antárticas, el desarrollo del turismo, la investigación científica, entre otros. Paralelamente, se desarrolló la XVII Reunión del Comité para la Protección del Medio Ambiente (CPA), que asesora a la RCTA en esta materia.

Chile presentó las acciones y actividades centrales de su estrategia de divulgación y valoración de la ciencia antártica, como una forma de demostrar el gran trabajo que realizan los programas antárticos en esta materia.

La intervención del jefe del Departamento de Comunicaciones y Educación del INACH, Elías Barticevic, apuntó a relevar el rol que están cumpliendo

los programas nacionales en esta tarea e instó a los países que participan en este foro internacional a "provocar sinergias en divulgación científica", con el fin de potenciarse y dar a conocer los resultados de las investigaciones, interesar a las futuras generaciones y colocar en la agenda pública los temas que preocupan a la comunidad polar.



CHILE DESTACA EN RAPAL XXV

Chile presentó los principales hitos de la temporada antártica 2013-2014, en la XXV Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (RAPAL), que se llevó a cabo en Buenos Aires, Argentina, entre el 25 y el 28 de marzo. En su oportunidad, el director nacional del INACH, Dr. José Retamales, resaltó el explosivo aumento de los proyectos científicos en la última temporada, las capacidades logísticas nacionales y la puesta en marcha de una nueva embarcación en el año 2015.

Los Administradores Nacionales de Programas Antárticos de Argentina, Brasil, Chile, Uruguay, Ecuador y Perú constituyen la Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (RAPAL), foro anual de coordinación a nivel latinoamericano de temas científicos, logísticos y ambientales de relevancia en la Antártica.

Este año, además de los representantes de los países mencionados, participaron Venezuela y Colombia en calidad de observadores. Nuestro país estuvo presente con 12 delegados de los cuatro operadores antárticos nacionales (Armada, Ejército, FACH e INACH). El Dr. Retamales lideró la delegación, siendo además el copresidente de la XXV RAPAL.



Chile resaltó la importancia de contar con el buque "Aguiles" de la Armada de Chile para el transporte de un gran número de científicos y la actividad aérea desde Punta Arenas hasta el sector del glaciar Unión. A su vez, el país recalcó también los trabajos de recuperación patrimonial de la base "Presidente Gabriel González Videla", que se esperan tener listos para el 2015, y la recuperación de la base "Teniente Luis Carvajal Villarroel", que había dejado de operar en el 2004. En este marco, se destacó la nueva embarcación a ser utilizada para cubrir los crecientes requerimientos científicos del INACH en las islas Shetland del Sur y el sector costero occidental de la península Antártica. La embarcación contará con 25 metros de eslora, 2 pisos de laboratorios y

habitabilidad para 12 personas.

Al cumplirse el XXV aniversario de la RAPAL, se solicitó a las delegaciones propuestas de nombres para distinguir a las "personalidades de los 25 años de cooperación latinoamericana" en el Continente Blanco. La delegación de Chile propuso al embajador Jorge Berguño Barnes (1929-2011), al capitán de navío Víctor Sepúlveda y al comandante de grupo Miguel Figueroa Ibarra. Además, fue presentado por la delegación de Brasil el nombre del Dr. José Retamales. En total se reconocieron a 18 personalidades destacadas, siendo Chile el único país con cuatro.

COMISIÓN INTERNACIONAL DEBATE SOBRE MANEJO DEL KRIL ANTÁRTICO EN PUNTA ARENAS

En Punta Arenas se reunieron entre el 30 de junio y el 18 de julio, representantes de más de 16 países que participan en los grupos de trabajo del comité científico de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), con el fin de debatir en torno a programas de investigación y de seguimiento e implementación de medidas de protección del ecosistema marino antártico.

El comité científico se reúne una vez al año y asigna diversas tareas, las cuales se ven en grupos de trabajo. En particular, en la capital de Magallanes, por primera



vez se reunió el grupo de Estadísticas, Evaluaciones y Modelado (WG-SAM) y luego fue el turno del grupo de estudio de Seguimiento y Ordenación del Ecosistema (WG-EMM).

