

Summary in English (page 32)

Vol. 28 Nº1. Junio 2009 / ISSN 0716-0763

# Boletín ANTÁRTICO Chileno



**ESPECIAL DARWIN**  
**DARWIN SPECIAL EDITION**

Illustración: Alejandra

**BOLETÍN ANTÁRTICO CHILENO**  
**VOL. 28 N°1.**  
**JUNIO 2009**  
**36 PÁGINAS**

**DIRECTOR Y REPRESENTANTE LEGAL:**

José Retamales Espinoza

**EDITOR:**

Reiner Canales Cabezas

**COMITÉ ASESOR:**

Jorge Berguño Barnes

Marcelo Leppe Cartes

Elías Barticevic Cornejo

**PRODUCCIÓN:**

Yasna Ordóñez Kovacevic

Jeniffer Muñoz Palma

**TRADUCCIÓN:**

Robert Runyard

**IMPRESIÓN Y DISEÑO:**

La Prensa Austral IMPRESOS

**DIRECCIÓN:**

Instituto Antártico Chileno

Plaza Muñoz Gamero 1055

Punta Arenas, Chile

Fono: 56-61-29 81 00

Fax: 56-61-29 81 49

E-mail: 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 2.000 ejemplares, de distribución gratuita.*

**EDITORIAL**

- ❖ Editorial 3

**COLABORACIONES**

- ❖ Aguas ácidas en la Antártica. *Bernhard Dold, Elena González-Toril, Jenny Gaviria, María-Eugenia Cisternas y Ricardo Amils* 4
- ❖ Expedición científica al corazón de la Antártica. *Francisca Bown, Andrés Rivera, Gino Casassa, Jens Wendt, Guisella Gacitúa, Rodrigo Zamora, José Uribe y Claudio Bunster* 6
- ❖ Glaciar Fleming comienza a entregar datos sobre efectos del cambio global. *Jens Wendt, Anja Wendt, Andrés Rivera, Claudio Bravo y Francisca Bown* 7
- ❖ Expedición científica al glaciar Union. *Andrés Rivera, Rodrigo Zamora, José Uribe y Jens Wendt* 9

**ESPECIAL CHARLES DARWIN**

- ❖ Presentación 10
- ❖ Reflexiones acerca de Darwin, la Antártica y su tiempo. *Marcelo Leppe* 11
- ❖ La Antártica y el largo viaje evolutivo de Darwin. *Jenny Blamey* 13
- ❖ 200 años del natalicio de Darwin: ¡Qué oportunidad para hablar de evolución! *Ingrid Hebel* 15
- ❖ Diatomeas antárticas: vida en las sombras y el frío. *Paulina Uribe* 18
- ❖ Hace 50 millones de años unas aves dejaron sus huellas en la Antártica. *Héctor Mansilla* 20
- ❖ Evolución en frío: Historia biogeográfica del género *Nacella* en el océano Austral. *Claudio González y Elie Poulin* 22

**ACTIVIDAD INTERNACIONAL**

- ❖ Celebraciones del cincuentenario de la firma del Tratado Antártico. *Jorge Berguño* 24
- ❖ Chile e India intensificarán vínculos científicos 25
- ❖ Príncipes de Holanda se reunieron con investigadores antárticos chilenos 25
- ❖ Comunicadores británicos analizan relación entre ciencia y sociedad 26
- ❖ Príncipe Alberto II de Mónaco desarrolló amplio programa de actividades en Punta Arenas y la Antártica 26

**PANORAMA ANTÁRTICO NACIONAL**

- ❖ Bases antárticas de antaño y su nueva relación con el Tratado Antártico: desafíos para su nuevo empleo. *Cdte. Miguel Figueroa* 27
- ❖ Estudiantes chilenos reviven travesía de Darwin por el Estrecho de Magallanes 28
- ❖ Profesores de la Región del Bío Bío se capacitaron en metodologías de investigaciones antárticas escolares 28
- ❖ Muestra filatélica antártica en la Cancillería 29
- ❖ INACH promueve la formación de capital humano 29
- ❖ Concluyó XLV Expedición Científica Antártica 29
- ❖ Ministro de Relaciones Exteriores (s) visitó el INACH en Punta Arenas 30
- ❖ Primer Laboratorio Antártico de Biología Molecular 30
- ❖ UMAG fomenta crédito cultural antártico y proyecto "Hielo, un nuevo patrimonio" 30
- ❖ Regreso a base O'Higgins 30 años después 31
- ❖ Científicos del INACH asisten a taller y seminario sobre organismos extremófilos 31
- ❖ Serie de láminas sobre la Antártica llega a hogares magallánicos 31
- ❖ INACH promueve incorporación de la ciencia al turismo regional 31

**RESÚMENES EN INGLÉS / SUMMARY** 32

**LISTA DE PUBLICACIONES ISI CHILENAS EN CIENCIA ANTÁRTICA, AÑO 2008** 34

**COLOFÓN** 35

El 24 de marzo de este año el *Science & Technology Facilities Council* (STFC), uno de los componentes del Sistema de Ciencia y Tecnología del Reino Unido, canceló el proyecto CLOVER, que pretendía construir un conjunto de tres telescopios capaces de encontrar evidencias de ondas gravitacionales posteriores al *Big bang*. Las causas fueron principalmente tres: el déficit del STFC (más de 120 millones de dólares), enormes modificaciones en los cálculos del presupuesto original y, en parte, el cambio de ubicación de los telescopios desde el Polo Sur al Desierto de Atacama. En un principio, éstos se instalarían en la base Concordia (Domo C), con el apoyo de los gobiernos de Italia y Francia, pero el lugar no resultó adecuado y fue necesario pagar por un nuevo lugar en Atacama, aumentando los costos del proyecto al punto de su cancelación. Las partes de los telescopios están repartidas en las universidades de Oxford, Cambridge, Manchester y Cardiff. Este caso muestra aristas sugestivas: los efectos de la crisis económica global, las oportunidades que en este contexto sigue ofreciendo la Antártica con su red de cooperación internacional y las ventajas de Chile al poseer no uno, sino varios sitios de interés científico de primer orden.

Varios países, entre ellos Chile y Estados Unidos, han enfrentado la crisis aumentando el gasto fiscal, fortaleciendo aquellas áreas que en el mediano y largo plazo aseguren crecimiento y desarrollo. El programa de estímulo económico del presidente Obama incluyó más de USD 21 billones para financiamiento de la ciencia. Para Obama, "hoy más que nunca, la ciencia es esencial para nuestra prosperidad, nuestra seguridad, nuestra salud, nuestro medioambiente y nuestra calidad de vida". Similares medidas se han tomado en el Reino Unido, pero enfocándose en "áreas claves de potencial económico".

En Chile a comienzos de 2009, la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt) entregó más de 35 mil millones de pesos a 405 proyectos de excelencia seleccionados en el marco del Concurso Regular de Investigación. Entre 2006 y 2009, el total de fondos públicos destinados a desarrollar y fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación se incrementó en un 120% real. A su vez, el aumento en el área de desarrollo de Capital Humano ha superado el 490%, pasando de 8.700 a 52.300 millones de pesos entre 2005 y 2009.

Nuestra ventaja comparativa (cercanía geográfica a la Antártica) no serviría de mucho si no nos preocupáramos de producir ciencia antártica de calidad y la coyuntura financiera no debe alterar este principio. Por ello, en el INACH hemos renovado el antiguo sistema de concursos robusteciendo el Departamento de Proyectos, implementando un sistema en línea y mejorando el proceso de evaluación. En un sistema nacional de concursos, con financiamiento del INACH y Conicyt, el rango de postulantes abarca desde estudiantes de pre-grado hasta equipos interdisciplinarios de postgrado.

Finalizamos esta editorial con una triste nota: la muerte del destacado geodesta alemán Dr. Jens Wendt (1965-2009), el pasado 6 de abril. El trabajo antártico de Jens, desde el Centro de Estudios Científicos, simbolizaba como pocos lo argumentado en los párrafos anteriores, en el sentido de que es posible hacer ciencia de calidad en Chile con investigadores y universidades de otros países.

*On the 24th of March this year, the Science & Technology Facilities Council (STFC) in the United Kingdom cancelled the CLOVER project, which was pursuing the construction of a telescope capable of finding evidence of gravitational waves that followed the Big Bang. There are three main reasons for the cancellation: the tremendous budget deficit facing the STFC (more than 120 million USD), changes in the budget for project management, and the decision to change the location of the telescope from the South Pole to the Atacama Desert. In Antarctica, the project team members from Italy and France were to have paid for part of the project until the relocation led to postponing their support. Parts of the telescope have been delivered to universities at Oxford, Cambridge, Manchester and Cardiff awaiting now-uncertain onward shipment to Chile. This situation involves the convergence of several factors: the effects of the global economic crisis, the opportunities in this area that are still present in Antarctica through the network of international cooperation, and the advantages that Chile offers in having not one but several sites of first-line scientific interest.*

*Several countries, with Chile and the United States among them, have faced the economic crisis with countercyclical measures, which is to say that they have increased government spending, strengthening those areas that in the medium- and long-term would assure economic growth and development. President Obama's economic stimulus package included 21 billion dollars for financing science projects. For Obama, "Science is more essential for our prosperity, our security, our health, our environment, and our quality of life than it has ever been before." Similar measures have been taken in the United Kingdom, but these are focused on "key areas of economic potential."*

*In Chile at the beginning of 2009, the National Commission for Science and Technology (CONICYT) provided more than 35 billion Chilean pesos (approximately 62 million US dollars) for 405 high-quality projects selected through the Standard Competition for Research. Between 2006 and 2009, the amount of total public funding earmarked for development and improvement of the Chilean National System for Science, Technology, and Innovation grew by 120%. During the same time, the increase in the area for development of human capital has grown at a greater rate, from USD 15.8 million USD to 95 million USD between 2005 and 2009 (taking into account currency valuations).*

*Chile's comparative advantage (geographic proximity to Antarctica) will not be of much importance if we do not produce high quality science, and circumstances must not alter this principle. For this reason, at INACH we have modernized the old method of competition (for research funding) by implementing an online system, accompanied by improvements in the evaluation process (increasing the number of external evaluators). There are seven open competitions and applicants range from undergraduate university students to interdisciplinary teams.*

*We conclude this editorial on a sad note: the death of the distinguished German geodesist Dr. Jens Wendt (1965-2009), on the sixth of April. Jen's Antarctic work at the Center for Scientific Studies (CESC) symbolized, in ways not often seen, the reasoning set forth in the preceding paragraphs, in the sense that it is indeed possible to generate high quality science from within Chile with researchers and universities of other nations.*

# Aguas ácidas en la Antártica

Figura 3. Vista de una zona fuertemente mineralizada y oxidada con efluentes ácidos en la isla Rey Jorge (bahía Almirantazgo).

**El proyecto “Ciclos biogeoquímicos del hierro y del azufre en la Antártica” es el primero en estudiar, mediante técnicas de ecología molecular, la diversidad microbiana asociada a la oxidación de sulfuros en el clima antártico, y de esta forma obtener información sobre la movilidad de elementos y de sus flujos desde la fuente hasta las descargas. La oxidación de sulfuros en climas fríos ha sido muy poco investigada y en la XLV ECA por primera vez se pudo muestrear y describir este tipo de aguas ácidas (P.D. 3-4.8) en la Antártica. Los conocimientos sobre la oxidación de sulfuros en climas extremadamente fríos y las interacciones biogeoquímicas podrán ser de gran utilidad para su aplicación en faenas mineras ubicadas en, por ejemplo, la alta Cordillera de los Andes (biominería).**

En el marco de la XLV Expedición Científica Antártica, organizada por el INACH, se realizó la primera campaña de terreno del proyecto “Ciclos biogeoquímicos del hierro y del azufre en la Antártica. Desde la oxidación microbiana de sulfuros hasta las descargas submarinas de aguas subterráneas”. Este proyecto estudia el fenómeno de la oxidación de sulfuros en el clima extremo de la Antártica y el efecto del aporte de elementos limitantes de la cadena alimenticia al océano. La oxidación y reducción de los elementos son procesos con una estrecha interacción entre los minerales, el agua y los microorganismos controlando así los ciclos biogeoquímicos y la movilidad de los elementos con un posible aporte hacia el mar. Este estudio permitirá predecir y cuantificar el aporte de hierro disuelto y azufre al océano debido a la oxidación de sulfuros, lo que supone un punto fundamental para la productividad biológica y para la comprensión de los ciclos globales del hierro, el azufre y el carbono.

Las aguas ácidas mineras o *acid mine drainage* (AMD), que se forman a través de la oxidación de minerales sulfurados, son el principal problema ambiental de la minería. Sin embargo, estos procesos ocurren también en forma natural en la superficie de la corteza terrestre jugando así un rol importante en los ciclos de elementos tales como el hierro y el azufre.

El hierro es una pieza clave para entender el desarrollo del fitoplancton y supone, además, un parámetro importante en el entendimiento del ciclo global del carbono. El aporte de hierro disuelto y de metales pesados al océano debido a la nombrada

oxidación de sulfuros y la descarga submarina de aguas subterráneas (*submarine groundwater discharge*, SGD), no se ha estudiado todavía con la debida profundidad. La importancia de dichas SGD ha sido recientemente reconocida como fuente que aporta elementos esenciales para el desarrollo de los ciclos elementales que tienen lugar en los océanos (Dold, 2006; Dold, 2007). La transferencia desde compuestos sólidos al medio líquido en la corteza terrestre se asocia, mayoritariamente, a procesos de oxidación y disolución. La liberación y especiación de hierro a partir de sulfuros bajo condiciones de oxidación, es un proceso biogeoquímico de alta complejidad.

En la corteza terrestre se forman sulfuros como la pirita ( $\text{FeS}_2$ ) bajo condiciones reductoras. Cuando son expuestos a las condiciones oxidantes de la superficie terrestre (principalmente por erosión de capas superiores o actividad antropogénica, como la minería), son rápidamente oxidados, dando lugar a la formación de ácido sulfúrico, a la liberación al ambiente de hierro, de metales pesados y de otros elementos tóxicos tales como el arsénico. Debido a las condiciones ácidas que se establecen durante este proceso, la mayoría de los metales pesados liberados son móviles y pueden contaminar la superficie y las aguas subterráneas.

Otro proceso frecuentemente observado y con similar resultado, es la reducción biogeoquímica del  $\text{Fe(III)}$  a  $\text{Fe(II)}$  llevada a cabo por microorganismos. Ellos utilizan el hierro (III) como aceptor de electrones, y diversos compuestos como ácidos carboxílicos o azufre como donadores de electrones. Estos



Figura 1. Muestreo geoquímico y microbiológico en la isla Rey Jorge (bahía Almirantazgo) de un efluente ácido (pH 3-3.5, Fe 14.7 mg/L) debido a la oxidación de un área con pirita, fuertemente alterada y mineralizada. A la izquierda, la geóloga Jenny Gaviria (GEA-Udec) y a la derecha la microbióloga española Elena González-Toril del Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), Madrid.

procesos de biorreducción aumentan considerablemente la movilidad del hierro.

Si estos fenómenos tienen lugar en áreas cercanas a océanos, el aporte de hierro disuelto y de metales pesados a través de deshielo, ríos y de aguas subterráneas, puede afectar enormemente al desarrollo de los ciclos elementales oceánicos. En esta expedición por primera vez se pudo muestrear y describir este tipo de aguas ácidas (pH 3-4.8) en la Antártica (figs. 1 y 2).

La importancia del clima en estos procesos ha sido puesta de manifiesto en estudios anteriores. Sin embargo, la oxidación de sulfuros en climas fríos (fig. 3) ha sido muy poco investigada. Este proyecto es el primero en estudiar, mediante técnicas de ecología molecular, la diversidad microbiana asociada a la oxidación de sulfuros en el clima antártico, y de esta forma obtener información sobre la movilidad de elementos y de sus flujos desde la fuente hasta las descargas.

Además, una cuestión primordial en ecología microbiana es identificar cuáles son los límites para la presencia y desarrollo de microorganismos y entender los mecanismos moleculares que definen dichos límites. Las exploraciones que cada año se llevan a cabo en la Tierra descubren vida en ambientes que previamente fueron considerados como inhabitables. Se ha encontrado una diversidad microbiana mayor de lo que cabría imaginarse en lugares como desiertos, aguas extremadamente ácidas, fumarolas, aguas termales, en el subsuelo, entre otros. El estudio en profundidad de estos ambientes extremos, nos proporciona importantes claves para el entendimiento del origen de la vida o la posibilidad de encontrar vida en otros planetas. Por otro lado, los conocimientos sobre la oxidación de sulfuros en climas extremadamente fríos y las interacciones biogeoquímicas podrán ser de gran utilidad para su aplicación en faenas mineras ubicadas en, por ejemplo, la alta Cordillera de los Andes (biominería).

Esta investigación es realizada por un equipo interdisciplinario (geología-geoquímica-microbiología) gracias a la colaboración internacional surgida entre el Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA), Universidad de Concepción y el Centro de Astrobiología (CAB), INTA-CSIC, Madrid, España.

**BERNHARD DOLD<sup>1)</sup>, ELENA GONZÁLEZ-TORIL<sup>2)</sup>, JENNY GAVIRIA<sup>1)</sup>, MARÍA-EUGENIA CISTERNAS<sup>1)</sup>, RICARDO AMILS<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA), Universidad de Concepción, Concepción, Chile

<sup>2)</sup> Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), Madrid, España.

Email: bdold@udec.cl

## MAYOR INFORMACIÓN:

Diaby, N. et al., 2007. *Microbial communities in a porphyry copper tailings impoundment and their impact on the geochemical dynamics of the mine waste*. Environmental Microbiology, 9(2): 298-307

Dold, B., 2006. *Element flows associated with marine shore mine tailings deposits*. Environmental Science and Technology, 40: 752-758.

Dold, B., 2007. *Biogeochemical processes in mine tailings with special focus on marine shore tailings deposits and their remediation*. Advanced Material Research, 20-21: 177-185.

