



BACH

BOLETÍN ANTÁRTICO CHILENO | VOL.36 | Nº2 | 2017

Especial
Flora
p.16
Antártica

Fernando Milagros en Antártica

**Exitoso IX Congreso Latinoamericano
de Ciencia Antártica**

*Estudian riesgos por deficiencia
de vitamina D en Patagonia y Antártica*

— **Entrevista a nuevo director de
INACH, Dr. Marcelo Leppe**

Boletín Antártico Chileno

Volumen 36, número 2

Director y representante legal

Marcelo Leppe

Editor

Reiner Canales

rcanales@inach.cl

Consejo Editorial

Marcelo Leppe

Edgardo Vega

Marcelo González

Paulina Rojas

Elías Barticevic

Asesores Científicos

Rómulo Oses

Aníbal Pauchard

Pamela Santibáñez

Dirección de Arte

Pablo Ruiz, INACH

Luis Rojas, Negro Editores

Fotografía

Pablo Ruiz

René Quinán

Harry Díaz

Diseño y diagramación

www.negro.cl

Impresión

Ograma Impresores

Dirección

Instituto Antártico Chileno


Plaza Muñoz Gamero 1055


Punta Arenas - Chile

Fono: 56-61-2298100

Fax: 56-61-2298149

inach@inach.cl

 inach.gob/

 @inach_gob

Esta revista es analizada y difundida a nivel internacional por:

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

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

La reproducción total o parcial del contenido de la revista está autorizada mencionando la fuente.

Publicación semestral con un tiraje de 1.000 ejemplares, de distribución gratuita.

Foto Portada:

Refugio Collins (INACH), a los pies del glaciar homónimo, en isla Rey Jorge. Aquí se realizan varios estudios de flora, especialmente del pasto antártico.

Foto de René Quinán.

Contenidos

01 Editorial

02 Kimmoa

04 Arte, Cultura y Ciudadanía

06 Panorama Internacional

08 Educación

10 Política Antártica Nacional

13 Ciencia

14 Avances de la ciencia antártica

16 Especial Flora Antártica

17 Investigación de la flora antártica

18 Nuevos hallazgos de polen y semillas de plantas no-nativas en isla Rey Jorge

20 Al límite de la vida: conociendo los líquenes del glaciar Unión

22 Líquenes antárticos: ¿Una esperanza en la lucha contra bacterias multirresistentes?

24 Líquenes, Antártica y alzhéimer

26 Planta antártica soporta la salinidad extrema formando espinas en sus hojas

28 Búsqueda de proteínas anticongelantes en el pasto antártico. Una alternativa biotecnológica

30 Estudios glaciológicos recientes en el interior de Antártica occidental: descubrimiento del «Lago Subglacial CECs»

34 Vivir en altas latitudes: estudian riesgos por deficiencia de vitamina D en Patagonia y Antártica

36 Entrevista

Dr. Marcelo Leppe, Director INACH



Editorial

Dr. Marcelo Leppe
 Director Nacional
 Instituto Antártico Chileno

Ya en el siglo IV a. C., Aristóteles imaginó un continente austral, en busca de un contrapeso con los continentes del *Arktikos*, este último ubicado bajo las constelaciones de las Osas Mayor y Menor. Bautizó a ese continente *Antarktikos*, usando el prefijo *An-* como lo opuesto al *Arktikos*. En el 43 d. C., el geógrafo latino Pomponio Mela estimó la existencia de un continente en el sur, *Antipodi*, habitado por los antictioni. Un siglo más tarde, Ptolomeo sentenció desde Alejandría que este continente austral efectivamente existía y le denominó *Terra Australis Incognita*, que describió como una tierra cercenada del resto del mundo por el fuego y rodeada por terribles engendros.

Más de mil años después, presuntas exploraciones de Piri Reis, almirante otomano, y Zheng He, épico navegante chino, habrían devenido en mapas y cartas con una temprana presencia de un verde continente austral.

Incursiones de Dirick Gherritz (1599) y la seguidilla de expediciones de Cook (1773), Smith (1819), Bellingshausen (1820), MacFarlane (1820), Weddell (1823), Dumont d'Urville (1838), entre muchas otras, inauguran la época heroica de la exploración antártica.