El organizador local fue el Dr. Javier Arata, del INACH, quien es representante nacional ante el comité científico de la CCRVMA, del cual fue elegido recientemente como vicepresidente. Esta reunión se desarrolló en el edificio histórico de la Cruz Roja de Punta Arenas.

La Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA, también conocida como CCAMLR, sigla en inglés de Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) fue fundada en 1982 por una convención internacional con el objetivo de conservar la fauna y flora marina de la Antártica, y como reacción al interés creciente en la explotación comercial del kril antártico, que es un componente esencial del ecosistema antártico.

CHILE INAUGURA ESTACIÓN POLAR CIENTÍFICA CONJUNTA “GLACIAR UNIÓN”



El 4 de enero de 2014 se inauguró la nueva Estación Polar Científica Conjunta “Glaciar Unión” (79° 46’ S / 82° 54’ W), que es parte del Plan Legado Bicentenario. La nueva base es una de las tres en el mundo que está dentro del círculo polar antártico junto a la base americana Amundsen-Scott y la base china de Kunlun.

La nueva instalación –compuesta por medios humanos y materiales del Ejército, la Armada, la Fuerza Aérea y el INACH–, tiene como propósito ejercer presencia efectiva, desarrollar ciencia de avanzada y explorar el Continente Blanco.

En la ocasión, encabezada por el presidente Piñera y los ministros de Relaciones Exteriores, de Defensa y de la Secretaría General de Gobierno, se firmó el Proyecto de Ley Antártico, que tiene tres objetivos: fortalecer la presencia y la soberanía de nuestro país en este continente; fortalecer el ejercicio de nuestros derechos y el cumplimiento de nuestros deberes, dentro del Sistema Antártico y el Tratado Antártico; y actualizar y modernizar nuestra legislación antártica, que data del año 1955.

ARMADA FINALIZÓ CAMPAÑA 2013-2014 CON EL MAYOR TRANSPORTE DE CIENTÍFICOS A LA ANTÁRTICA

Con la llegada del rompehielos “Almirante Óscar Viel” a Punta Arenas a comienzos de abril de este año, finalizó la 67ª Campaña Antártica 2013-2014, considerada la más grande desde el punto de vista del apoyo a la ciencia y a los operadores nacionales y extranjeros. En una conferencia de prensa realizada a bordo del *Viel*, el comandante en jefe de la Tercera Zona Naval, contraalmirante Felipe García-Huidobro, destacó las tareas desarrolladas por la Armada, como los trabajos de mantenimiento de la señalización marítima y los de tipo hidrográfico para la confección de nuevas cartas náuticas. Asimismo,

resaltó especialmente la participación de la institución en la etapa marítima de la 50ª Expedición Científica Antártica del INACH y la participación en la Patrulla Antártica Naval Combinada (PANC).

Para el director nacional del INACH, Dr. José Retamales, esta campaña es la más grande de la historia por la cantidad de científicos extranjeros movilizados, desde la isla Rey Jorge hasta más al sur del círculo polar antártico, agregando que “de los 34 países que cada año van a la Antártica, 19 de ellos se movilizan gracias a los buques de la Armada de Chile”.

Para el logro de la 67ª Campaña

Antártica, el remolcador “Lautaro”, el rompehielos “Almirante Óscar Viel” y el transporte “Águiles” navegaron en las seis comisiones un total de 23.225 millas náuticas, equivalentes a dar una vuelta al mundo por la línea del Ecuador, entregando a los operadores nacionales y extranjeros 994 kilos de carga y 1.552.000 litros de combustible.

Fuentes: Armada e INACH.





FALLECIÓ EX DIRECTOR DEL INACH, EMBAJADOR ÓSCAR PINOCHET DE LA BARRA

El 27 de mayo de 2014 falleció en Santiago de Chile el embajador y ex director del INACH Óscar Pinochet de la Barra, quien era uno de los últimos sobrevivientes de la Conferencia Diplomática de Washington en 1959, que dio origen al Tratado Antártico y al sistema que rige actualmente el destino del Continente Blanco.