Dold, B., Blowes, D.W., Dickhout, R., Spangenberg, J.E. and Pfeifer, H.-R., 2005. *Low Molecular Weight Carboxylic Acids in Oxidizing Porphyry Copper Tailings*. Environmental Science and Technology, 39(8): 2515-2521.

González-Toril, E., Llobet-Brossa, E., Casamayor, E.O., Amann, R., Amils, R. (2003) *Microbial ecology of an extreme acidic environment, the Tinto River*. Appl. Environ. Microbiol., 69: 4853-4865.

## GLOSARIO

**Aceptor de electrones (o agente oxidante).** Átomo o molécula que toma fácilmente electrones, reduciéndose.

**Ciclo biogeoquímico.** Procesos que controlan el traspaso de cantidades masivas de carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro, fósforo y otros elementos entre los componentes vivientes y no vivientes del ambiente (atmósfera y sistemas acuáticos) mediante una serie de procesos biogeoquímicos que controlan la producción y descomposición.

**Especiación.** La especiación química se ha definido como el proceso de identificación y cuantificación de diferentes especies, formas o fases químicas presentes de un elemento en una matriz ambiental.

**Reducción.** En química, la reducción es el proceso electroquímico por el cual un átomo o ion gana electrones. Implica la disminución de su estado de oxidación. Este proceso es contrario al de oxidación.



Figura 2. Medición del pH (3.487) en un efluente ácido en la península Barton de la isla Rey Jorge.

# Expedición científica al corazón de la Antártica

**Uno de los fenómenos que concita hoy la atención de la comunidad científica es la existencia de lagos subglaciares, complejos sistemas de agua no congelada detectados bajo la gruesa capa de hielo polar. El CECS exploró en la temporada 2007-2008 el interior de la Antártica oriental mediante una travesía terrestre de más de 2400 km y el estudio del lago subglaciar Recovery D (85°S/21°E), del cual existen muy pocos estudios disponibles. En la travesía se midió la acumulación de nieve en una serie de balizas instaladas en 2004 y los espesores de hielo y características estratigráficas internas de la nieve mediante diversos sistemas de radar. También se obtuvieron datos de la topografía y de las velocidades del hielo mediante técnicas GPS y se extrajeron testigos de nieve y neviza para analizar la variabilidad climática de la región.**

El interior de la Antártica tiene una cubierta de hielo de más de 3 kilómetros de espesor y se caracteriza por una compleja dinámica glaciaria. Uno de los fenómenos que está concitando con mayor fuerza la atención de la comunidad científica es la existencia de lagos subglaciares. Se trata de complejos sistemas de agua no congelada detectados bajo la gruesa capa de hielo polar. En la actualidad se conocen más de 150 de estos lagos y hay evidencia reciente que indica que no solamente pueden albergar formas de vida muy antiguas, sino que también tienen un rol importante en el flujo de hielo. Cuatro lagos subglaciares han sido descubiertos en la cabecera de la corriente de hielo Recovery, en la Antártica oriental, que en su conjunto son similares en tamaño al lago subglaciar Vostok (aprox. 14.000 km<sup>2</sup>; en Chile no hay ningún lago superficial que se le compare en tamaño).

El Centro de Estudios Científicos (CECS) de Valdivia, junto al Ejército de Chile y la compañía privada Antarctic Logistics and Expeditions (ALE), decidió llevar a cabo una exploración al interior de la Antártica oriental que incluyó una travesía terrestre de más de 2400 km (fig. 1) y el estudio del lago subglaciar Recovery D (85°S/21°E), del

cual existen muy pocos estudios disponibles.

El grupo expedicionario partió su recorrido en Patriot Hills (80°19'S/81°16'W) el 22 de diciembre de 2007 y alcanzó, doce días después, el Polo Sur Geográfico (90°S) siguiendo aproximadamente la misma ruta empleada por el CECS el 2004; luego se desplazó hacia el Nor-Oriente desde dicho punto hasta los 87°52'S/54°26'E, el punto más oriental de la travesía. Desde allí se retornó a Patriot Hills, donde concluyó la travesía a fines de enero de 2008, logrando realizar numerosas mediciones científicas de gran valor. Se midieron múltiples parámetros tales como la acumulación de nieve en una serie de balizas instaladas hace tres años (fig. 2) y los espesores de hielo y características estratigráficas de la nieve superficial mediante diversos sistemas de radar. También se obtuvieron datos de la topografía y de las velocidades del hielo mediante técnicas GPS (fig. 3) y se extrajeron testigos de nieve y neviza para analizar la variabilidad climática de la región.

Para la exploración del lago Recovery D (fig. 1), uno de los cuatro lagos subglaciares descubiertos en las nacientes del glaciar del mismo nombre (fig. 4), se instalaron balizas y una estación GPS permanente para así evaluar la dinámica del manto de hielo que cubre el lago.

Los primeros análisis de acumulación a lo largo de la travesía confirmaron lo que ya es conocido: que la Antártica es un continente árido y que la depositación de nieve disminuye al acercarnos al Polo Sur. De hecho, hasta los ~84°S no fue posible encontrar ninguna de las balizas instaladas el año 2004 y, por tanto, se estima para este primer tramo una acumulación superior a los 100 cm, mientras que más al sur ellas fueron localizadas con mayor facilidad. Sin embargo, aún será necesario continuar con las mediciones en sucesivas expediciones para saber si los valores obtenidos están dentro de los rangos normales de acumulación o bien, si actualmente existe alguna tendencia producto del cambio climático. Las exploraciones al oriente del Polo Sur son inéditas y constituyen una nueva contribución chilena al programa "International Trans Antarctic Scientific Expedition" (ITASE, [www2.umaine.edu/itase](http://www2.umaine.edu/itase)) y el Año

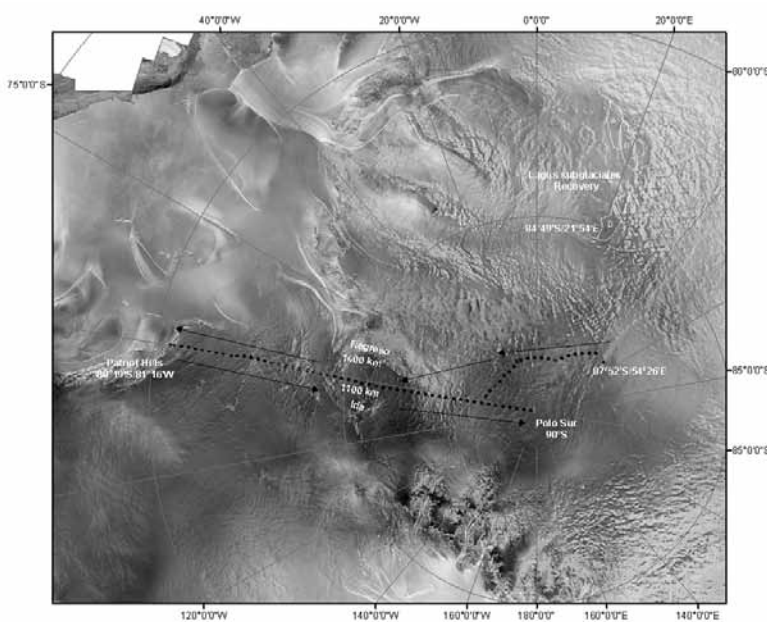


Figura 1. Mapa de la expedición a Antártica oriental 2007-2008. El punto negro indica el sitio de exploración del lago Recovery-D, donde se instaló la red de balizas y la estación GPS.



Figura 2. Francisca Bown mide la acumulación de nieve durante los últimos tres años. Al fondo, el tractor que permitió realizar la travesía.



Figura 3. El Dr. Jens Wendt junto a una antena GPS instalada en una de las balizas.



Figura 4. Los glaciólogos Gino Casassa (izquierda) y Andrés Rivera (derecha) poniendo por primera vez la bandera chilena en el lago Recovery-D.

Polar Internacional 2007–2008 ([www.ipy.org](http://www.ipy.org)).

El Centro de Estudios Científicos contó para esta expedición con el financiamiento de la Iniciativa Científica Milenio, el Programa de Financiamiento Basal para Centros de Excelencia de Conicyt y el Gobierno Regional de Los Ríos. Para ver más detalles de este proyecto consultar en [www.cecs.cl](http://www.cecs.cl).

#### MAYOR INFORMACIÓN:

Bell, R., M. Studinger, C. Schuman, M. Fahnestock & I. Joughin (2007): "Large subglacial lakes in East Antarctica at the onset of fast-flowing ice streams". *Nature*, **445**, 904–907.

**BOWN, F.<sup>1,2</sup>, RIVERA, A.<sup>1,2,3</sup>, CASASSA, G.<sup>1</sup>, WENDT, J.<sup>1</sup>, GACITÚA, G.<sup>1\*</sup>, ZAMORA, R.<sup>1</sup>, URIBE, J.A.<sup>1</sup> & BUNSTER, C.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Estudios Científicos (CECS), Av. Prat 514, Valdivia, Chile.

<sup>2</sup> Centro de Ingeniería de la Innovación del CECS (CIN), Av. Prat 514, Valdivia, Chile.

<sup>3</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Marcoleta 250, Santiago, Chile.

\* Actualmente en Department of Arctic Environment, University of Aarhus, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde, Dinamarca.

## Glaciar Fleming comienza a entregar datos sobre efectos del cambio global

EN MEMORIA DE NUESTRO COLEGA Y AMIGO JENS WENDT

La Península Antártica es una de las regiones más afectadas por el actual calentamiento atmosférico, observándose el colapso de sus plataformas de hielo flotante, un fuerte retroceso glaciar y una mayor contribución al aumento del nivel global del mar. Un claro ejemplo se constata en el SW de la península: en años recientes han seguido desprendiéndose los últimos remanentes de la plataforma Wordie, la que hoy prácticamente no existe y, como consecuencia, los glaciares que drenan hacia Wordie están mostrando signos evidentes de inestabilidad. Por este motivo, el Centro de Estudios Científicos (CECS) de Valdivia decidió estudiar detalladamente el glaciar Fleming, uno de los más importantes de

esa región.

El proyecto se inició el año 2007 con una pionera expedición (ver *Boletín*, vol. 27 n. 1) que instaló en la superficie del glaciar una estación del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y una estación meteorológica para analizar su dinámica y las condiciones atmosféricas recientes. La segunda campaña al Fleming comenzó en noviembre de 2008 y se extendió por cinco semanas, período en que se realizaron numerosas actividades y donde varias veces se debió esperar pacientemente las condiciones meteorológicas adecuadas para acceder al glaciar.

Precedido por un vuelo de reconocimiento y mediciones topográficas con un sistema láser de fabricación propia del CECS

**El CECS realizó un estudio del glaciar Fleming, uno de los más importantes de la región SW de la península Antártica (plataforma Wordie). Esta segunda campaña al Fleming comenzó en noviembre de 2008 y se extendió por cinco semanas, en las que se pudo recuperar casi 300 días de datos meteorológicos y 75 días de datos GPS y reinstalar los sensores, esta vez con una altura total de 6.5 metros.**



Figura 1. a) Vista aérea del glaciar Fleming desde el avión Twin Otter de la FACH durante el levantamiento láser; b) Jens Wendt operando el sistema láser a bordo del avión.

(fig. 1), dos aviones Twin Otter de la Fuerza Aérea de Chile (FACH) anevizaron en el glaciar Fleming el 16 de diciembre y se encontraron con la agradable sorpresa de ver la antena GPS instalada en 2007 (fig. 2a). Un hallazgo oportuno, ya que la torre instalada originalmente con una altura de 4 metros, apenas sobresalía 25 cm sobre la superficie, con lo cual se puede tener una idea de la gran acumulación de nieve ocurrida en sólo 12 meses. Los científicos excavaron la estación y, mejor aún, pudieron recuperar casi 300 días de datos meteorológicos y 75 días de datos GPS. La mayor parte de los sensores estaban en buenas condiciones con la excepción de los anemómetros que no soportaron el peso de la nieve. Además de reinstalar los sensores (fig. 2b), esta vez con una altura total de 6.5 metros, se realizaron mediciones GPS de varias balizas por dos semanas continuas. Luego el grupo regresó a la base británica de Rothera (del BAS), justo a tiempo para la celebración del Año Nuevo. Los datos recuperados en el glaciar están siendo analizados en Valdivia.

CECS es patrocinado por la Iniciativa Científica Milenio, el Programa de Financiamiento Basal para Centros de Excelencia de Conicyt y el Gobierno Regional de Los Ríos, entre muchos

otros. Este proyecto cuenta además con el financiamiento del Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología de Conicyt/ Banco Mundial. El apoyo logístico es otorgado por el INACH, la FACH y el British Antarctic Survey (BAS). El proyecto lleva el sello del Año Polar Internacional 2007-2008 ([www.ipy.org](http://www.ipy.org)).

#### MAYOR INFORMACIÓN

-Bown, F., A. Rivera, A. Wendt & R. Zamora (2008): "Expedición al glaciar Fleming, Península Antártica". Boletín Antártico Chileno, **27**(1), 7-8.

-Sitio electrónico [www.cecs.cl/fleming/web](http://www.cecs.cl/fleming/web).

**WENDT, J.<sup>1</sup>, WENDT, A.<sup>1</sup>, RIVERA, A.<sup>1,2,3</sup>, BRAVO, C.<sup>1</sup> & BOWN, F.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Estudios Científicos (CECS), Av. Prat 514, Valdivia, Chile.

<sup>2</sup>Centro de Ingeniería de la Innovación del CECS (CIN), Av. Prat 514, Valdivia, Chile.

<sup>3</sup>Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Marcoleta 250, Santiago, Chile.



Figura 2. a) Llegada al glaciar Fleming en diciembre de 2008. En primer plano se observa la torre de la estación sobresaliendo sólo 25 cm sobre la superficie (esta torre había sido instalada un año antes por el CECS, con una altura de 4 m sobre la superficie). b) Jens Wendt preparando la nueva torre de la estación en la víspera de Navidad.

# Expedición científica al glaciar Union

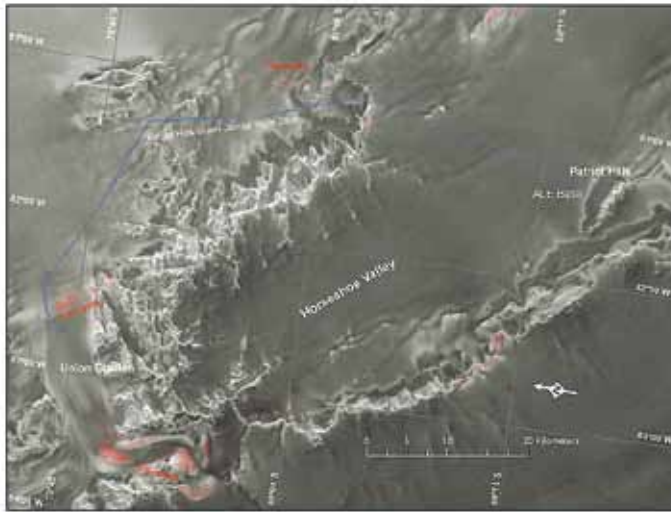


Figura 1. Localización del valle de la Herradura (Horseshoe Valley), el campamento de Patriot Hills y el glaciar Union, en Antártica occidental. La línea continua azul indica la ruta seguida en dirección al glaciar. En rojo se destacan los principales campos de grietas.

Gracias al apoyo de la empresa privada Antarctic Logistics and Expeditions (ALE), el Centro de Estudios Científicos (CECS) realizó en diciembre de 2008 una nueva travesía de largo alcance en la Antártica, esta vez desde Patriot Hills (80°18'S, 81°22'W), hasta el glaciar Union (79°45'S, 83°12'W), en los Montes Ellsworth.

Este glaciar ha sido poco estudiado a pesar de que alimenta la plataforma de hielo flotante de Ronne. El objetivo de la misión fue determinar la línea de base glaciológica del glaciar Union, su topografía superficial y subglaciaria, así como medir una red de balizas instaladas en 2007, lo que permitirá definir su dinámica actual de flujo. Al respecto, se ha confirmado que el hielo se mueve a una velocidad promedio de 22 m/año.

Para acceder al glaciar se realizó una travesía desde Patriot Hills (fig. 1) a bordo de un convoy compuesto por un tractor (Camoplast) que remolcó un trineo, en el que se habilitó un módulo de trabajo. El

tractor y el personal a bordo estuvieron estacionados en el glaciar por varios días y realizaron allí numerosas mediciones con sistemas de prospección geofísica, incluyendo receptores GPS de calidad geodésica, para medir la topografía superficial; un sistema de Radar de Penetración Terrestre (GPR) marca GSSI que permitió registrar grietas (fig. 2); y una nueva versión del radar diseñado íntegramente por el CECS, que trabaja a 155 MHz, el que permitió medir sin problemas la totalidad del hielo existente a lo largo de la ruta, que tuvo un espesor máximo de hielo de 2200 m en el valle de la Herradura y unos 1600 metros promedio en el glaciar Union (fig. 3).

El Centro de Estudios Científicos es patrocinado por la Iniciativa Científica Milenio, el Programa de Financiamiento Basal para Centros de Excelencia de Conicyt y el Gobierno Regional de Los Ríos, entre muchos otros.

**Una nueva travesía de largo alcance en la Antártica, desde Patriot Hills (80°18'S, 81°22'W) hasta el glaciar Union (79°45'S, 83°12'W), en los Montes Ellsworth, realizó el CECS en diciembre de 2008. Este glaciar ha sido poco estudiado a pesar de que alimenta la plataforma de hielo flotante de Ronne. El objetivo de la misión fue determinar la línea de base glaciológica del glaciar Union, su topografía superficial y subglaciaria, así como medir una red de balizas instaladas en 2007, lo que permitirá definir su dinámica actual de flujo. Se determinó un espesor máximo de hielo de 2200 m en el valle de la Herradura y unos 1600 metros promedio en el glaciar Union. Se obtuvieron velocidades de hielo promedio de 22 m/año.**

RIVERA, A.<sup>1,2,3</sup>, ZAMORA, R.<sup>1</sup>,  
URIBE, J.A.<sup>1</sup> & WENDT, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios Científicos (CECS),  
Av. Prat 514, Valdivia, Chile.