Desde el año 1942 y siendo aún estudiante de leyes en la Universidad Católica de Chile, fue uno de los pioneros, junto al profesor Julio Escudero, en el estudio del derecho internacional aplicado a regiones polares y de la situación chilena en el continente antártico. Pinochet de la Barra participó en las históricas expediciones nacionales a la Antártica de 1947, 1948 y 1949, donde compartiría experiencias con un selecto grupo de prohombres polares como Francisco Coloane, Guillermo Mann y Julio Ripamonti. Sus amplios conocimientos en materias antárticas, le permitieron representar a nuestro país en las principales reuniones internacionales sobre la materia. Igualmente, escribió numerosos libros y artículos que detallan y explican las bases históricas y jurídicas de los derechos chilenos en la Antártica, y entre los que cabe destacar el señero y premiado “La Antártica Chilena” (primera edición en 1944).

Pinochet fue Subsecretario de Relaciones Exteriores durante el gobierno de Eduardo Frei Montalva; embajador de Chile ante la Unión Soviética, Japón y Bélgica; Director de la Academia Diplomática entre 1990 y 1991; y finalmente Director del INACH de 1990 (fue al mismo tiempo director de la Academia Diplomática y el Instituto) a 2003, antes del traslado del Instituto a Punta Arenas. Fue miembro de número de la Academia Chilena de la Lengua y correspondiente de la Real Academia Española. Entre sus obras destacan “Chilean Sovereignty in Antarctica” (1955), “Base Soberanía y otros recuerdos antárticos” (1977), “Antártica sueños de ayer y del mañana” (1988) y “Medio siglo de recuerdos antárticos. Memorias” (1994). La principal sala de reuniones de la sede nacional del INACH lleva su nombre, al igual que una playa en la costa norte del cabo Shirreff (isla

Livingston) y un estrecho que separa a la isla Guépratte de la punta Briggs de la isla Anvers, en el archipiélago de Palmer.

Testimonios

Según Yasna Ordóñez, funcionaria del INACH desde 1975, “gracias a Don Óscar contamos con la base Julio Escudero”, porque él vio la necesidad de tener un espacio propio donde recibir a los investigadores en la isla Rey Jorge. “También dijo que ‘no nos podemos quedar en la península Antártica’, y de ahí el esfuerzo por abrir la base Hunneus”, a 3.400 km de Punta Arenas y a solo 1.084 km del polo sur. Ordóñez destaca igualmente la personalidad de Pinochet de la Barra, “muy humano y con un gran sentido del humor”.

Por su parte, el profesor Anelio Aguayo, uno de los más destacados expertos en cetáceos del país, recuerda que conoció a Pinochet de la Barra “a mediados de los años cincuenta; era un hombre que sabía escuchar, muy culto, muy fino, parecía un artista”. De hecho en su juventud, se dedicó al canto lírico, al ballet y la crítica de arte. También fue poeta y escritor prolífico con textos dedicados la mayoría a temas polares y de política exterior, pero también varios otros sobre historia y literatura, como su rescate del extraordinario epistolario de Carmen Arriagada (1807-1888).

Aguayo señala que “él fue uno de los tres mosqueteros antárticos de Chile junto a Jorge Berguño y Fernando Zegers”. En este sentido, los dos primeros, Pinochet de la Barra y Berguño, contribuyeron con sólidos estudios históricos a construir una visión fundada del aporte de Chile en el desarrollo de la “conciencia antártica” internacional.

Para el Dr. José Retamales, director nacional del INACH, “Don Óscar creó una visión de la Antártica en el país donde la ciencia cumple un rol fundamental y ejemplar como modo de colaboración entre países y personas, que es justamente lo que hemos querido seguir profundizando en nuestra gestión”.

DESARROLLO ANTÁRTICO ES UNO DE LOS PRINCIPALES EJES DEL PLAN ESPECIAL DE MAGALLANES

El desarrollo científico en torno a la Antártica es uno de los principales ejes del Plan Especial de Zonas Extremas para la Región de Magallanes y Antártica Chilena, que la Presidenta de la República Michelle Bachelet presentó a la comunidad el 17 de junio en el Teatro Municipal "José Bohr", de Punta Arenas. La máxima autoridad del país firmó el decreto destinado a promover el avance integral de la zona, que bajo el lema "La región que queremos" define un programa para el territorio más austral de Chile, cumpliendo con uno de los compromisos de los primeros cien días de gobierno.

Durante su discurso, la mandataria afirmó que "este es un plan que busca mejorar la calidad de vida de cada uno de los habitantes de la más austral de las regiones de Chile. Con esto nos estamos haciendo



cargo de una de las grandes inequidades de nuestro país: la desigualdad territorial".

Para Magallanes, este plan tiene un costo total de \$309.000 millones. Durante el período de este gobierno se ejecutarán \$202.000 millones, que corresponden al 65 % del total. De ellos, \$167.000 millones serán recursos adicionales y complementarios a la inversión normal que proyectan los ministerios y el gobierno regional durante el período 2014-2018 en la zona.

Michelle Bachelet explicó que el programa establece seis ejes: transformar a Magallanes en una región científica a nivel mundial; fortalecer la conectividad

del territorio más grande de Chile; mejorar el desarrollo social de los habitantes; apostar por las energías del futuro; potenciar el patrimonio de la Patagonia pionera; y fomentar el trabajo y los emprendimientos mediante la creación de nuevos instrumentos que potencien el desarrollo económico, social y cultural de la comunidad.

El eje "Región científica a nivel mundial" comprende la creación de un Centro Docente Asistencial en la Universidad de Magallanes, con una inversión equivalente a \$8.265 millones, y el diseño y construcción de un Centro Científico y Museo Antártico, con una inversión de \$24.542 millones.

Fuentes: Comunicaciones Intendencia de Magallanes y Antártica Chilena e INACH.



INACH RENUEVA SU PROGRAMA CIENTÍFICO PARA ESTIMULAR LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL

Como una forma de ampliar los horizontes de la ciencia polar en el país, el INACH ha renovado completamente su Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN), incluyendo nuevas líneas de investigación, fuertemente relacionadas con las tendencias de la comunidad científica internacional. Los proyectos que conforman actualmente el PROCIEN están distribuidos en las siguientes líneas:

1. Estado del ecosistema antártico.
2. Umbrales antárticos: resiliencia y adaptación del ecosistema.
3. Cambio climático en la Antártica.
4. Ciencias de la Tierra y astronómicas.
5. Microbiología, biología molecular y biotecnología antártica.
6. Medioambiente antártico.

La mayoría de estas líneas están directamente vinculadas a los programas en ejecución del comité internacional

en ciencia antártica SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research).

Según el director nacional del INACH, Dr. José Retamales, estos cambios confirman el "deseo de impulsar una ciencia que contribuya a la comprensión de los fenómenos que nos preocupan como sociedad global, fomente la inserción en redes internacionales y sirva al desarrollo del país".

Los proyectos del PROCIEN recorren extensas zonas de la Antártica para realizar el muestreo y observaciones que demandan sus investigaciones. En la actualidad este programa cuenta con 13 plataformas disponibles para los científicos, entre buques, bases, refugios y campamentos, las que se ampliarán a 15 la próxima temporada 2014-2015 con la reapertura de la base "Yelcho" y el comienzo de las navegaciones polares de la lancha "Karpuj".

INACH BECÓ A PROFESORA MAGALLÁNICA PARA PARTICIPAR EN EXPEDICIÓN AL ÁRTICO

Jamás la profesora Hilda Carrera imaginó que ganar la Feria Antártica Escolar no solo le iba a dar la oportunidad de conocer el Continente Blanco, sino que además le abriría las puertas para participar en una expedición científica educativa al Ártico. El INACH la seleccionó como representante nacional para integrar el programa internacional “PolarTREC – Teachers and Researchers Exploring and Collaborating” (Maestros e Investigadores Explorando y Colaborando).