<sup>2</sup>Centro de Ingeniería de la Innovación del  
CECS (CIN), Av. Prat 514, Valdivia, Chile.

<sup>3</sup>Departamento de Geografía, Universidad de  
Chile, Marcoleta 250, Santiago, Chile.

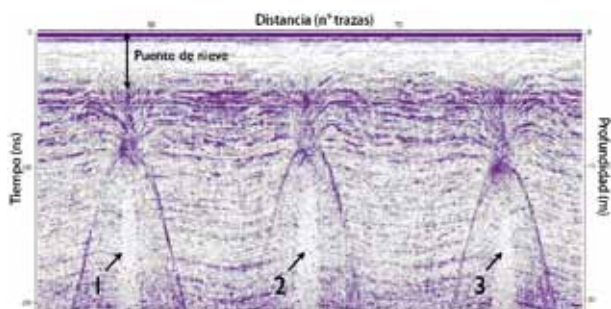


Figura 2. Tres grietas de 3 a 5 metros de ancho identificadas en el glaciar Union, separadas aproximadamente por 100 metros entre ellas y cubiertas por puentes de nieve de 4 m de espesor.

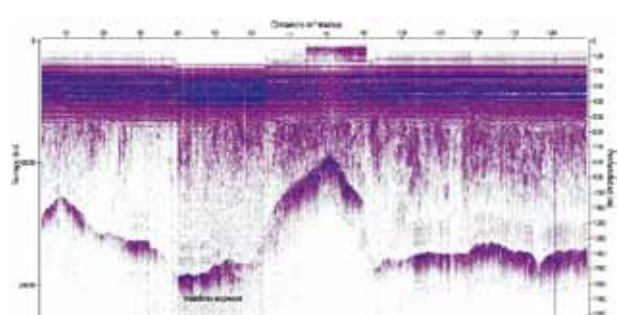


Figura 3. Topografía subglaciaria del glaciar Union. El espesor máximo en este perfil es de aproximadamente 1500 m.

## Presentación

Ya en un número anterior del Boletín (vol. 25, n. 2) habíamos incluido la traducción de un texto poco conocido de Charles Darwin (1809-1882) sobre los bloques erráticos, en el que queda patente su interés por la Antártica. Ahora y celebrando los 200 años del nacimiento de Darwin y los 150 años de la publicación del "Origen de las especies", dedicamos una serie de artículos a su obra y la influencia que ha tenido en los estudios antárticos.

Además, acompaña a este número una lámina desplegable bellamente ilustrada por Juan Carlos Alegría, en la que se muestra la zona navegada por la *Beagle* y los hitos científicos del paso de Darwin por la Patagonia.

CHARLES DARWIN



## Reflexiones acerca de Darwin, la Antártica y su tiempo

La vida de Charles Darwin y la exploración temprana de la Antártica ocurren casi simultáneamente, en un mundo que palpitaba con la expansión de las fronteras geográficas y del pensamiento humano. Lo que se gestó en ese entonces en el activo, pero metódico cerebro de Darwin, parecía estar latente hacía tiempo. Su *peligrosa idea* modificó radicalmente las nociones acerca de cómo apreciar y entender la infinita variedad de formas que la natura exhibe ante nuestros ojos. A partir de entonces, las ciencias naturales nunca volvieron a ser las mismas. Se podría decir que el descubrimiento y exploración de la Antártica ocurren de un modo análogo. Un continente vasto e inmenso, presente en el imaginario de cuanto geógrafo o naturalista se aventuró a redibujar los contornos del mundo conocido. La antípoda del Ártico, la *Terra Australis Incognita* (concepto mítico acuñado por los griegos y que exploradores previos a James Cook relacionaban con un continente en el polo austral) y otros tantos nombres para una masa de tierra fundamental para develar el tortuoso pasado de la historia del planeta.

En octubre de 1772, el naturalista germano de origen escocés, Johann Reinhold Forster navega en el *Resolution* del capitán James Cook hacia aguas antárticas. Por primera vez se da cuenta de los particulares patrones de distribución de algunos organismos. Pero Cook nunca alcanzará el Continente Blanco, pues el hielo se lo impedirá. En 1804, James Parkinson (que da su nombre al “mal de Parkinson”) escribe, en su tratado *Restos orgánicos del mundo anterior*, que los fósiles son restos dejados por la inundación bíblica, pero que los fósiles son de un tiempo anterior al hombre. Cinco años después nace Charles Darwin, en momentos en que las grandes misiones de exploración de la *Terra Australis Incognita* aún no comenzaban. Recién en 1809 Jean-Baptiste Monet de Lamarck proponía formalmente la primera teoría evolutiva, sin embargo, bajo el erróneo concepto de la “herencia de los caracteres adquiridos”. Para Lamarck, según lo consigna en su *Historia natural de los animales sin vértebras*, existen cuatro principios sobre la herencia, uno de los cuales señala: “todo lo que ha sido adquirido, trazado o cambiado en la organización de los individuos, durante el curso de sus vidas, es conservado por la generación y transmitido a los nuevos individuos que provienen de aquéllos que

han sufrido estos cambios”. Esta afirmación de Lamarck, aunque sencilla, es poderosa, pues ha influenciado al pensamiento popular durante más de 200 años. Aceptar dicha afirmación de Lamarck equivaldría a decir que las mujeres embarazadas que miran demasiado fotografías de su actor favorito, pueden engendrar bebés parecidos a ese actor. O sería lo mismo sostener que los hijos de padres de bien entrenados músculos nacerán con una propensión especial a generar un cuerpo apolíneo. Esto es, para la abrumadora mayoría de los casos, ¡falso!

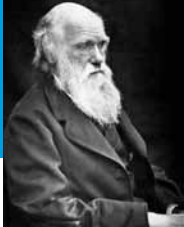
La historia de la evolución como principio unificador de la biología moderna, está tapizada de estos ensayos y errores, donde probablemente Lamarck será uno de los más recordados. Los comienzos del siglo XIX eran precisamente eso: un caldo primigenio con muchos ingredientes, que no siempre daban con ideas que devinieran en paradigmas. Probablemente Charles Darwin no tuvo la oportunidad de contar con un ingrediente importantísimo para el desarrollo de su famosa teoría: la Antártica como continente clave de un mundo cambiante.

El genio de Darwin consiste en haber dado sentido al conocimiento acumulado de su tiempo y crear una forma de entender la naturaleza aplicable a todos los confines del mundo, incluso aquéllos que le estuvieron vedados, como la Antártica.

Sin embargo, esto no fue un impedimento para que Darwin aventurara juicios acerca de las glaciaciones, de la expansión de los hielos desde los polos y de su influencia en los patrones de abundancia y distribución de los organismos sobre la Tierra. Asimismo, postuló por primera vez la idea de que durante las crudas eras glaciales, habían existido “refugios” para la vida en el sur de Chile. Entendió a la Antártica como un puente biogeográfico, que permitió, por ejemplo, que animales y plantas colonizaran Nueva Zelandia, animales no voladores como los moas gigantes y los kiwis; plantas como los robles y hayas australes (nuestro conocido *Nothofagus*) y los eucaliptos y arrayanes (mirtáceas).

Darwin, por otro lado, acuñó en tierras australes, conceptos e ideas que estaban en abierta contraposición con las ideas vigentes, contrariando a las “vacas sagradas” de su época, naturalistas como Buffon y Cuvier, al sostener que si se consideraba a las “condiciones externas, tales como clima, comida, etc., como si fuesen las

*Aunque Darwin nunca estuvo en la Antártica, hizo varias reflexiones derivadas del conocimiento que se tenía de este continente. Aventuró juicios sobre las glaciaciones, la expansión de los hielos desde los polos y su influencia en los patrones de abundancia y distribución de los organismos sobre la Tierra. Asimismo, postuló por primera vez la idea de que durante las eras glaciales habían existido “refugios” para la vida en el sur de Chile, y entendió a la Antártica como un puente biogeográfico. Marcelo Leppe en este artículo además presenta aquellos temas que preocuparon a Darwin y que pronto podrán responderse gracias a las investigaciones antárticas.*



## CHARLES DARWIN

únicas causas de variación”, no se conseguía explicar cosas tales como “la estructura del pájaro carpintero, con sus pies, cola y lengua tan admirablemente adaptadas a capturar insectos bajo la corteza de los árboles”. Para Darwin, la distribución actual de los seres vivos está más directamente determinada por factores bióticos que por el clima y el suelo. Darwin, incorpora a esta discusión, dándole gran valor, los factores históricos (ausentes en la biogeografía de Alexander von Humboldt), donde la historia de la Tierra cumple un rol fundamental para entender la distribución actual de los seres vivos. La idea no era, por cierto, poner en duda que los elementos climáticos jugasen un rol importante en los patrones biogeográficos, sino ponderar que se trataba de un papel indirecto, siempre mediado por relaciones biológicas que condicionaban la distribución geográfica de las especies de un modo mucho más directo que los factores climáticos. Se sostiene que para ello Darwin se habría visto fuertemente influenciado en su juventud por Augustin de Candolle, a través de su obra *Géographie Botanique* de 1820, donde sentencia: “Las plantas están en guerra unas con otras”. Esta visión se verá fortalecida tras los trabajos de Thomas Robert Malthus y su Principio de la Población, que será la sangre de su concepto de “lucha por la existencia” y, por ende, de la Selección Natural.

Un factor determinante de la distribución espacial de los organismos, para Darwin, es la presencia o ausencia, actual o pasada, de barreras o conexiones geográficas entre masas de tierra que pudieran haber impedido o permitido migraciones (la moderna idea del flujo génico y los eventos vicariantes). Por ejemplo, Darwin observa que las evidentes singularidades de los mamíferos australianos no se ven explicadas por las condiciones climáticas o ambientales de ese continente. Afirma que “Australia no es el lugar natural de los marsupiales, ni tampoco tiene ninguna propensión telúrica a producirlos” y continúa que “todos los mamíferos que el hombre encontró en ese continente sean de ese tipo sólo se explica por el aislamiento en el cual esa peculiar fauna de mamíferos evolucionó y por la vinculación genealógica que existiría entre todas las especies que la componen”. Nuevas evidencias demuestran que no sólo la afirmación de Darwin era cierta, sino que gracias a los hallazgos en el campo de la biología molecular y la paleontología se ha logrado establecer que los marsupiales fueron animales que poblaron también nutridamente Sudamérica y Antártica, desarrollando linajes propios después de la separación continental.

Darwin se aventuró también a formular hipótesis acerca del origen de la vida. En una carta escrita en 1871 al botánico Joseph Dalton Hooker, su amigo personal y expedicionario antártico a bordo del HMS *Erebus* entre 1839 y 1843 (ocasión en que también visitó Tierra del Fuego), Darwin señala textualmente: “A menudo se dice que todas las condiciones para la primera producción de un organismo vivo están presentes en la actualidad, por lo que podrían haber estado presentes en el pasado. Pero si (¿con

un gran sí!) pudiéramos concebir un pequeño charco caliente, con todos los tipos de amoníaco y sales fosfóricas, luz, calor, electricidad, etc., presentes, para que un compuesto proteico fuera químicamente formado, estos podrían todavía experimentar cambios mucho más complejos”.

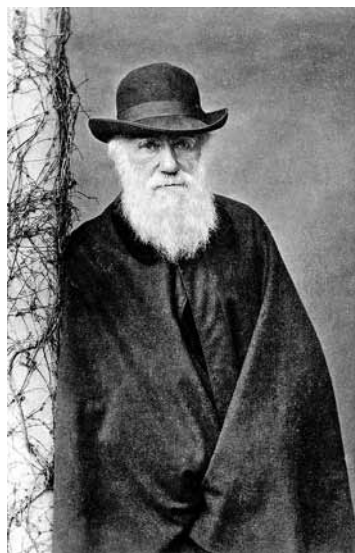
Con esta tesis, Darwin se adelanta ochenta años a Stanley Miller, quien a comienzos de los cincuenta demostró en laboratorio que los aminoácidos, base estructural de las proteínas, podían ser sintetizadas artificialmente mediante choques eléctricos inducidos a una bombona con agua, metano, hidrógeno y amonio, recreando las condiciones del supuesto “caldo primigenio” de los comienzos de la vida. Sin embargo, la idea subyacente en Darwin y Miller, de que la primera manifestación de vida se habría originado en este caldo caliente se encuentra fuertemente debatida en la actualidad. Evidencia a favor se encontró en bacterias que viven a muy altas temperaturas, tales como hidrotermales y dorsales oceánicas, microorganismos

comúnmente conocidos como termófilos, organismos muy primitivos que estarían en el linaje directo de estos organismos del caldo primigenio. Evidencia en contra ha surgido de los hallazgos microbiológicos antárticos de los últimos diez años, que hablan de bacterias viviendo perfectamente en la banquisa de hielo antártica, en el hielo azul y en los glaciares temperados, microorganismos conocidos vernacularmente como psicrófilos. Los psicrófilos han expandido los límites de la vida en la Tierra y han brindado una base para nuevas teorías acerca del origen y diversificación de los primeros organismos vivos sobre el planeta.

Los defensores del origen psicrófilico sostienen que las altas temperaturas no son compatibles con la estabilidad y funcionalidad de los componentes de las células vivientes que existieron antes del advenimiento de la vida. Muy poca información existe acerca de las condiciones geológicas y atmosféricas de la Tierra en el remoto tiempo en que la vida se originó, hace unos 3 ó 4 mil millones de años. Con certeza se sabe que la luz solar que llegaba a la Tierra era un 30% menos que la actual, por lo que se postula que en ese entonces las temperaturas tenían un promedio bajo cero. La vida media de las moléculas precursoras de la vida es mucho más larga a temperaturas cercanas al 0 °C, en comparación con la vida media en condiciones de alta temperatura, entendiendo que la estabilidad en las moléculas prebióticas es fundamental para el desarrollo del nivel de complejidad molecular requerido para iniciar la vida.

Darwin habría encontrado en la Antártica, sin lugar a dudas, un campo fértil en evidencias para su teoría, pero aun cuando nunca estuvo allí, el cuerpo de ideas que generó nos sirve hoy, a 150 años de la publicación de *El origen de las especies*, para entender las increíbles manifestaciones de la vida en el extremo ambiente polar.

DR. MARCELO LEPPE CARTES, INACH.





# La Antártica y el largo viaje evolutivo de Darwin

A lo largo de cinco años —entre 1831 y 1836—, Charles Darwin, naturalista inglés viajando a bordo de la *Beagle*, recogió y registró datos botánicos, zoológicos y geológicos que le permitieron establecer un conjunto de hipótesis que cuestionaban las ideas precedentes sobre la generación espontánea de la vida.

A pesar de que Darwin ostenta el honor de haber elaborado esta teoría de manera científica y rigurosa, existieron importantes antecedentes entre los que se puede mencionar el aporte del propio abuelo de Darwin, Erasmo Darwin, que permitieron establecer las primeras pautas del interés científico por estos temas. Es importante destacar, además, los estudios



de Jean Baptiste de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829), que inauguraron una corriente de pensamiento precursora en el estudio de la evolución de los seres vivos.

En 1858, Darwin recibió un manuscrito de Alfred R. Wallace, joven naturalista que entonces estaba estudiando la distribución de las plantas y animales en la India y la península Malaya. En su obra, Wallace formulaba la idea de la selección natural, a la cual había llegado sin conocer la obra darwiniana, pero inspirado, lo mismo que Darwin, por el tratado de Thomas Malthus (1789) sobre el crecimiento de la población y la necesaria lucha por la existencia.

Por acuerdo mutuo, Darwin y Wallace presentaron en colaboración un informe sobre su teoría a la Sociedad Linneana de Londres, aquel mismo año. (Esta sociedad científica está dedicada hasta el día de hoy al estudio taxonómico de las especies.)

En esta teoría, la explicación propuesta por Darwin y Wallace respecto a la forma en que ocurre la evolución, puede resumirse en cinco puntos:

1. *La posibilidad de variación es característica de todas las especies de animales y plantas.* Darwin y Wallace suponían que la variación era una de las propiedades innatas de los seres vivos. Hoy sabemos distinguir las variaciones heredadas de las no heredadas y sus contribuciones al proceso evolutivo.



2. *De cualquier especie nacen más individuos de los que pueden obtener su alimento y sobrevivir.* Sin embargo, como el número de individuos de cada especie sigue más o menos constante bajo condiciones naturales, debe deducirse que desaparece un porcentaje de la descendencia en cada generación. Si la descendencia de una especie prosperara en su totalidad, y sucesivamente se reprodujera, pronto avasallaría cualquier otra especie sobre la Tierra.

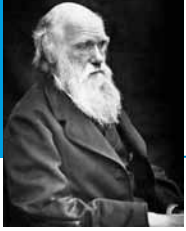
3. *Sentado que nacen más sujetos de los que pueden sobrevivir, tiene que declararse una lucha por la existencia,* una competencia en busca de espacio y alimento. Esta lucha es directa o indirecta, como la de los animales y vegetales para sobrevivir ante condiciones de falta de agua o de bajas temperaturas o a otras condiciones desfavorables del medioambiente.

4. *Aquellas variaciones que capacitan mejor a un organismo para sobrevivir en un medioambiente dado favorecerán a sus poseedores sobre otros organismos menos adaptados.* Las ideas de la “lucha por la supervivencia” y “supervivencia del más apto” son la esencia de la teoría de la selección natural, de Darwin y Wallace.

5. *Los individuos supervivientes originarán la siguiente generación* y de este modo se transmiten variaciones “aventajadas” a la siguiente generación y a la siguiente.

Las teorías del naturalista británico modificaron diametralmente las nociones acerca del origen y la evolución de las especies, incluyendo el hombre. Antes del siglo

**Junto con exponer los puntos principales de la teoría de la selección natural desarrollada por Darwin y A. Wallace, Jenny Blamey, investigadora principal del proyecto “Antártica: fuente de recursos biológicos para la biotecnología nacional”, recoge algunas preguntas que penden del pensamiento de Darwin y que sólo en los últimos años están siendo tratadas. Los ecosistemas extremos, como el antártico, han dado pistas para entender cómo se originó y evolucionó la vida. La combinación de aislamiento y cambio climático ha llevado a la existencia en la Antártica de una biota rica en taxones endémicos y a un fuerte contraste entre biotas marinas y terrestres. Los actuales estudios evolutivos intentan entender las razones que se encuentran detrás de estas llamativas diferencias. Importante información de la historia evolutiva de la biota antártica está siendo adquirida mediante modernas técnicas moleculares, permitiendo distinguir la relación entre cambios biológicos y eventos climáticos o tectónicos. Los recientes resultados basados en estudios moleculares y bioquímicos revelan la presencia de especies crípticas, indicando un amplio depósito de diversidad no detectada con anterioridad.**



## CHARLES DARWIN

XIX existieron diversas hipótesis que intentaban explicar el origen de la vida sobre la Tierra. Las teorías creacionistas hacían referencia a un hecho puntual de la creación divina. Por otra parte, la teoría de la generación espontánea defendía que la aparición de los seres vivos se producía de manera natural, a partir de la materia inerte.

Darwin refutó la arraigada creencia de que el hombre poseía un origen divino y concluyó que los seres humanos y las especies eran el resultado de un proceso de evolución biológica. Contrastó teorías científicas a las explicaciones de carácter teológico, hecho que tuvo un impacto considerable en la mentalidad de la época. Las teorías provocaron una enorme controversia en la sociedad de la época y dieron lugar a encendidos debates.

Consecuencia lógica de estas teorías fue el cuestionamiento de la visión antropocéntrica de la naturaleza. Si el hombre no era una creación divina, tal como afirmaban las creencias vigentes hasta el siglo XIX, no había razón para sostener que ocupaba un lugar central en el orden natural.

Actualmente, en el siglo XXI, sabemos que la teoría de la evolución de Darwin es un hecho científico que ha sido ampliamente demostrado. Aun más, el uso de herramientas genéticas y moleculares nos ha permitido utilizar la selección de especies para beneficio propio, como en el caso de los alimentos.

Sin embargo, todavía quedan muchas preguntas sin resolver, como, por ejemplo, cuál fue el origen de la vida y qué condiciones mínimas fueron requeridas para que se originara la primera célula. Desde este punto de vista el estudio de ecosistemas que contengan características similares a las existentes inicialmente en el planeta, podrían ofrecer indicios científicos de las condiciones mínimas que sustentan la vida.

Extensos estudios se han llevado a cabo principalmente a partir de 1980 en ecosistemas no tradicionales en donde se ha demostrado la existencia de una gran variedad de nuevas especies principalmente a nivel microbiológico.

Estos ecosistemas denominados *ambientes extremos* han dado luces para entender cómo la vida se originó y evolucionó a lo largo del tiempo en nuestro planeta. Para estos estudios la Antártica se ha convertido en uno de los sitios geográficos de relevancia a estudiar.

El aislamiento geográfico es una característica que convierte a la Antártica en un importante laboratorio natural para trabajos evolutivos. El carácter extremo del entorno de los ecosistemas nos permite demostrar adaptaciones evolutivas con especial detalle y compararlas con las adaptaciones encontradas en ecosistemas similares pero no relacionados geográficamente. Importantes descubrimientos antárticos, como la biosíntesis y evolución de compuestos anticongelantes en peces e invertebrados terrestres y de aguas dulces, forman ya parte de los libros de texto. Los recientes



hallazgos acerca de la existencia de microorganismos presentes en muestras de permafrost, la presencia de una activa comunidad microbiológica que participa en los ciclos del sulfuro, encontrada bajo el glaciar Taylor, son parte de las importantes adaptaciones evolutivas que la Antártica alberga.

La combinación de aislamiento y cambio climático ha llevado a la existencia de una biota

rica en taxones endémicos y a un fuerte contraste entre biotas marinas y terrestres, desde ecosistemas simples en tierra a sistemas bentónicos marinos de alta diversidad en las plataformas continentales y en las aguas abiertas del océano sur. Los actuales estudios evolutivos intentan entender las razones que se encuentran detrás de estas llamativas diferencias.

Por otra parte, el calentamiento en el sector occidental de la Península Antártica afecta a sus ecosistemas e influirá a la vez en la diversidad biológica futura. Muchas especies antárticas son susceptibles a estos cambios, especialmente las costeras. El estudio de estos ecosistemas cambiantes contribuirá a entender mejor los procesos evolutivos de la vida en el planeta.

Importante información de la historia evolutiva de la biota antártica está siendo adquirida mediante modernas técnicas moleculares, permitiendo distinguir la relación entre cambios biológicos y eventos climáticos o tectónicos. Los recientes resultados basados en estudios moleculares y bioquímicos revelan la presencia de especies crípticas, indicando un amplio depósito de diversidad no detectada con anterioridad.

Los estudios moleculares que se están llevando actualmente a cabo permitirán establecer los patrones de flujo de genes al interior y hacia el exterior de la Antártica, así como las consecuencias para la dinámica de los ecosistemas. Hoy en día muchas áreas y hábitats importantes permanecen aún inexplorados en la Antártica y muchos procesos biológicos relacionados con adaptaciones específicas aún no han sido dilucidados.

**DRA. JENNY BLAMEY**  
Fundación Biociencia.



# 200 años del natalicio de Darwin: ¡Qué oportunidad para hablar de evolución!

La teoría moderna de la evolución está completamente identificada con el nombre de Charles Darwin (1809-1882) y muchas personas piensan que el concepto de evolución fue propuesto en un principio por él, pero ciertamente éste no es el caso. Mucho antes de la publicación "El origen de las especies", en 1859, numerosos intelectuales habían abandonado la noción de especies fijas, es decir, sin cambios desde la creación de la vida. En ese tiempo, muchos biólogos estaban de acuerdo en que las nuevas especies provenían de procesos evolutivos desde especies antiguas, pero el problema era explicar *cómo* podía ocurrir esa evolución.

No fue un accidente que Darwin eligiera el término "selección" natural para describir su modelo evolutivo. Como modelo, él tenía en mente la "selección" artificial que hacían los productores y la influencia que ejercían generaciones sucesivas sobre plantas y animales domésticos. La gran diferencia es que la selección natural es un evento ciego hacia el futuro, donde no hay conciencia ni propósito detrás de ello.

Se puede resumir la teoría de Darwin a través de tres **principios**:

- Principio de la *variación*. Entre individuos dentro de una población, existen diferencias morfológicas, fisiológicas y de comportamiento.

- Principio de la *herencia*. Los hijos se parecen a sus padres más que lo que se parecen a individuos no emparentados.

- Principio de *selección*. Algunas variantes o tipos son más exitosos o adaptados para sobrevivir y reproducirse que otras formas en un ambiente determinado.

Darwin reconoció que la evolución consiste en dos **procesos**. Uno es la aparición de la diversidad o variación dentro y entre los organismos, donde los individuos de una generación son cualitativamente diferentes de otros; y el segundo es el origen de la adaptación de ese mismo organismo. La

evolución no es simplemente el origen y extinción de diferentes formas orgánicas, sino que más bien es un proceso que crea una cierta asociación entre el fenotipo de las especies y el ambiente en el cual se desarrollan, y que resulta de los diferentes niveles de sobrevivencia y reproducción.

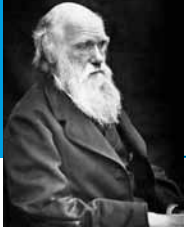
## FUERZAS EVOLUTIVAS

Si existe una diferencia en la capacidad reproductiva de los individuos, se espera que la variante con más amplio nivel de reproducción eventualmente domine sobre las otras y todos los otros genotipos desaparezcan. En ese caso, no existiría ninguna posibilidad de evolución. Por esto, la continua evolución depende críticamente de una variación renovada llevada a cabo a través de: mutaciones, deriva génica, flujo génico o migraciones y selección.

## MUTACIÓN

Es una de las fuerzas evolutivas más débiles, ya que demora varias generaciones en alterar significativamente las frecuencias alélicas. Sin embargo, son de primera importancia en la mantención y aumento del potencial adaptativo de las especies en el largo plazo a condiciones climáticas extremas, como es el caso de la Antártica. Aquí la mutación juega un rol muy importante como fuente de variación. En el caso de la exposición de las especies presentes en la Antártica a mutágenos como, por ejemplo, el aumento de la radiación UV-B en la Antártica por la ruptura de la capa de ozono, la especie *Schistidium antarctici* es más susceptible que las cosmopolitas *Ceratodon purpureus* y *Bryum pseudotriquetrum*, dada su mayor capacidad de reparación del ADN durante la noche (por una fuerte inducción a la expresión génica de reparación del ADN y recombinación) o por la cantidad y ubicación del filtro solar en las células de estos musgos. Esto traería como consecuencia que frente a la

*Ingrid Hebel detalla en este artículo los principios de la teoría de Darwin, los procesos implicados en la evolución de las especies, así como las fuerzas que la hacen posible (mutación, deriva génica, migración y selección). Finalmente, se detiene en la influencia del medioambiente en la evolución de los seres vivos, y cómo la epigenética ayuda a comprender fenómenos que no se rigen por las leyes de Mendel. De hecho, existen estudios de factores medioambientales como la dieta, el stress y la nutrición materna que demuestran que se puede cambiar la función génica sin alterar la secuencia de ADN.*



## CHARLES DARWIN

situación medioambiental futura la adaptación de algunas especies de musgos nativos se vea desfavorecida frente a aquellas cosmopolitas.

### DERIVA GÉNICA

Es el cambio aleatorio en las frecuencias alélicas, que afecta la variación genética e inevitablemente incrementa la diferenciación entre las poblaciones. El fenómeno de deriva de los continentes con la separación de Gondwana, más los constantes fenómenos de contracción y expansión de las capas de hielo en la Antártica ha llevado a que exista una divergencia de los linajes, resultado del aislamiento en los refugios terrestres y ecosistemas marinos antárticos. Esta divergencia ocurre de cambios en el tamaño de la población (cuello de botella), sobre todo cuando son pequeñas por la baja disponibilidad de hábitats, como es el caso de la Antártica, donde sólo el 0,3 % del área total está libre de hielo. En el caso de *Pohlia nutans* encontradas en regiones geotérmicamente activas, éstas representarían colonizadores recientes correspondiendo a un efecto fundador dada la limitada diferenciación genética a escalas geográficas pequeñas.

### FLUJO GÉNICO O MIGRACIÓN

Es el movimiento o intercambio de genes a través de los individuos desde una población a otra por la dispersión exitosa de gametos, cigotos o propágulos vegetativos. Esta fuerza es homogeneizadora y actúa en contra de las fuerzas que promueven la diferenciación de las poblaciones como selección, mutación y deriva.

Como los musgos, la disponibilidad de hábitats para los invertebrados antárticos es uno de los principales factores en su distribución y probablemente una limitación significativa en el flujo génico entre poblaciones. A gran escala, características geográficas como glaciares o hielo marino actúan como barreras fundamentales para el flujo génico.

En la Antártica, algunos estudios de estructura genética espacial en poblaciones de musgos han detectado una diferenciación genética significativa para distancias geográficas relativamente cortas (menos de 1 km). En el caso de *Bryum pseudotriquetrum*, hay evidencia de dispersión a largas distancias por esporas sexuales en un grado menor, comparado con la dispersión a través de propágulos vegetativos. Sin embargo, la presencia de especies de musgos exóticos en zonas con fumarolas es evidencia que la dispersión por el viento es el principal agente de dispersión transoceánica.

### SELECCIÓN

De acuerdo a la teoría evolutiva, la selección natural es la mayor fuerza en el cambio de las frecuencias de los alelos. Claramente, el proceso selectivo puede producir cambios en la población **solamente** si existen **variaciones para seleccionar**. Ella es la responsable de la adaptación de las especies, que puede actuar a diferentes niveles: genes, individuos, poblaciones, especies y taxa. Está manejada en su mayoría por muchos loci que contribuyen en forma aditiva a la variación general y están fuertemente influenciados por el ambiente. Así, mientras más severo es el stress medioambiental (largos

períodos de sequía, temperaturas bajas, etc.), los cambios evolutivos pueden ser más rápidos. En el caso de la Antártica existe una fuerte selección para especies tolerantes a las bajas temperaturas y la presencia de hielo. La existencia de las capas de hielo que han oscilado durante el Cenozoico parece haber dirigido la distribución de las especies tanto marinas como terrestres. La fragmentación de las poblaciones y aislamiento en refugios, durante el máximo glacial, ha llevado a producir una importante especiación alopátrica en la Antártica, actuando como fuentes de diversidad taxonómica, generando un alto grado de endemismo.

### EVOLUCIÓN EN RESPUESTA AL MEDIOAMBIENTE

Extensivas investigaciones geológicas y paleontológicas indican que históricamente la vida ha experimentado períodos de cambios ambientales mayores o menores desde cientos de miles de años. Debería ser obvio que el planeta puede ser un lugar hostil para especies de plantas y animales, incluidos nosotros mismos, ya que el medioambiente está cambiando constantemente. Inundaciones, incendios, tormentas, erupciones volcánicas, terremotos, derrame de químicos son fenómenos que pueden ser devastadores y por ello las especies han respondido a esos cambios con migraciones, adaptaciones o especiaciones, y en muchos casos simplemente se han extinguido. Hoy en día, en cualquier libro de Biología se ve cómo la aparición de las especies siguen las reglas de Charles Darwin, Gregor Mendel y August Weismann, donde en lugar de una evolución dirigida, reacciona o aparece la selección natural. Desde 1893 existe la llamada barrera de Weismann, la cual hoy, a pesar de los conocimientos en genética molecular, muchos biólogos no se atreven a saltar: establece que aquellas características adquiridas mueren con el portador y no pueden ser pasadas a la descendencia. ¿Acaso la influencia medioambiental no puede dejar sus huellas en las siguientes generaciones?

Considerando que el medioambiente es el entorno que afecta y condiciona directa e indirectamente a los seres vivos y las actividades humanas a corto o largo plazo, se han efectuado estudios de factores medioambientales como la dieta, stress y nutrición materna que demuestran que se puede cambiar la función génica sin alterar la secuencia de ADN (ver recuadro).

Lo que ayuda a comprender estos fenómenos es una nueva rama de investigación: la **epigenética**, que se ocupa de las diferencias en la herencia que no se rigen por las Leyes de Mendel. Los mecanismos epigenéticos controlan la expresión de los genes como resultado de señales medioambientales debido a la maleabilidad inherente y el rol potencial de genes marcados durante una etapa crítica de tiempo desde el comienzo del desarrollo de la vida.

Los avances en las técnicas moleculares en las últimas décadas han dado un foco sobre los resultados de cambios evolutivos. Hoy es posible seguir los cambios del ADN que han ocurrido en una gran cantidad de genes y proveer una descripción detallada de cómo ha ocurrido la evolución. Falta por conocer, eso sí, cómo el medioambiente y el genoma interactuaron para dirigir esa evolución adaptativa. Por otra



parte, las técnicas moleculares han otorgado evidencia de especies crípticas, que indican que la estimación actual de la riqueza de especies global es muy baja. Por ejemplo, en el caso del musgo trans-antártico *Pyrrhobryum mnioides*, donde se establece la conservación de nichos ancestrales desde hace 80 millones de años.

Por último, según Darwin, las especies producen una cantidad suficiente de descendientes con ligeras variaciones donde sólo los mejores individuos adaptados al ambiente sobreviven. Para él, sobreviven sólo aquellas jirafas de cuello

largo que llegan a la altura de las hojas. Hoy a través de estas técnicas moleculares se reconoce la existencia de, por lo menos, 11 poblaciones genéticamente diferentes de jirafas, morfológica y geográficamente determinadas.

Con estos antecedentes: ¿la teoría evolutiva de Lamarck podría tener por lo menos un poco de razón?

**DRA. INGRID HEBEL**

*Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes.*



Los efectos de la nutrición materna y otros factores medioambientales están bien reconocidos en mamíferos, incluidos los humanos. A nivel de los individuos, estos factores ambientales juegan un rol en la aparición de cáncer, apoplejías, diabetes, obesidad, esquizofrenia, depresión y otras enfermedades.



Evidencias sobre el efecto de la dieta y la evolución en la variación del número de copias del gen de la amilasa (AMY1) en humanos, estaría influenciada por el mayor consumo de almidón en las sociedades agrícolas, incluso en poblaciones humanas actuales con contrastantes cantidades de almidón en sus dietas. Es razonable especular que la alta variación en el número de copias del gen AMY1 es o ha sido sujeto a una fuerte presión de selección natural.

### PARA SABER MÁS:

Brown, D; Brenneman, R.; Koepfli, K.; Pollinger, P; Milá, B.; Georgia, J.; Louis, E. Grether, G.; Jacobs, D. & Wayne, R. 2007. Extensive population genetic structure in the giraffe. *BMC Biology* 2007, 5:57 <http://www.biomedcentral.com/1741-7007/5/57>.

### GLOSARIO

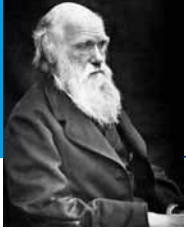
**Especies crípticas.** Grupo de especies que satisfacen la definición biológica de especies, es decir, que están reproductivamente aisladas de otras, pero que morfológicamente son muy semejantes o casi idénticos.

**Frecuencias alélicas.** Es la proporción que se observa de un alelo específico respecto al conjunto de alelos que pueden ocupar un determinado en la población. Es el número de copias de un alelo en particular dividido por el número de copias de todos los alelos en un lugar genético (locus) en una población.