Hilda Carrera ganó hace cuatro años la Feria Antártica Escolar y junto a su alumna pudo cumplir el sueño de conocer la Antártica y ver en terreno lo que habían estudiado en su colegio. Según Carrera, “es uno de los logros que guardo profundamente en mis recuerdos y que agradezco al INACH, el que ahora me ofrece la oportunidad de ir a conocer y compartir mis experiencias de investigación con otros profesores y alumnos seleccionados de Estados Unidos, Dinamarca y Groenlandia”.

Además, ella actualmente forma parte del equipo regional que capacita a profesores en la generación de proyectos científicos a nivel escolar, del Programa Explora de la Universidad de Magallanes



De la Antártica al Ártico

La pasantía de la profesora de Biología y Química duró 25 días, entre el 25 de junio y el 19 de julio, y es producto de la colaboración entre el INACH y la División de Programas Polares de la Fundación Nacional para la Ciencia (National Science Foundation), de Estados Unidos. Esta experiencia ha sido posible gracias a la invitación que el INACH hizo el año pasado al programa polar estadounidense para que un grupo de estudiantes y profesores de ese país se uniera a su Expedición Antártica Escolar.

De esta forma, Hilda se sumó a las actividades del Joint Science Education Project (JSEP, Proyecto Conjunto de Educación de la Ciencia), organizado por PolarTREC. El grupo de cinco profesores (dos profesores de Dinamarca y Estados Unidos y uno de Chile) viajó a Kangerlussuaq, en la costa oeste de Groenlandia, y luego a la estación científica “Summit”, ubicada en la cima del casquete de hielo de Groenlandia, de 3.200 metros de espesor. Los expedicionarios realizaron experimentos y actividades educativas basados en la investigación polar y visitaron varios centros de investigación.

Para seleccionar a la beneficiaria de esta pasantía, el INACH entrevistó a cuatro profesores de Magallanes que habían ganado la Feria Antártica Escolar en los últimos cinco años. “Como profesora, este viaje es una de las experiencias más grandes que tendré en mi vida y que será un gran apoyo a mi perfeccionamiento en enseñanza de investigación científica escolar”, comentó la profesora del Liceo María Auxiliadora.



Ante una treintena de personas, el 4 de febrero el pianista estadounidense Kimball Gallagher finalmente cumplió su sueño de ofrecer un concierto en la Antártica. Este fue el concierto número 77 de un total de 88 que el intérprete tiene programado realizar como parte de una gira alrededor del mundo (ese es el número de las teclas de un piano). Gallagher se mostró muy emocionado y contento por la experiencia, compartiendo con el público asistente, principalmente de las bases chilenas y rusa.

Interpretó diez obras de Chile, Rusia, Uruguay, China, entre otras. Asimismo, incluyó la pieza “Preludio II” del músico magallánico Sergio Pérez Bontes. El concierto se llevó a cabo en la base “Profesor Julio Escudero”, del INACH, en la isla Rey Jorge. Posteriormente, Gallagher recorrió la bahía de Fildes y visitó la base “Great Wall”, de China. Este concierto contó con el apoyo de Aerovías DAP y el INACH.

REALIZAN INÉDITO CONCIERTO DE PIANO EN BASE ESCUDERO



Sebastián de la Carrera Díaz



Después de trabajar casi 33 años en el INACH, jubiló el 31 de marzo el Sr. Sebastián de la Carrera Díaz, quien cumpliera diversas e importantes funciones en la institución.

De la Carrera ingresó a la administración pública en 1968, específicamente a la Contraloría

General de la República, donde trabajó 13 años. El 16 de mayo de 1981 inició su trayectoria en el INACH, como Jefe del Departamento Administrativo. A lo largo de estos años ha cumplido funciones de auditor interno y de jefe de la Unidad de Recursos Humanos. Fue, además, jefe de la base "Profesor Julio Escudero" y le tocó trabajar directamente en el traslado de la institución desde Santiago a Punta Arenas. Quiénes fuimos sus compañeros de trabajo le deseamos la mejor de las suertes en la nueva etapa que comienza.