**Loci.** Plural de Locus.

**Locus.** Es una posición fija sobre un cromosoma.

**Taxa.** Plural de taxón.



# Diatomeas antárticas: vida en las sombras y el frío

*En la Antártica se ha descrito un grupo de microalgas (diatomeas bentónicas), que viven en el fondo, pegadas a las piedras o sedimentos, capaces de hacer fotosíntesis con niveles de luz muy bajos e incluso cubiertas por una capa de hielo marino. El proyecto "Identificación de biomarcadores de fluctuaciones de la cobertura de hielo en diatomeas bentónicas de la Península Antártica" busca conocer las características fisiológicas que determinan la adaptación de estas microalgas al medio polar, características que luego sirvan como marcadores biológicos (o biomarcadores) de esta capacidad de vivir en las zonas más oscuras. Paulina Uribe describe este proyecto y establece un curioso vínculo con las ideas y circunstancias de Darwin.*

## SOBRE LOS HOMBROS DE LOS HÉROES

Fue una grata coincidencia que hayan sido los buques *Aquiles* y *Galvarino* los que nos trasladaron a la Antártica. Dos grandes héroes de sus respectivos mundos, del norte y del sur. Pero las coincidencias no terminaron ahí: tuvimos el privilegio de navegar por el mismo canal que surcó la *Beagle* y ese gran gigante del mundo del conocimiento, Charles Darwin, en la celebración de su cumpleaños número 200. Una ruta que ha quedado marcada en todos nosotros. El recuerdo de sus largas jornadas con un persistente mareo que lo obligó a pasar mucho tiempo tendido en su hamaca, nos hace pensar que es aún mayor el mérito de aquel joven inglés que desarrolló esas importantes ideas sobre las relaciones entre las especies y escudriñó los misterios de la naturaleza que iba observando en su viaje, en esas deplorables condiciones.

Apoyados sobre los hombros de estos



héroes, continuamos navegando por un mar de preguntas. Una de ellas es acerca de los posibles efectos que tiene el cambio climático en el sustento de la fauna antártica. Esta pregunta fue la que nos llevó a la búsqueda de las microalgas que habitan en el fondo marino y que son el alimento o forraje del krill, que a su vez es el alimento de la fauna antártica tan apreciada por todos. Nuestro interés está centrado en particular en la capacidad de algunas de ellas de persistir cuando están cubiertas por el hielo marino invernal y hay poca luz.

## BUSCANDO LOS PEQUEÑOS HABITANTES BAJO EL MAR: LAS MICROALGAS

Las microalgas o algas microscópicas habitan en prácticamente todos los ambientes conocidos, terrestres, de agua dulce y marinos. Algunas son conocidas

por ser tóxicas, como las "mareas rojas", pero la gran mayoría constituye la base de la red trófica o de la alimentación de los ecosistemas acuáticos, debido a que pueden captar el CO<sub>2</sub> usando la energía solar mediante la fotosíntesis y transformarlo en nueva materia orgánica o azúcares.

En la Antártica se ha descrito un grupo especial de microalgas conocidas como "diatomeas bentónicas", que viven en el fondo, pegadas a las piedras o sedimentos. Ellas son capaces de hacer fotosíntesis con niveles de luz muy bajos. Esta capacidad se ha llamado foto-adaptación. Esto significa que están capacitadas para vivir con la luz invernal, muy baja en duración, e incluso cubiertas por una capa de hielo marino. Por esto, contienen sistemas para captar y utilizar esa poca energía solar economizando cada fotón para fabricar productos tan preciados para su subsistencia, la del krill y para la de todos los animales invernantes que se quedan en esas zonas y que dependen de él como alimento.



Al mirar detenidamente las piedras que están normalmente en el mar a bajas profundidades, se puede observar que están cubiertas de un tapiz verde-amarillo; ese es el primer signo de su presencia.

Por eso, conseguimos piedras de este tipo en diferentes lugares de las islas Shetland del Sur y las raspamos y lavamos cuidadosamente. Luego, filtrábamos esa agua pues la única manera de verlas es con un microscopio. Lo lindo es que son una sola célula.

Paralelamente medimos la cantidad y calidad de la luz solar que llega al fondo marino donde se encuentran. Nosotros re-

CHARLES DARWIN



colectamos microalgas en las cercanías de la base O'Higgins en enero de este año. Sus formas son muy bellas y muy variadas (cuadradas, redondas y de buques); algunas se mueven suavemente en las superficies.



### ¿POR QUÉ NOS INTERESAN ESTAS DIATOMEAS?

El propósito de nuestro proyecto "Identificación de biomarcadores de fluctuaciones de la cobertura de hielo en diatomeas bentónicas de la Península Antártica", apoyado por el Inach, la Fundación Ciencia para la Vida, la Universidad de Chile, la Universidad de Valparaíso y la Universidad de California del Sur (EE. UU.), es explorar la presencia de estas diatomeas en los fondos marinos y su silenciosa persistencia bajo los hielos costeros cuando la luz se apaga. Queremos conocer las características fisiológicas que determinan esta adaptación y que algunas de esas características nos sirvan como marcadores biológicos (o biomarcadores) de esta capacidad de vivir en las zonas más oscuras. Estos biomarcadores pueden ser las especies de diatomeas presentes, los tipos de pigmentos que contienen, sus respuestas fisiológicas a diferentes tipos e intensidades de luz y la presencia de algunos genes de la foto-adaptación.

Investigadores de diferentes laboratorios analizaremos



las especies que hay en las muestras y veremos qué tipos de pigmentos contienen. Uno de los investigadores, en Estados Unidos, estudiará la respuesta que presentan cuando se iluminan con diferentes tipos e intensidades de luz.

Por otra parte, buscaremos la presencia de algunos genes que se han relacionado con esa foto-adaptación y estamos intentando cultivar algunas de las diatomeas obtenidas. Esto último para desarrollar trabajos posteriores con simulación de condiciones de baja luz y temperatura similares a las naturales.

Con estos biomarcadores esperamos realizar seguimientos consecutivos en diferentes lugares de la Antártica y relacionar su presencia con las fluctuaciones de la cobertura del hielo marino.

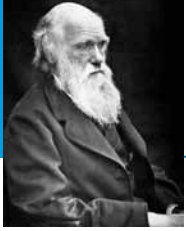


### DARWIN, LA BEAGLE Y LAS DIATOMEAS COMO BIOMARCADORES

Pero no somos los únicos que hemos utilizado las diatomeas como marcadores. En esos mismos días, el arqueólogo británico Robert Prescott, de la Universidad de St. Andrews, encontró los restos de la *Beagle* enterrados bajo unos pantanos cerca de Essex, en la costa sur de Inglaterra. Pero para comprobar la autenticidad de este hallazgo, se identificaron mediante microscopía electrónica restos de diatomeas presentes en los estancos del buque. Esto porque ciertas especies son específicas de algunos lugares del mundo y, por lo tanto, si en las muestras había diatomeas únicas de las aguas del Pacífico o de Australia, entonces los restos enterrados sí serían de la *Beagle*. Los resultados hasta ahora son muy positivos; estos marcadores revelan que éstas corresponderían al compañero de aventuras de Charles Darwin alrededor del mundo.

**DRA. PAULINA URIBE C.**

Fundación Ciencia para la Vida



# Hace 50 millones de años unas aves dejaron sus huellas en la Antártica

**El proyecto Fondecyt "Paleofitogeografía Antártica" realizó una campaña de terreno en la península Fildes, isla Rey Jorge, donde se encontraron maravillosas impresiones de patas de vertebrados. Los fósiles de aves son muy escasos, debido a la delicadeza y ligereza de sus huesos, y es aún más difícil encontrar fósiles que nos entreguen información acerca de sus hábitos, movimientos y conducta, información que puede ser obtenida a través de los icnofósiles. El sitio del descubrimiento se encuentra al sur de la isla Rey Jorge, en los afloramientos sedimentarios del cerro Fósil, de edad tentativa asignada al Eoceno (55-33 Ma), época en la cual las aves dominaban la Tierra. Un análisis preliminar muestra que estas impresiones fueron dejadas en cuerpos de agua poco profundos (orillas de lagos o ríos), abundantes en invertebrados, posiblemente predados por estas aves.**

Hemos tenido el privilegio de abrir una ventana al pasado, un pasado antártico de 47 millones de años, donde aves de un periodo conocido como Eoceno dejaron sus huellas y su historia en la península Fildes, isla Rey Jorge, Antártica.

Durante el verano del 2009, en el marco del proyecto Fondecyt "Paleofitogeografía Antártica", dirigido por el Dr. Marcelo Leppe, y con un equipo compuesto además por la memorista de Geología, Natalia Varela, y el autor, se realizó una campaña de terreno en la península mencionada. El área ha sido conocida por muchos años gracias a su riqueza paleontológica, principalmente del Paleógeno (65 a 23 Ma), pero excepcionalmente, el equipo obtuvo valiosas muestras del Cretácico Superior (89 a 65 Ma). Los afloramientos fosilíferos más importantes se encuentran bajo un estatus especial de protección del Sistema del Tratado Antártico en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 125.

Hace exactamente 40 años, una expedición chilena del insigne geólogo de la Universidad de Chile Vladimir Covacevich, encontraba las primeras huellas de aves e invertebrados de toda la Antártica. Describió un mundo dominado por feroces aves gigantes (los fororracos) y gran cantidad de pequeñas aves. Después de esos hallazgos de Covacevich, sólo dos reportes, en 40 años, hablaban de huellas de aves, pero en pequeñas cantidades. Nada más.

Nuestro trabajo se planeó meticulosamente. La prioridad era realizar la estratigrafía fina de Fildes, incluyendo las unidades asignadas al Cretácico. Pero sólo bastó con acercarnos al lugar donde se trabajaría, para que repentinamente fueran apareciendo unos fósiles muy particulares: impresiones de patas de vertebrados. Inmediatamente nos dimos cuenta de que podría tratarse de huellas de ave, tal como las que encontró Covacevich hace 40 años. En un principio fueron seis las huellas encontradas.

Durante los días subsiguientes, las inclemencias del clima antártico, no amainaron la motivación del grupo, de tal forma que fueron apareciendo gran cantidad de impresiones

de patas, conocidas técnicamente como *icnitas* o *icnofósiles*, en número superior a las 50 huellas, algunas de las cuales describían *tracks* de desplazamiento, aun cuando muchas estaban aisladas.

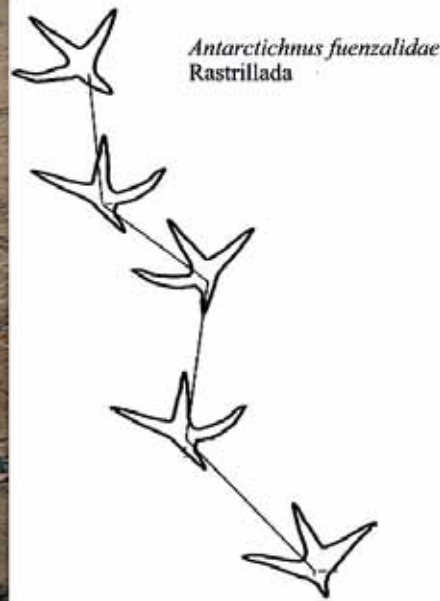
Es importante señalar que los fósiles de aves son muy escasos, debido a la delicadeza y ligereza de sus huesos, especialmente adaptados para el vuelo. Por ello, es aún más difícil encontrar fósiles que nos entreguen información acerca de sus hábitos, movimientos y conducta, información que puede ser obtenida a través de los *icnofósiles*.

El sitio del descubrimiento se encuentra al sur de la isla Rey Jorge, en los afloramientos sedimentarios del cerro Fósil, de edad tentativa asignada al Eoceno (55-33 Ma), época en la cual las aves dominaban la Tierra, los mamíferos no alcanzaban aún grandes dimensiones y la Antártica exhibía frondosos bosques templados, similares a los que dominan la región austral chilena, Australia y Nueva Zelanda.

Es importante mencionar que el Eoceno presenció en sus inicios un incremento dramático de la temperatura, conocido como el *Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno* (MTPE), el cual fue disparado por un súbito aumento de la cantidad de gases de invernadero de la atmósfera. Durante unos 20.000 años la temperatura de la Tierra se incrementó en cinco grados, desatando la extinción de animales, en su mayoría invertebrados marinos, así como también incrementos del nivel del mar, etc. El MTPE fue uno de los más dramáticos eventos de calentamiento global registrados en la historia geológica, y el mayor desde la



Posible icnogénero *Presbyonifornipes* (parecido a pato o ganso actual).



extinción de los dinosaurios, hace 65 Ma.

Entre los estudios paleontológicos previos realizados en este lugar de la isla, destacan los de Covacevich y colaboradores, y los de científicos chinos, que dan cuenta de icnitas de aves asignadas a dos icnoespecies: *Antarctichnus fuenzalidae* y *Fildesichnus sheni*, dejando en duda la presencia de una ratite (Orden Struthioniformes), aves no voladoras que actualmente están representadas por ñandúes, avestruces, kiwis y emús. Sin embargo, los autores dejaron abierta la posibilidad de que se trataran de forrracoides (Orden Cariamae, Familia Phorusrhacidae), también conocidas como las “aves del terror”, grandes carnívoros no voladores que se alimentaban de mamíferos de Sudamérica, manteniéndolos reprimidos por varios millones de años, hasta que la conexión con Norteamérica a través del istmo de Panamá hiciera que los grandes mamíferos del norte conquistaran Sudamérica. Su hallazgo en Antártica no se limita sólo a la isla Rey Jorge, sino también a la isla Seymour (Marambio), al nororiente de la Península Antártica.

Trabajos previos también han señalado la posible existencia de un anátido (Orden Anseriformes, Familia Anatidae), linaje al que pertenecen patos, gansos y cisnes, entre otros.

Un análisis preliminar de los fósiles colectados en la

campaña, realizado en el Laboratorio de Paleobiología del INACH, mostró que las icnitas fueron dejadas en cuerpos de agua poco profundos (orillas de lagos o ríos), abundantes en invertebrados, posiblemente predados por estas aves, de las cuales se ha logrado preliminarmente identificar a *Antarctichnus fuenzalidae*, icnoespecie asignada a un ave paseriforme (Orden: Passeriformes), mientras que otros tres icnofósiles de aves son desconocidos. Dos de éstos podrían corresponder a un pato o ganso (concuerta con el icnogénero *Presbyoniformipes*, con membrana interdigital, hallux y dígitos cortos y gruesos), y a una cigüeña (concuerta con el icnogénero *Avipeda*, dígitos rectos, cortos y gruesos, con garras terminales).

El INACH está formando capital humano joven para poder enfrentar los desafíos de la paleontología antártica y sudamericana del siglo XXI, transdisciplinaria e integrativa, donde áreas como la icnología cumplen un importante rol. Durante los próximos meses se pretende estudiar a fondo las icnitas encontradas, esta vez en conjunto con el Dr. David Rubilar del Museo Nacional de Historia Natural, con el fin de aportar al conocimiento de cómo evolucionó la biota antártica durante un importante momento de la historia natural: el Eoceno.



El autor en isla Rey Jorge durante la última Expedición Científica Antártica.

LIC. HÉCTOR MANSILLA VERA, INACH

GLOSARIO

**Icnología.** Rama de la Paleontología, que estudia las marcas de actividades biológicas dejadas por organismos en el pasado (caminar, comer, defecar, regurgitar, formar cuevas, nidos, etc.).

**Icnitas.** Todo rastro fósil de locomoción dejado por un organismo vertebrado o invertebrado.

**Fossil Hill.** Afloramiento rocoso con gran cantidad de registros fósiles animales y vegetales ubicado en la península Fildes, isla Rey Jorge, Antártica.





en caracteres morfológicos, por lo que es considerada por algunos autores como el posible centro de origen y posterior diversificación del género. En base a la distribución actual del género, *Nacella* constituye un buen modelo para estudios moleculares acerca de la biogeografía histórica y los tiempos de divergencia entre grupos de invertebrados que habitan los fondos marinos duros antárticos y subantárticos.

Se amplificaron mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR) fragmentos de secuencias de dos marcadores mitocondriales (*Citocromo C Oxidasa Subunidad I* y *Citocromo b*) para estimar los tiempos de origen y diversificación de distintas especies del género. Los análisis incluyeron especies de la Antártica, Provincia de Kerguelen y las especies de la región de Magallanes (fig. 2). Se realizaron reconstrucciones filogenéticas usando los métodos de Máxima Parsimonia (MP) e Inferencia Bayesiana (IB) y se estimaron los tiempos de divergencia entre los linajes de *Nacella* a través de un método bayesiano relajado para datos multilocus.

Los resultados obtenidos están de acuerdo con estudios morfológicos previos y apoyan la monofilia de *Nacella* y su estrecha relación con el género *Cellana*. Los análisis moleculares sugieren un origen más reciente del género que lo esperado bajo la hipótesis de especiación vicariante por tectónica de placas (25 Ma). Este resultado indicaría que las actuales especies del género tienen un origen aproximado a mediados del Mioceno (14 Ma). Dicho periodo de la escala geológica, también conocido como la Transición Climática del Mioceno Medio (TCMM), se caracteriza por un marcado enfriamiento polar asociado a disminuciones en el nivel del mar y cambios mayores en la circulación oceánica a nivel global. Tales cambios podrían explicar de una forma u otra el origen, la diversificación y la separación de los linajes de *Nacella* en las distintas regiones biogeográficas del océano Austral en las que actualmente se distribuyen.

Esta diversificación habría ocurrido en dos rondas. La primera involucra la aparición gradual de los clados que contienen especies de la Antártica, la Provincia de Kerguelen y Chile central. Los distintos linajes de *Nacella* muestran elevados niveles de diferenciación genética, es decir, una clara discontinuidad transoceánica en el género sin evidencia de flujo génico continuo o reciente. Por lo tanto, la evolución de *Nacella* efectivamente estaría asociada a un proceso vicariante, pero no relacionado con la tectónica de placas sino que a marcados cambios oceanográficos y climáticos durante el Mioceno medio.



Figura 2. Especies de *Nacella* en sus ambientes naturales. A) *N. magellanica*, B) *N. mytilina*, C) *N. flammea*, D) *N. deaurata*, Provincia de Magallanes; E) *N. concinna*, Antártica; F) *N. clypeater*, Chile central. Fotografías A, B, C y E tomadas por César Cárdenas. D y F: Claudio González W.

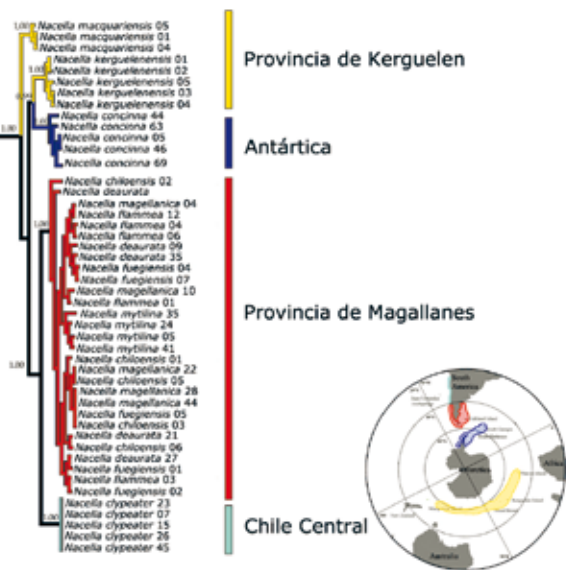


Figura 3. Filogenia molecular en *Nacella* producida por análisis bayesianos (COI + Cytb). Los valores de soporte para los nodos corresponden a probabilidades a posteriori. Los árboles fueron enraizados usando miembros del género *Cellana* y *Patella* como grupos hermano y externo, respectivamente.

La segunda ronda de diversificación incluye sólo la reciente y rápida aparición de las distintas especies de *Nacella* en la región de Magallanes (fig. 3). Las especies magallánicas se caracterizan por presentar niveles extremadamente bajos de diferenciación genética entre ellas lo que indicaría un origen muy reciente seguido de una rápida diversificación ecológica y morfológica. Este desacoplamiento entre la evolución molecular y una rápida diversificación morfológica es una característica común en muchos grupos de moluscos, especialmente en Patellogastrópodos.

DR. (C) CLAUDIO GONZÁLEZ WEVAR Y DR. ELIE POULIN  
Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Universidad de Chile.

GLOSARIO

**Especiación vicariante, geográfica o alopátrida.** Especiación gradual producida por barreras geográficas que impiden la cruce entre individuos de poblaciones lejanas.

**Inferencia Bayesiana.** Método de inferencia estadística en el cual la evidencia u observación que existe es usada para actualizar y/o inferir la probabilidad de que una hipótesis sea verdadera.

**Máxima Parsimonia.** Método estadístico no paramétrico comúnmente usado en reconstrucción filogenética. Bajo el supuesto de la parsimonia, el mejor árbol filogenético es aquel que requiere el menor número de pasos, es decir, la menor cantidad de cambio evolutivo.

**Monofilia.** Término utilizado en cladismo para definir a un clado que incluye al ancestro común y a todos sus descendientes.

**PCR.** Es la sigla en inglés de "Reacción en Cadena de la Polimerasa", técnica de biología molecular cuyo objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento específico de ADN.

**Radiación Adaptativa.** Corresponde a una rápida diversificación evolutiva caracterizada por un incremento en la diversidad ecológica y morfológica de un linaje.

# Celebraciones del cincuentenario de la firma del Tratado Antártico

La XXXII Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA XXXII) coincidió con la conmemoración de los 50 años de la firma del Tratado Antártico. La Reunión Consultiva propiamente tal se celebró en el gran Centro de Convenciones de la histórica ciudad de Baltimore, Maryland, Estados Unidos, y dio origen a numerosos encuentros en los centros científicos y museos de dicha ciudad. No obstante, la inauguración solemne de la RCTA se hizo en una sesión solemne de apertura presidida por la Secretaria de Estado Hillary Clinton en Washington D.C., en la sede del Departamento de Estado. A continuación se realizó una extraordinaria Reunión Ministerial, con participación de los ministros de Relaciones exteriores o de Medio Ambiente de todos los países árticos y antárticos, en la cual Chile estuvo representada por la Ministra del Medio Ambiente Ana Lya Uriarte. Se aprobaron las Declaraciones sobre los Cincuenta Años del Tratado Antártico y sobre el Año Polar Internacional que concluye al finalizar el presente año 2009. En el debate ministerial, la Ministra Uriarte planteó el desarrollo en ambas regiones polares de un Plan de Acción similar y con elementos de mitigación como los contemplados por el Panel Internacional para el Cambio Climático, siendo felicitada por numerosas autoridades por sus aportes a la discusión de los desafíos que el cambio climático genera para el equilibrio y la sustentabilidad ambiental de las regiones polares. En estas actividades participaron la Ministra Uriarte, el Encargado de Negocios de Chile Fernando Varela, el Director del Instituto Antártico Dr. José Retamales, la Jefa del Departamento Antártico María Luisa Carvallo, el Asesor Antártico General Javier Urbina y el Jefe de la Delegación a la RCTA XXXII Jorge Berguño.

Entre los sucesos que fueron destacados como logros de la Reunión Consultiva, cabe mencionar la aprobación de un texto actualizado del Anexo II sobre Conservación de la Fauna y Flora Antárticas, que se encontraba pendiente desde hacía ya varios años; la aprobación, con dificultades y polémicas, de una resolución que extiende la protección del Protocolo Ambiental hasta la línea de la Convergencia Antártica y recaba una decisión de la Organización Marítima Internacional (OMI) para extender asimismo el "Área Especial" establecida por dicha organización en el Océano Austral; una resolución relativamente tímida sobre la aplicación de procedimientos de autorización de las investigaciones de bio-prospección en el área del Sistema del Tratado Antártico; las Directrices para los Sitios y Monumentos Históricos propuestas por Chile. En cambio y a pesar de la amplia mayoría que apoyó las recomendaciones del Taller de los Centros de Búsqueda y Rescate con competencia en la Antártica organizado por COMNAP, la oposición de dos países influyentes, impidió la adopción de una resolución que urgía a las naves a entregar su posicionamiento en el área del Tratado al Centro de Rescate correspondiente. No se produjo tampoco el consenso necesario para prohibir o

regular las maratones y otras actividades con posibles impactos adversos en el medio ambiente, pero Chile liderará un grupo intersesional sobre el tema.

En el seno del Comité de Protección del Medio Ambiente (CEP), Chile logró la aprobación de los planes de manejo para las Áreas Especialmente Protegidas (ASPAS) 125, que incluye varias concentraciones de fósiles y 150, correspondiente a la isla/península Ardley, quedando pendiente la aprobación de directrices para esta última zona, con una buena recepción inicial. Las Delegaciones de Chile y de Alemania acordaron convocar al Grupo Internacional de Península Fildes a una reunión en Punta Arenas inmediatamente antes de la reunión anual del COMNAP. La reunión del CEP fue precedida por un Taller Conjunto de la Convención para la Conservación de los recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) en la cual participaron Verónica Vallejos, posteriormente elegida Primera Vicepresidenta del CEP, como consecuencia de una candidatura que surgió espontáneamente y que representa un justo reconocimiento internacional de su importante contribución. El mencionado Taller Conjunto debió haber sido presidido por Carlos Moreno, en aquel momento Presidente del Comité Científico de la CCRVMA, quien se vio imposibilitado de asistir por una delicada enfermedad, recibéndose numerosas manifestaciones de apoyo de las delegaciones asistentes. Al igual que en oportunidades anteriores, el Director del INACH y Presidente del Grupo de Operaciones, Dr. José Retamales y el Presidente del Grupo de Turismo, Evan Bloom de los Estados Unidos, convocaron nuevamente a sesiones conjuntas muy necesarias porque es en este dominio, el turismo marítimo, donde se multiplican los accidentes y otros desafíos a la seguridad de la vida humana en el mar.

No tuvo un impacto resonante la convocatoria de un Grupo de Trabajo Especial sobre los 50 años del Tratado Antártico presidido por el Presidente de la Conferencia, Tucker Scully de los Estados Unidos. Chile se ha comprometido a encabezar un grupo de tarea que prepare un proyecto de "Libro Blanco del Tratado Antártico" para su edición en la fecha de la entrada en vigor del Tratado (2011) que corresponderá a la RCTA XXXIV (Buenos Aires).

Se realizaron dos actos electorales. Después de varias votaciones consecutivas, los Jefes de Delegación eligieron como nuevo Secretario General y sucesor del holandés Jan Huber, al Dr. Manfred Reinke del Instituto Alfred Wegener de Alemania. Una Comisión de COMNAP procedió a entrevistar a seis candidatos seleccionados para suceder a Antoine Guichard en el cargo de Secretario Ejecutivo, y finalmente eligió a Michelle Rogan-Finnemore, de Nueva Zelanda, quien asumirá sus funciones durante la XXI Reunión Anual de COMNAP, a realizarse en Punta Arenas.

EMB. JORGE BERGUÑO, INACH

## Chile e India intensificarán vínculos científicos

En su visita a la India, en marzo, la Presidenta Michelle Bachelet sostuvo una reunión con el Primer Ministro indio Manmohan Singh, donde se acordó, entre otras cosas, continuar la cooperación en la Antártica. Chile invitó a la India a unirse a ella en su próxima expedición antártica. Además India respondió informando sus planes para acoger una conferencia conjunta sobre la ciencia polar y se decidió fortalecer la cooperación en tecnología de la información y la biotecnología. Cabe recordar que el pasado mes de febrero fue inaugurado en la base Escudero el primer laboratorio chileno de microbiología en la Antártica, perteneciente al proyecto "Antártica: fuente de recursos biológicos", financiado a través del Programa Innova de Corfo.

En abril del año pasado las empresas Bio Antart-K S.A. (Chile) y Avesthagen (India) firmaron un convenio que les

permitirá ampliar sus proyectos agro-biotecnológicos, alimentarios, nutracéuticos y farmacéuticos, mediante el apoyo mutuo en las diversas iniciativas que emprendan. El convenio fue posible por el deseo de Bio Antart-K S.A. y Avesthagen de innovar en áreas de importancia estratégica como el desarrollo de bioactivos, genomas, proteomas, metaboloma y cultivo de tejidos de pasto antártico (*Deschampsia antarctica*) para usos oncológicos. La firma del convenio en Bangalore, India, por parte de Bio Antart-K fue realizada por el Dr. Manuel Gidekel, quien también forma parte del proyecto "Antártica: fuente de recursos biológicos" y del equipo de científicos que acompañó a la Presidenta Bachelet en esta gira.



## Príncipes de Holanda se reunieron con investigadores antárticos chilenos

Antes de su viaje al Continente Blanco en febrero último, los príncipes de Holanda Guillermo y Máxima asistieron al INACH a una exposición sobre las principales actividades del Instituto. Se presentaron 5 expositores durante la jornada. La Directora (s) del INACH, Paulina Julio, dio la bienvenida y describió las misiones y ámbitos de trabajo de la institución. Luego expusieron el jefe del Departamento Científico Dr. Marcelo González (prioridades científicas del INACH y líneas de investigación), el glaciólogo del INACH Dr. Ricardo Jaña (antecedentes de la investigación glaciológica chilena en la Antártica y particularmente la extracción de testigos de hielo en el plateau Detroit), la jefa del Departamento de Administración de Proyectos Verónica Vallejos (medioambiente antártico) y el periodista del Departamento de Comunicaciones y Educación Reiner Canales (estrategias de Comunicación

y Educación desde una perspectiva antártica). Luego de las exposiciones, la pareja real, que vino acompañada también por Jos Engelen (Presidente de la Organización Neerlandesa para la Investigación Científica) y Roland Plasterk (Ministro de Educación, Cultura y Ciencia de Holanda), tuvo la oportunidad de compartir con otros investigadores antárticos, como el Dr. Stefan Kraus (experto en volcanes antárticos) y el Dr. Carlos Olavarría (experto en genética de cetáceos).

El príncipe Guillermo y su esposa, previo a su arribo a Punta Arenas, visitaron el Parque Nacional Torres del Paine específicamente desde el sector del glaciar Tyndall, en donde fueron testigos de las investigaciones sobre los fósiles de ictiosaurios (reptiles gigantes de hace de 90 millones de años) llevadas a cabo por investigadores del INACH y de la Universidad de Heidelberg.



Foto (izq. a der.): Marcelo González, Jos Engelen (Presidente de la Organización Neerlandesa para la Investigación Científica), Paulina Julio, Roland Plasterk (Ministro de Educación, Cultura y Ciencia de Holanda), Princesa Máxima, Príncipe Guillermo, Verónica Vallejos y Ricardo Jaña.

## Comunicadores británicos analizan relación entre ciencia y sociedad

El 8 de enero se realizó el taller "Science Communication: Examples & Challenges", organizado por el Instituto Antártico Chileno (INACH) y que tuvo como objetivo debatir los desafíos actuales en la comunicación del conocimiento científico y brindar la oportunidad de compartir ideas y experiencias con especialistas que han logrado la excelencia en este ámbito. Entre los expositores se contó con Athena Dinar, encargada de Prensa y Relaciones Públicas del British Antarctic Survey (BAS), quien expuso los hitos científicos y comunicacionales de este organismo, mencionando el descubrimiento del agujero de ozono (1985) y la veloz desintegración de las plataformas de hielo Wordie (1991), que pusieron al BAS en el centro de la atención mundial. Desde entonces ha desplegado una estrategia comunicacional que ha definido diferentes mensajes claves, públicos y formas de acercarse a éstos. El periodista Alister Doyle presentó la relación entre sociedad y ciencia desde su perspectiva como corresponsal de la agencia Reuters. El periodista del INACH, Reiner Canales, presentó



la labor educacional y comunicacional del Instituto, destacando la Feria Antártica Escolar (evento escolar único en el mundo en esta temática), el trabajo conjunto con la Junta Nacional de Jardines Infantiles, la celebración nacional del Día de la Antártica, la publicación de material bilingüe (sitio electrónico y boletines, por ejemplo), etc. Asistieron al taller encargados de comunicaciones de instituciones ligadas al área educativa y científica, y periodistas que cubren ciencia y tecnología en medios regionales.

## Príncipe Alberto II de Mónaco desarrolló amplio programa de actividades en Punta Arenas y la Antártica

Antes de partir rumbo a la Antártica en compañía de los jóvenes ganadores de la V Feria Antártica Escolar, el Príncipe de Mónaco Alberto II llegó hasta el INACH para participar de una reunión informativa sobre la investigación que nuestro país ejecuta en el último continente. En la oportunidad el Director Nacional del INACH, Dr. José Retamales, le dio la bienvenida junto con exponer los aspectos fundamentales del rol del INACH en la ciencia y el país, así como las principales líneas de investigación que se encuentran trazadas hoy en día.



En la foto, el Príncipe Alberto II en la base coreana King Sejong, con el Director Nacional del INACH (extremo izq.) y el paleobiólogo Marcelo Leppe, INACH (extremo der.).

El 2 de enero estudiantes de enseñanza media de Concepción, Curacautín, Villarrica, Valdivia y Punta Arenas, y científicos del Instituto Antártico Chileno (INACH) acompañaron al Príncipe Alberto II de Mónaco en la primera etapa de su visita a la Antártica, entre el 5 y 8 de enero. La delegación cumplió una intensa agenda en la Península Antártica con el fin de conocer in situ el impacto del cambio climático en el ecosistema polar.

Los estudiantes chilenos son los ganadores del concurso nacional sobre ciencia antártica, Feria Antártica Escolar, que organiza hace 4 años el INACH y la Fuerza Aérea de Chile (FACH), con el apoyo del programa Conicyt-Explora. Acompañaron al príncipe Alberto, además del Director del INACH, los investigadores Marcelo Leppe, paleobotánico, y Stefan Kraus, vulcanólogo.

En la Antártica, el príncipe Alberto visitó las pingüineras de isla Ardley, recorrió las bases King Sejong (Corea del Sur), Bellingshausen (Rusia), Gran Muralla (China) y Artigas (Uruguay). También sobrevoló las bases O'Higgins y Arturo Prat de Chile, Comandante Ferraz (Brasil), Ohridiski (Bulgaria) y Juan Carlos I (España). En la noche visitó la base científica profesor Julio Escudero del Instituto Antártico Chileno (INACH), donde asistieron representantes de 3 estaciones científicas (China, Uruguay y Rusia) y representantes de la FACH, Armada y la Dirección de Aeronáutica Civil de Chile.

## Bases antárticas de antaño y su nueva relación con el Tratado Antártico: desafíos para su nuevo empleo

Ubicada en la bahía Paraíso, Estrecho de Gerlache, la base Gabriel González Videla (GGV, 64° 49'S, 62°51'W) fue la tercera base chilena y la primera base antártica de la Fuerza Aérea de Chile (FACH). Se inauguró el 12 de marzo de 1951 en honor al presidente que le da su nombre, primer jefe de estado del mundo en visitar la Antártica.

Sus primeras dotaciones cumplieron diversas tareas de infraestructura y levantamiento de la base y actividades científicas en biología marina, lanzamiento de globos sonda, meteorología, geomagnetismo y glaciología.

Actualmente, la base GGV presta refugio a exploradores y científicos y, gracias a su belleza escénica y pingüinera -que en verano alcanzan la cifra récord de tres mil pingüinos Papúa-, se ha constituido en uno de los cinco destinos más visitados de todo el continente antártico.

Cerca de siete mil turistas desembarcan en la base cada verano. En el año 2003, la FACH inició un "Plan de Manejo Ambiental, Recuperación, Mantenimiento y Conservación" de la base. Hasta ahora se han restaurado 237 mt<sup>2</sup> de las construcciones (originales de la década de los cincuenta); habilitado una Sala Fotográfica con material de la Expedición Británica Antártica de John Lachlan Cope y una Sala de Informaciones, antigua casa de Globos Sondas, en donde se entrega información a los visitantes; en las cercanías se encuentran delimitados y protegidos los Sitios Históricos N° 30 y N° 56 del Tratado Antártico, que datan del año 1950 y 1921, respectivamente.

La base GGV opera anualmente desde noviembre hasta marzo y recibe cada verano a una nueva dotación de la FACH que lleva a cabo labores de: meteorología para nutrir al Centro Meteorológico Antártico de base Frei, control de vuelo, medición de los vientos para uso de energía eólica, comunicaciones satelitales, difusión patrimonial, mantenimiento y restauración de las construcciones (cerca de 1.500 mt<sup>2</sup>), todo ello para salvaguardar y proteger el patrimonio antártico nacional. Paralelamente, se apoya a la Armada en la activación de la Capitanía de Puerto de Bahía Paraíso para el control de las embarcaciones que navegan en sus aguas y el control de la contaminación marina en caso de accidentes.