ILAIA, un nuevo medio para divulgar los avances de la ciencia antártica nacional

En el marco de la Conferencia Abierta del Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR) y la reunión anual del Consejo de Administradores de los Programas Antárticos Nacionales (COMNAP), fue presentada una nueva publicación: Ilaia. Advances in Chilean Antarctic Science, con los progresos más relevantes de nuestros científicos en el Continente Blanco.

"Ilaia" es la primera publicación periódica en inglés de este tipo del Instituto Antártico Chileno (INACH) y reúne artículos, entrevistas, crónicas y un detalle del Programa Chileno de Ciencia Antártica, recientemente renovado, con sus líneas de investigación y los proyectos en ejecución.

Su nombre corresponde a una palabra yámana que significa "más allá hacia el sur" y sintetiza el afán que tiene Chile en su vocación polar. Esta revista tendrá una edición impresa anual y también puede ser descargada en formato digital desde el sitio electrónico del INACH en <http://www.inach.cl/wp-content/uploads/2014/04/ilaia-web-low-18062014.pdf>.

Se distribuirá principalmente en los distintos foros antárticos en los que participa Chile, en centros internacionales de investigación polar y en las embajadas chilenas y extranjeras de países con actividad antártica.

Ilaia, de esta forma, se suma a las otras dos publicaciones periódicas del INACH: el Boletín Antártico Chileno y el Programa Nacional de Ciencia Antártica-PROCIEN, todas disponibles en el sitio www.inach.cl.

El diseño estuvo a cargo de Pablo Ruiz, del Departamento de Comunicaciones y Educación del INACH, y la traducción de los textos correspondió a Robert Runyard.

El primer número presenta en una decena de artículos el variado espectro de investigaciones que Chile está ejecutando en la Antártica, con avances en microbiología, glaciología, biología marina, paleontología y ecología. Además hay entrevistas a las principales autoridades de dos organismos antárticos internacionales: Jerónimo López, presidente del SCAR, y Heinz Miller, presidente del COMNAP. Finalmente, dos crónicas ahondan en el conocimiento del patrimonio histórico polar del país.

¿Cómo financiar mi proyecto de ciencia antártica?



Concurso Regular

Apertura postulación al concurso 2015: 27 de marzo

Concurso de Apoyo a Tesis

Apertura postulación al concurso 2015: 1 de junio

Concurso Regular Fondecyt

Cierre postulación julio de 2015 (por confirmar).

Concurso Postdoctorado

Cierre postulación mayo de 2015 (por confirmar).

Concurso Iniciación en Investigación

Cierre postulación mayo de 2015 (por confirmar).

Concurso Nacional de Anillos de investigación en Ciencia y Tecnología (Programa de Investigación Asociativa, PIA)

Cierre postulación octubre de 2015 (por confirmar).

El INACH cuenta con fondos propios para el financiamiento de proyectos de investigación antártica y adicionalmente tiene convenios con las más importantes agencias de financiamiento para la Ciencia y Tecnología en Chile. Gracias a ello, es posible postular a estas fuentes y realizar campañas de terreno en la Antártica con el apoyo del INACH. Estas son las fechas que deberías marcar en tu calendario 2015 para programar la presentación de proyectos y soñar con hacer ciencia en el Último Continente.

www.inach.gob.cl

INSTITUTO ANTÁRTICO CHILENO

Plaza Muñoz Gamero N° 1055
Punta Arenas - Chile
Fono: (56-61) 229 81 00



REVISTA DE LA CIENCIA ANTÁRTICA CHILENA



INACH
Ministerio de
Relaciones
Exteriores

Gobierno de Chile

SOBRE LA PORTADA

Esta ilustración mezcla imágenes pertenecientes a las colecciones del biólogo marino Jorge Acevedo (Fundación Cequa) y del Prof. Anelio Aguayo (INACH). Cada cola de ballena jorobada representa una huella digital única y reconocible que permite su identificación. El registro de un individuo en dos lugares distintos (áreas de alimentación y de reproducción) entrega valiosa información sobre sus hábitos y rutas migratorias.

Pablo Ruiz

www.inach.gob.cl