El verano recién pasado se culminó la recuperación histórica del Sitio Histórico N° 56 "Water Boat Point", con una placa conmemorativa del hecho donada personalmente por la Princesa Ana de Inglaterra en el año 2007.

Además, el Plan incluyó la instalación de señalética y un sendero para turistas que guía y recorre toda la base, protegiendo a las colonias de pingüinos que anidan allí, de lo cual se tienen buenos indicios, pues la fauna contabilizada en las últimas temporadas se ha mantenido en número con

una leve tendencia al alza.

Esta Base-Museo constituye la primera muestra de protección y conservación del patrimonio histórico y cultural de Chile en el territorio antártico y debido a su creciente afluencia turística se constituye como un lugar idóneo para difundir la historia antártica de nuestro país y el espíritu de cooperación y conciencia global que existe en este territorio único en el mundo.

### LOS DESAFÍOS DE GGV

Aún queda por restaurar el refugio erigido en honor a don Gabriel González Videla, declarado Sitio Histórico N° 30 del Tratado Antártico, lo que se llevará a efecto en las próximas temporadas estivales. También es necesario producir el guión museográfico de la base completa, que ya está

operando como museo en sí misma, y realizar una curatoría del material fotográfico, de manera de exhibir en la base una muestra representativa de la historia antártica nacional.

Terminada la recuperación y la habilitación de su funcionamiento y relación con los visitantes, ambas dotaciones

se reducirán al mínimo indispensable, situación que se trabaja con la Armada para que los esfuerzos se hagan en conjunto. De igual forma, se gestiona con el Instituto Antártico Chileno la posibilidad de continuar estudios en el lugar, por ejemplo ligados al notorio retroceso del vecino glaciar Toro Mazote.

Luego de los esfuerzos señalados junto a los códigos de conductas, el planeamiento de actividades y la reducción al mínimo de los impactos ambientales del lugar, el próximo paso sería conformar una Zona Antártica Especialmente Administrada.

De esta forma cabe preguntarnos si es más efectivo retirar instalaciones antiguas o derechamente gestionar su uso para un nuevo empleo, como lo señala el Anexo V del Protocolo de Madrid. La respuesta es que podemos configurarla para que, sin perder de vista el interés nacional y nuestra particular relación de contigüidad geográfica con la Antártica, estas y otras instalaciones sean conservadas y gestionadas con ajuste a las particulares necesidades de cada operador, pues nacieron a la vida antártica con anticipación al Tratado Antártico de 1959 en escenarios disímiles y se constituyen hoy como testimonio viviente de la época de nuestra Primera Expedición Nacional a la Antártica en 1947.

**CDTE. MIGUEL FIGUEROA IBARRA**

*Jefe del Depto. de Planificación de la División Antártica, Fuerza Aérea de Chile.*





## Estudiantes chilenos reviven travesía de Darwin por el Estrecho de Magallanes

Un viaje de descubrimiento y observación del Estrecho de Magallanes, efectuaron el 14 de mayo estudiantes de 12 liceos de Punta Arenas, al recrear a bordo del PSH *Cabrales* de la Armada de Chile la travesía que hiciera el naturalista Charles Darwin por los canales y fiordos australes, hace 177 años. Los jóvenes fueron acompañados por científicos del INACH, de la Universidad de Magallanes (UMAG) y de la Fundación CEQUA, como una forma de conmemorar los 200 años del nacimiento de Darwin y los 150 años de la publicación de su obra más importante, "El origen de las Especies".

La actividad fue organizada en conjunto por el INACH y Explora Magallanes para invitar a los alumnos de Magallanes y el país a participar en la VI Feria Antártica Escolar (FAE), que este año tiene como tema "Antártica y evolución. Descubriendo el lenguaje secreto de la vida", para releer los postulados del inglés sobre la evolución de la vida en el planeta. La FAE es una iniciativa organizada por el INACH y la Fuerza Aérea de Chile, y patrocinada por el Programa Explora-Conicyt, destinada a la valorización y divulgación de la ciencia antártica nacional.

## Profesores de la Región del Bío Bío se capacitaron en metodologías de investigaciones antárticas escolares

En Concepción, más de 40 docentes de las comunas de Cañete, Chillán, Curanilahue, Nacimiento, Coronel, Chiguayante, Arauco y Concepción, participaron el 13 de mayo en la Jornada de Capacitación en Metodologías de la Investigación y Formulación de Proyectos Antárticos. La actividad es parte de una serie de iniciativas desarrolladas por el INACH y el Programa Explora-Conicyt de la Región del Bío Bío, para reforzar conocimientos sobre la formulación de proyectos de investigación escolar, enfocados en el campo de estudio de la próxima Feria Antártica Escolar (FAE): "Antártica y Evolución, descubriendo el lenguaje secreto de la vida". El taller, desarrollado en Concepción, es una iniciativa piloto que se extrapolará a otras regiones del país, siempre en conjunto con las coordinaciones regionales de Explora-Conicyt. La jornada contempló un taller de metodología de



la investigación, dirigido por el Dr. José Martínez Oyanedel, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Concepción, quien además fue el director del Proyecto EXPLORA "Pasantías de Investigación Científica Escolar", desarrollado durante el 2008.

La FAE es el principal programa de Valoración y Divulgación antártica del país, dirigido a estudiantes de educación media, que incentiva la realización de proyectos científicos escolares. Este evento es organizado por el INACH y la Fuerza Aérea de Chile, y es patrocinado por Explora-Conicyt. La VI FAE se realizará entre el 22 y 25 de octubre. Fecha cierre de postulaciones: 10 de septiembre. Más información en [www.inach.gob.cl](http://www.inach.gob.cl).

## Muestra filatélica antártica en la Cancillería

En dependencias del Ministerio de Relaciones Exteriores se llevó a cabo en marzo la presentación de la "ExpoAntártica Chile 2009", organizada por la Sociedad Filatélica de Chile. La actividad se enmarcó dentro de las celebraciones de los 50 años del Tratado Antártico. En la oportunidad estuvieron presentes el Subsecretario de Relaciones Exteriores Alberto Van Klaveren, el gerente general (s) de CorreosChile, Juan Carlos Veloso, el presidente de la Sociedad Filatélica de Chile, Thomas Kannegiesser y el Director de Medio Ambiente, Antártica y Asuntos Marítimos de la Cancillería, Fernando Danús. Además durante esta muestra también se realizó el tradicional proceso de matasellado (ExpoAntártica Chile 2009).



## INACH promueve la formación de capital humano

El INACH ha acogido a varios estudiantes de carreras científicas de la región y del país, para que realicen sus prácticas o pasantías potenciando de esta manera el capital humano para Magallanes y de Chile. Durante el año 2009, el INACH contó con 5 estudiantes efectuando sus prácticas de posgrado y pregrado. Entre los jóvenes magallánicos, podemos nombrar a Héctor Mansilla y a Judith Pardo los que se encuentran trabajando en el proyecto "Ictiosaurios del Jurásico tardío/Cretácico temprano en el Parque Nacional Torres del Paine".

Marcelo González, jefe del Departamento Científico del INACH, relata que para el Instituto es muy importante contar con estos jóvenes, aunque estén en un proceso de formación ellos colaboran en tareas propias del servicio, apoyando el trabajo de laboratorio o procesamiento de datos. "Lo relevante es que este año hemos tenido 5 estudiantes en práctica. Dos pertenecientes a la Universidad de Magallanes, dos de universidades de la Región de Valparaíso y una estudiante proveniente de Alemania."



## Concluyó XLV Expedición Científica Antártica



La XLV Expedición Científica Antártica (ECA) comenzó el 8 de noviembre con el proyecto trinacional glaciológico "Clima de Antártica y Sudamérica, CASA", de Chile, Brasil y Estados Unidos y en el que Chile es representado por el Dr. Ricardo Jaña (INACH), y concluyó el día 8 de marzo con dos proyectos en terreno: uno que dirige Emma Newcombe (Cequa, "Estructura de comunidades bentónicas en arrecifes rocosos antárticos") y otro de Angélica Casanova (Universidad de Concepción, "Respuestas ecofisiológicas de la flora antártica bajo un escenario de calentamiento global").

La XLV ECA implicó el traslado desde y hacia el Continente Blanco de aproximadamente 100 personas. Fue una veintena de proyectos en terreno, de los cuales 60 eran científicos y el resto correspondió a personal logístico e invitados.

Cabe señalar que la actividad 2008-2009 se diferenció de otras expediciones en un aspecto fundamental: la cooperación internacional. Se contó con un mayor apoyo de Brasil, ya que esta nación ha apoyado en forma creciente el traslado de personas hacia el Continente Blanco. Otra novedad fue el flete conjunto con España de vuelos a la Antártica. Esto representa la cooperación internacional que promueve el INACH y que, sin duda, es fundamental para el crecimiento científico y logístico de las futuras expediciones.

## Ministro de Relaciones Exteriores (s) visitó INACH en Punta Arenas

Para conocer los avances de la ciencia antártica, el Ministro de Relaciones Exteriores (s) Alberto van Klaveren visitó en febrero el INACH en compañía del Director del programa InnovaChile de la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo), Claudio Maggi, y la Directora de la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado (Difrol), María Teresa Infante.

En la ocasión, tuvo la oportunidad de reunirse con el Director Nacional del INACH, Dr. José Retamales, y ver las



distintas presentaciones que realizaron investigadores y científicos del INACH. De igual modo, el Canciller (S) visitó el Laboratorio de Biorrecursos Antárticos, que cuenta con modernas salas e instrumental, financiados a través del proyecto "Antártica: fuente de recursos biológicos" (Programa Innova-Corfo).

El Canciller (S) también se reunió con el Intendente de Magallanes, Mario Maturana, analizando la importancia y el estado de avance del proyecto de Museo Antártico, que el Ministerio de Relaciones Exteriores espera concretar en Punta Arenas, bajo el liderazgo del INACH. Para la Cancillería y la Intendencia de Magallanes, se trata de una iniciativa de vasto alcance, que debe constituir un incentivo para el desarrollo científico en la región austral y, que además simbolice el compromiso del país y su apertura al conocimiento a través de un centro que interactúe con los mejores museos científicos del mundo.

Asimismo, en esta visita, se analizaron los lineamientos generales de la futura presentación chilena ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental y su relación con el Territorio Antártico Chileno, entre otras áreas.

## Primer Laboratorio Antártico de Biología Molecular

El INACH inauguró en febrero el primer laboratorio chileno de microbiología, bioquímica y biología molecular en la Antártica, en la base Escudero, dando así un importante paso para desarrollar nuevas líneas de investigación en Chile. Además, esta plataforma tecnológica permanente permitirá potenciar aun más la colaboración internacional.

En la ocasión, el Director Nacional del INACH, Dr. José Retamales, destacó que con este nuevo equipamiento se está dando inicio a una nueva era para la ciencia antártica nacional, al fortalecer la única base científica chilena, que durante 14 años ha servido de plataforma de trabajo para científicos de universidades, centros de estudios, organismos públicos y empresas privadas nacionales.

Las instalaciones inauguradas, justamente, serán parte de una red de cuatro laboratorios ubicados en la Antártica (1), Punta Arenas (1) y Santiago (2). La inversión total en la implementación de los laboratorios es del orden de los 230 millones de pesos, de los cuales 24 millones corresponden al laboratorio antártico. En este proyecto participan el INACH, la Fundación Biociencia, Swissaustral Chile Ltda. y VitroGen S.A. Este laboratorio permitirá el estudio de muestras en la misma Antártica, dando un mayor valor científico a su análisis in situ. Así, Chile se suma a la tendencia internacional en esta materia, en la península Fildes.

## UMAG fomenta crédito cultural antártico y proyecto "Hielo, un nuevo patrimonio"

La Universidad de Magallanes (UMAG) está desarrollando dos interesantes iniciativas que estimulan exitosamente el interés de los alumnos por las actividades polares. Se trata del Crédito Cultural Antártico, curso electivo de pregrado que ya va en su segunda versión concitando una amplia participación de alumnos de diferentes carreras (técnicos de diferentes especialidades, ingenierías, pedagogías, etc.), quienes exploran un campo que podría ser estratégico para sus intereses profesionales futuros. La segunda iniciativa corresponde a "Hielo, un nuevo Patrimonio", proyecto de recopilación de material escrito y audiovisual que consistirá en concentrar en un manual las propiedades y características del hielo que conforman diversos ambientes tanto en montañas, campos de hielo como en territorios polares. Esta iniciativa es dirigida por el Dr. Pedro Cid Agüero y ejecutada por el profesor Alfredo Soto Ortega, ambos de la Dirección de Programas Antárticos y Subantárticos de la UMAG.





## Regreso a base O'Higgins 30 años después

El General Bosco Pesse Quape, Comandante en Jefe de la II División de Ejército, regresó nuevamente, a la base "CGL. Bernardo O'Higgins R." el pasado 18 de enero, luego de 30 años de que en el mismo lugar se desempeñara en esa oportunidad como oficial de meteorología. Pesse realizó un completo recorrido por las dependencias, conociendo las diferentes actividades operativas y científicas que se realizan en la actualidad. Durante su estadía, entregó un afectuoso saludo de parte del Comandante en Jefe del Ejército, recordando y compartiendo con nostalgia sus vivencias con todo el personal de la base y enorgulleciéndose del personal que ha mantenido funcionando en forma ininterrumpida desde 1948 la base O'Higgins en el continente antártico.

## INACH promueve incorporación de la ciencia al turismo regional

El Director del INACH José Retamales presentó a empresarios y representantes turísticos los principales proyectos que impulsa la institución, entre ellos el Centro Interactivo Antártico, para integrar la ciencia y la Antártica al desarrollo de este sector en Magallanes (19 de junio).

Retamales expuso el tema "Ciencia y Antártica: un valor agregado para el turismo regional", en el marco de las actividades impulsadas por el Cluster de Turismo de Naturaleza y Aventura, una iniciativa del Programa de Mejoramiento de la Competitividad (PMC). Junto con el Centro Interactivo, abordó la iniciativa desarrollada con Sernatur Regional y ENAP para crear un circuito de sitios de interés geológico (geositios) en Magallanes y el "Circuito Histórico Antártico", con 12 hitos urbanos que conmemoran la relación histórica de Punta Arenas con la Antártica.

El PMC es una iniciativa llevada a cabo en el marco de la Agencia Regional de Desarrollo Productivo (ARDP) de Magallanes y Antártica Chilena.

## Científicos del INACH asisten a taller y seminario sobre organismos extremófilos

Los investigadores del INACH Dr. Marcelo González e Ing. Carla Gimpel asistieron en marzo al taller "Extremophiles and Culture Collections" (Extremófilos y colecciones de microorganismos), en la Universidad de Santiago, organizado por la Fundación Biociencia y el Programa de Doctorado en Biotecnología, como una de las actividades del proyecto CORFO Innova "Antártica: Fuente de recursos biológicos para la biotecnología nacional". El taller fue dictado por el Dr. Juergen Wiegel, reconocido científico a nivel mundial con amplia trayectoria en Microbiología, Bioquímica y Enzimología y Profesor Distinguido del Departamento de Microbiología de la Universidad de Georgia de EE.UU. Adicionalmente, Wiegel dictó el seminario "The polyextremophile *Natranaerobius thermophilus*, a novel group of microorganisms".

El taller entregó los conocimientos necesarios para manejar el cultivo de microorganismos extremófilos y entender la bioquímica que los gobierna. Adicionalmente se discutió el modo en que se establece una colección de microorganismos.

El proyecto "Antártica: Fuente de recursos biológicos" lleva un año de ejecución y se han obtenido varios cultivos de microorganismos con interesantes propiedades de potencial interés biotecnológico.



## Serie de láminas sobre la Antártica llega a hogares magallánicos

En junio se comenzó a distribuir en forma gratuita junto al diario puntarenense La Prensa Austral, la "Serie Antártica" formada por 18 láminas a todo color que forman parte del archivo digital que posee el INACH, conformado por más de 5 mil imágenes, que retratan la historia de los 45 años que lleva esta institución impulsando la ciencia antártica nacional. Se trata de un esfuerzo conjunto entre este medio regional y el INACH para acercar el Continente Blanco a la comunidad magallánica. Las láminas ilustran la flora, fauna y paisaje antárticos, además de diversos temas que para la ciencia moderna son de gran importancia, tales como el cambio climático global, la vida en el fondo del mar, el estudio de ciertas especies que viven en ambientes extremos y la presencia de nuestro país en ese continente.



The project, "Biogeochemical cycles of iron and sulfur in Antarctica," directed by Bernhard Dold, represents the use of molecular ecology techniques to study the microbial diversity associated with the oxidation of sulfides in the Antarctic climate. In this way it will be possible to obtain information about the mobility of these elements and of their life cycle from source to discharge. Sulfide oxidation in cold climates has been studied very little. During the 45th Chilean Antarctic Expedition there were the first demonstrations to describe this particular acidic water (pH 3-4.8) in Antarctica. Knowledge of this sulfide oxidation in extremely cold climates and the associated biogeochemical interactions will be of considerable utility for applications in mining operations, such as those located in the high Andes (biomining).



Researchers from the Center of Scientific Studies (Centro de Estudios Científicos, CECS) have written three interesting glaciology articles for this edition. All are dedicated to the memory of the geodesist Jens Wendt, who died in an accident in early 2009. The first paper concerns the phenomena that arouse the attention of the scientific community: the existence of subglacial lakes, complex systems of non-frozen water detected under the thick layer of polar ice. Francisca Bown relates the exploration that the CECS performed in the 2007-2008 season in the interior of eastern Antarctica, involving terrestrial travel of more than 1500 miles (2400 km) and the study of the subglacial lake known as Recovery D (85° S/21° E), of which very few studies are available. The accumulation of snow was measured in a series of stakes installed in 2004. Ice thickness and internal stratigraphy of the snow were measured by various radar systems. Topographic and ice motion data were also obtained through GPS technology. Cores were taken of snow and firn snow known as "neviza" to analyze the climatic variations in the region.



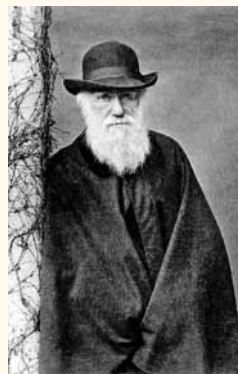
CECS carried out a study of the Fleming glacier, one of the most important in the region southwest of the Antarctica peninsula, on the Wordie shelf where Jens Wendt had been working. This second campaign to the Fleming glacier began in November of 2008 and extended for five weeks. During that time nearly 300 days of meteorological data were captured along with 75 days of GPS surveys and reinstallation of the sensors, this time with a total height 6.5 meters (21 feet).

Finally, Andrés Rivera supplies background on a new long-range Chilean survey in Antarctica, from Patriot Hills (80°18'S, 81°22'W) to the Union glacier (79°45'S, 83°12'W), in the Ellsworth Hills, which CECS carried out in December of 2008. Very little study has been done on this glacier, although it feeds the Ronne ice shelf. The objective of the mission was to determine the glaciological baseline for the Union glacier, its surface

and subglacial topography, and to conduct measurements of a system of stakes installed in 2007, which will help define its current flow dynamics. In this respect, it has been determined that there is a subglacial topography characterized by a deep trench that connects the Union glacier with this ice stream. Also, a maximum ice thickness of 2200 meters (7200 feet) was observed in the Horseshoe Valley, with an average ice thickness of about 1600 meters (5200 feet) for the Union glacier.



### A DARWIN SPECIAL



In a previous edition (Volume 25, Number 2) we had included in the Bulletin the translation of some relatively unknown writings of Darwin on glacial erratics, and this is now an area of interest in Antarctica. In celebration of the 200th anniversary of the birth of Darwin and the 150th anniversary of the publication of "Origin of the Species," we dedicate a series of articles to Darwin's work and the influence it has had upon Antarctic studies.

Although Darwin never reached Antarctica, he reflected on what was known at the time about the continent. He speculated on glaciation and on the expansion of the ice from the poles along with the influence this may have had in the distribution of organisms on Earth. He also proposed for the first time that during the glacial eras "refuges" had existed for life in the south of Chile, and he considered that Antarctica was a sort of biogeographic bridge. Also in this article, Marcelo Leppe covers those questions that bothered Darwin, questions which may soon be answered thanks to research in Antarctica.

While covering the natural selection theory developed by Darwin and A. Wallace, Jenny Blamey, principal researcher of the project "Antarctica: Source of Biological Resources for National Biotechnology," picks up some questions that concerned Darwin and that have only recently been answered. Remote-region ecosystems, as in the case of Antarctica, may offer hints to understand how life originated and evolved. The isolation combined with climatic change in Antarctica resulted in a rich biota in endemic species and strong contrasts among marine and terrestrial biotas. Current evolutionary studies attempt to explain the reasons behind these significant differences. Important information about the evolutionary history of Antarctic biota is being acquired by means of modern molecular technologies, to distinguish the relationship between biological changes, and climatic or tectonic events. The recent results based on molecular and biochemical studies reveal the presence of long-hidden species, suggesting a reserve of diversity not previously known.

Ingrid Hebel details the principles of Darwin's theory, the processes implied in the evolution of the species, as well as

the forces that make it possible (mutation, genetic derivation, migration, and natural selection). She pauses over effects of the environment on the evolution of the living things, and how epigenetics helps to explain phenomena that are not governed by Mendel's Laws. In fact, studies of environmental factors including diet, stress, and maternal nutrition show how genetic function may be changed without altering DNA sequences.

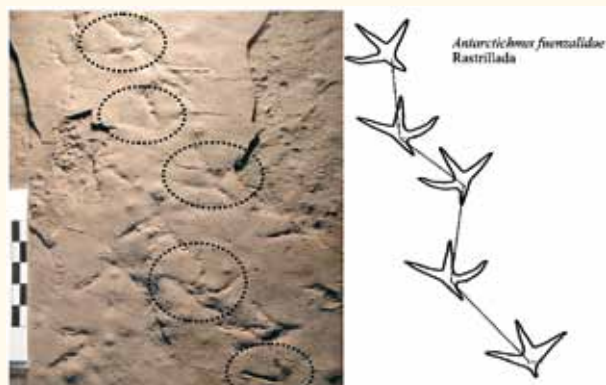
A group of marine microalgae called "Benthic Diatoms" from Antarctica is being explored. They live in the sea bottom, attached



to the rocks and sediments, and do photosynthesis with very low levels of light, when covered by sea ice, and during the long Antarctic night. The project "Identification of Biomarkers Relating to Fluctuations of Ice Coverage for Benthic Diatoms in the Antarctic Peninsula" seeks

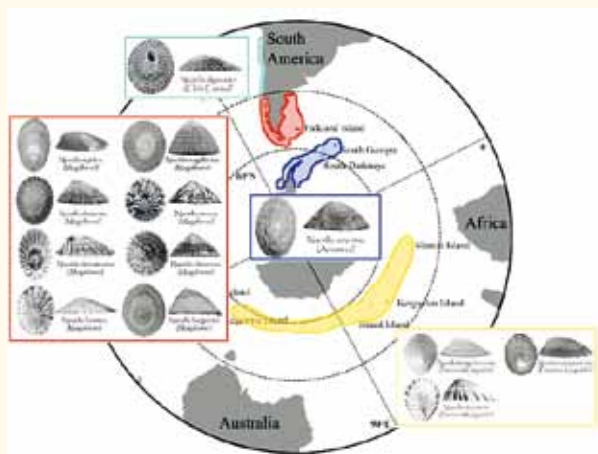
for explanations for physiological and molecular characteristics that determine the adaptation of these diatoms in the polar coastal area. The objective is to look for biological markers to follow up, and to establish the possible relation with the ice coverage fluctuations in the near future. Dr. Paulina Uribe describes this project and establishes a bridge with the ideas and circumstances of Darwin and the voyage in the Beagle.

Héctor Mansilla describes the terrestrial study campaign in the Fildes peninsula, on King George Island, for the FONDECYT project "Antarctic paleophytogeography," where there were splendid impressions of vertebrate feet. The fossils of birds are very scarce, due to the delicate and fragile nature of their bones. It is even more difficult to find fossils that provide information about their habits, movements, and behavior, information that



can however be inferred through so-called "trace fossils" known as ichnofossils. The site of these discoveries is in the south of King George Island, in the sedimentary outcroppings at Fossil Hill, tentatively determined to be from the Eocene (55 to 33 million years ago) during the time in which birds dominated the earth. A preliminary analysis shows that these "trace fossil" impressions were left in shallow bodies of water (banks of lakes or rivers), where there were abundant invertebrates, possibly prey for these birds.

The evolution of the bottom-living (benthic) marine fauna in the Southern Ocean is closely related to the extreme climatic and oceanographic changes that took place in this region during



the last 55 million years. In this ocean, groups of benthic marine invertebrates exist with very high degrees of morphological and ecological diversity, similar to those observed by Darwin in the well-known Galapagos Finches (*Geospizinae*). Claudio González and Elie Poulin describe the work of two projects that evaluate the macro- and micro-evolutionary processes involved in the origin and diversification of these unusual fauna which exhibit contrasting developmental characteristics. Molecular analyses suggest a more recent origin of one of the studied genus, *Nacella* (limpets) than that expected under the speciation hypothesis, due to continental separation (25 million years ago). This finding would indicate that the current species of this genus would have an approximate origin around the middle of the Miocene (14 million years ago).

## Lista de publicaciones ISI chilenas en ciencia antártica, año 2008

	Autores	Título	Revista	Afiliación	Área científica (según clasificación SCAR)
1.	Acevedo, J; Aguayo-Lobo, A; Torres, D	Fetus presentation and time taken for parturition in Antarctic fur seal, <i>Arctocephalus gazella</i> , at Cape Shirreff, Antarctica	POLAR BIOLOGY, 31 (9): 1137-1141 AUG 2008	Instituto Antártico Chileno y Fundación Centro de Estudios del Cuaternario de Fuego-Patagonia y Antártica (CEQUA)	Ciencias de la Vida
2.	Acevedo, JP; Reyes, F; Parra, LP; et al.	Cloning of complete genes for novel hydrolytic enzymes from Antarctic sea water bacteria by use of an improved genome walking technique	JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY, 133 (3): 277-286 FEB 1 2008	Universidad de Chile	Ciencias de la Vida
3.	Aldea, C; Olabarría, C; Troncoso, JS	Bathymetric zonation and diversity gradient of gastropods and bivalves in West Antarctica from the South Shetland Islands to the Bellingshausen Sea	DEEP-SEA RESEARCH PART I-OCEANOGRAPHIC RESEARCH PAPERS, 55 (3): 350-368 MAR 2008	Fundación Centro de Estudios del Cuaternario de Fuego-Patagonia y Antártica (CEQUA)	Ciencias de la Vida
4.	Ashford, JR; Jones, CM; Hofmann, EE; Moreno C; et al.	Otolith chemistry indicates population structuring by the Antarctic Circumpolar Current	CANADIAN JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES, 65 (2): 135-146 FEB 2008	Universidad Austral de Chile	Ciencias de la Vida
5.	Barrientos-Díaz, L; Gidekel, M; Gutiérrez-Moraga, A	Characterization of rhizospheric bacteria isolated from <i>Deschampsia antarctica</i> Desv.	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY, 24 (10): 2289-2296 OCT 2008	Universidad del Bío-Bío y Universidad de La Frontera	Ciencias de la Vida
6.	Cornejo-Donoso, J; Antezana, T	Preliminary trophic model of the Antarctic Peninsula Ecosystem (Sub-area CCAMLR 48.1)	ECOLOGICAL MODELLING, 218 (1-2): 1-17 OCT 24 2008	Universidad Austral de Chile y Universidad de Concepción	Ciencias de la Vida
7.	Fredes, F; Díaz, A; Raffo, E; et al.	Cryptosporidium spp. oocysts detected using acid-fast stain in faeces of gentoo penguins ( <i>Pygoscelis papua</i> ) in Antarctica	ANTARCTIC SCIENCE, 20 (5): 495-496 OCT 2008	Universidad de Chile	Ciencias de la Vida
8.	Hughes, RN; Gómez, A; Wright, PJ; Moyano H; Cancino J; et al.	Molecular phylogeny supports division of the 'cosmopolitan' taxon Celleporella (Bryozoa; Cheilostomata) into four major clades	MOLECULAR PHYLOGENETICS AND EVOLUTION, 46 (1): 369-374 JAN 2008	Universidad de Concepción y Universidad Católica de la Santísima Concepción	Ciencias de la Vida
9.	Parra, LP; Reyes, F; Acevedo, JP; et al.	Cloning and fusion expression of a cold-active lipase from marine Antarctic origin	ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY, 42 (4): 371-377 MAR 4 2008	Universidad de Chile	Ciencias de la Vida
10.	Rogers, DC; De los Ríos, P; Zúñiga, O	Fairy shrimp (Branchiopoda: Anostraca) of Chile	JOURNAL OF CRUSTACEAN BIOLOGY, 28 (3): 543-550 AUG 2008	Universidad Católica de Temuco y Universidad de Antofagasta	Ciencias de la Vida
11.	Troncoso, JS; Aldea, C	Macrobenthic mollusc assemblages and diversity in the West Antarctica from the South Shetland Islands to the Bellingshausen Sea	POLAR BIOLOGY, 31 (10): 1253-1265 SEP 2008	Fundación Centro de Estudios del Cuaternario de Fuego-Patagonia y Antártica (CEQUA)	Ciencias de la Vida
12.	Aiken, CM; England, MH	Sensitivity of the present-day climate to freshwater forcing associated with Antarctic sea ice loss	JOURNAL OF CLIMATE, 21 (15): 3936-3946 AUG 1 2008	Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia	Ciencias Físicas
13.	Casiccia, C; Zamorano, F; Hernández, A	Erythemal irradiance at the Magellan's region and Antarctic ozone hole 1999-2005	ATMOSFERA, 21 (1): 1-12 JAN 1 2008	Universidad de Magallanes	Ciencias Físicas
14.	Flores, PA; Foppiano, AJ	Inter-decadal variability of Sporadic-E layer at Argentine Islands, Antarctica?	GEOFISICA INTERNACIONAL, 47 (3): 173-177 JUL-SEP 2008	Universidad del Bío-Bío y Universidad de Concepción	Ciencias Físicas
15.	Richter, A; Popov, SV; Dietrich, R; Wendt, J; et al.	Observational evidence on the stability of the hydro-glaciological regime of subglacial Lake Vostok	GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 35 (11): Art. No. L11502 JUN 5 2008	Centro de Estudios Científicos	Ciencias Físicas
16.	Rignot, E; Bamber, JL; Van Den Broeke, MR; et al.	Recent Antarctic ice mass loss from radar interferometry and regional climate modelling	NATURE GEOSCIENCE, 1 (2): 106-110 FEB 2008	Centro de Estudios Científicos	Ciencias Físicas
17.	Rosenzweig, C; Karoly, D; Vicarelli, M; Casassa, G; et al.	Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change	NATURE, 453 (7193): 353-U20 MAY 15 2008	Centro de Estudios Científicos	Ciencias Físicas
18.	Solari, MA; Hervé, F; Martinod, J; et al.	Geotectonic evolution of the Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: insights from analogue models	ANTARCTIC SCIENCE, 20 (2): 185-196 APR 2008	Universidad de Chile	Geociencias
19.	Moore, JK	Particular generalisation: the Antarctic Treaty of 1959 in relation to the anti-nuclear movement	POLAR RECORD, 44 (229): 115-125 APR 2008	Centro de Estudios Hemisféricos y Polares	Otras (Historia)
20.	Moore, JK; León, C	The frozen continent: an Antarctic play	POLAR RECORD, 44 (230): 277-280 JUL 2008	Centro de Estudios Hemisféricos y Polares	Otras (Historia)



Juan Carlos Alegría

Dibujante y serigrafista autodidacta. Ha participado en numerosas exposiciones nacionales e internacionales dedicadas al cómic y ha editado varias revistas pertenecientes a este género.

*Designer and self-taught serigraph artist. He has participated in several national and international exhibitions dedicated to comic strips, and has published several magazines belonging to this genre.*

**PORTADA / COVER**

Ilustración en serigrafía, tinta y acrílico. Una imagen fantástica: Darwin viajando al continente que nunca visitó, "abordo" de un iceberg que contiene un bloque errático. Lo esperan en el pasado antártico dos especies que habitaron el continente.

*Serigraph with ink and acrylics. A fantastic image: Darwin traveling to the continent that he never visited, "on" an iceberg that has an erratic boulder in it. Two species that inhabited the Antarctic continent in the past wait for him.*

"Dibujar a Darwin en los extremos y en los límites fríos de estas soledades patagónicas absolutas, es también conocer la impronta de un explorador que se conmueve con este paisaje y que busca desentrañarlo como un observador que ve más allá de las formas. Dibujar y pintar a Darwin en viaje a esa aventura posible de circunnavegar la Antártica es recordar la actitud del naturalista y buscador que da el salto al témpano en algún tiempo del Continente Blanco."

*"To draw Darwin in the extreme and cold outer boundaries of these solitary Patagonian lands, is to understand the impressions of an explorer who was inwardly moved by these landscapes, trying to make some sense of them as an observer seeing more than the mere forms on the land. To draw and paint Darwin, who was on that great adventure involving a possible circumnavigation of Antarctica, is to recall the attitude of the naturalist and seeker who at one time jumped onto an iceberg on the White Continent."*

JUAN CARLOS ALEGRÍA  
 Contacto: pinguinmutante@gmail.com



El Dr. Jens Wendt (Especializado en Geodesia, Universidad Tecnológica de Dresden, TUD) se radicó en Chile en el año 2004 para integrarse al Centro de Estudios Científicos (CECS) de Valdivia. Un año después se une su esposa Anja, también geodesta de la TUD, con quien rápidamente forja en el sur de Chile una linda historia familiar y profesional alejados de su natal Alemania. En Chile nació su primera y única hija, Lea. Disfrutaban de la naturaleza, viajaban, tomaban clases de

equitación y hacían nuevas y grandes amistades. Desde que Jens llegó a Valdivia, participó activamente de las expediciones glaciológicas del CECS: a los volcanes en el sur de Chile, a los Campos de Hielo Patagónicos y especialmente a la Antártica, caracterizándose en el laboratorio y en terreno por su arduo trabajo, sagacidad y tenaz personalidad. La noticia de su trágica muerte el día 6 de abril de 2009 golpeó fuerte a todos quienes lo conocimos. Luego de un exitoso sobrevuelo a los Nevados de Chillán operando el sistema de altimetría láser que él mismo diseñó, la avioneta Piper Seneca II en que se trasladaba cayó a tierra en el sector costero de Valdivia. Pese a su gran fortaleza física y los esfuerzos realizados, no fue posible salvarlo. Jens murió haciendo lo que mejor hacía. Los datos topográficos que registró en ésta, su última misión, pudieron ser recuperados de entre los restos del fuselaje del avión y hoy son su legado más inmediato. Sin duda que la partida de Jens deja un vacío enorme entre sus colegas y amigos en Chile y todo el mundo.

EL BOLETÍN ANTÁRTICO CHILENO UTILIZA LAS TIPOGRAFÍAS TCL 355 (TÍTULOS) Y DIGNA (TEXTO), CREADAS POR LOS DISEÑADORES CHILENOS TONO ROJAS Y RODRIGO RAMÍREZ, RESPECTIVAMENTE.

THE CHILEAN ANTARCTIC BULLETIN USES FONTS TCL 355 (TITLES) AND DIGNA (TEXT), CREATED BY CHILEAN DESIGNERS TONO ROJAS AND RODRIGO RAMÍREZ RESPECTIVELY.



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES  
INSTITUTO ANTÁRTICO CHILENO

REVISTA DE LA CIENCIA ANTÁRTICA CHILENA



[www.inach.cl](http://www.inach.cl)