Si bien todas estas expediciones tuvieron un enorme impacto en el desarrollo de la exploración polar y en el diseño de nuevas tecnologías para su estudio, no fue hasta la expedición de James Clark Ross (1839-1843) que se logró penetrar el *pack ice* y junto con describir nueva toponimia para estas tierras inexploradas, produjo una inmensa colección geológica, paleontológica, zoológica y botánica. No por casualidad Ross contaba entre su tripulación con uno de los más connotados botánicos de la historia: Joseph Dalton Hooker, un veinteañero naturalista que plasmó en una serie de libros entre 1844 y 1845 su inmenso aporte al conocimiento de la flora vascular y criptogámica antártica (*Flora Antarctica: the botany of the Antarctic voyage, 1844; The cryptogamic botany of the Antarctic voyage, 1845; The botany of the Antarctic voyage of H. M. discovery ships Erebus and Terror in the years 1839-1843, 1845*).

Nuestro conocimiento actual de la flora antártica refleja la pugna incesante entre un entorno que todo lo doblega y la infranqueable voluntad de investigadores por aportar con una respuesta al océano de preguntas científicas que la botánica antártica aún atesora. Chile ha destacado desde hace décadas en el concierto nacional e internacional, gracias al incesante trabajo de pioneros como Jorge Redón y Wanda Quilhot (flora criptogámica), Juan Garbarino (fitoquímica), Luis Corcuera y Miren Alberdi (fisiología vegetal), Teresa Torres (paleobotánica), Sylvia Palma-Heldt (paleobotánica) y muchos más que han dejado sólidas escuelas que hoy muestran sus frutos en el Programa Nacional de Ciencia Antártica y en este volumen especial del BACH.

Hoy la botánica antártica nacional busca comprender la naturaleza de la compleja distribución de la flora, su historia natural, el mecanismo de sus procesos, su susceptibilidad al mundo cambiante y las claves de su biología que pueden solucionar problemas prácticos de los tiempos modernos.

No es cliché cuando afirmamos que en Antártica están los fósiles que explican la génesis de los bosques templados y las potenciales curas para enfermedades del siglo XXI.

Muchas veces colaboré con el BACH como investigador. Estoy convencido de la necesidad de una divulgación científica que, sin sacrificar la calidad de su información, se acerque amigablemente al lector común. Por ello, para mí es un honor contribuir en esta tarea ahora desde mi rol de director del INACH. El BACH llega a los 37 años de existencia con un renovado diseño y un nuevo enfoque de sus contenidos, que esperamos sea de su disfrute y provecho.

Síguenos en  inach.gob/  @inach_gob

Kimmo

Cuenta una leyenda yagán, tal como se ha relatado de generación en generación, que al norte de la isla Navarino tres jóvenes se disputaron el amor de una bella mujer y terminaron convertidos en aves australes tras la lucha por la hermosa joven. Uno de ellos terminó en Alukus (pato que no volador); otro de los jóvenes finalizó como Yo'kalia (tiuque), no obstante, el más trabajador de ellos se convirtió en Kimmoa (caiquén).

Relata la historia ancestral que hoy en día Kimmoa permanece observando siempre todo a su alrededor.



Arte, Cultura y Ciudadanía

Panorama Internacional

Educación

Política Antártica Nacional

Ciencia

moa

Proyecto Antartikanos impulsa artesanía y charlas TEDx con sello polar

Catorce expositores destacados en sus distintas disciplinas dieron vida el 30 y 31 de agosto al evento TEDx Punta Arenas. Las conferencias se efectuaron en dos jornadas en el Centro Cultural de Punta Arenas, las que contaron con un excelente marco de público, el cual pudo disfrutar de entretenidas y novedosas ideas, que eran merecedoras de ser compartidas. La producción de estas charlas estuvo a cargo de INNCREA y pueden ser vistas en YouTube (TEDxPuntaArenas).

En la misma ocasión se exhibieron los objetos con identidad antártica confeccionados por 38 artesanos partícipes del proyecto Antartikanos! (www.antartikanos.com), implementado por el INACH y la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica, con el financiamiento de Corfo-Magallanes. La ciudadanía asistente votó por los mejores productos, resultando ganador el artesano Christian Zerega por sus pirograbados en lenga, denominados “Huellas Antárticas”. Su creador fue parte de una expedición científica a la Antártica como premio.

www.inach.cl/inach/?p=22288

www.inach.cl/inach/?p=22297



Fernando Milagros, el músico chileno que se emocionó con la Antártica – 23 dic.

Luego de su participación en la Gala Antártica, el músico Fernando Milagros recibió una invitación especial para formar parte de la Expedición Antártica Escolar (EAE 2017), la que cada año premia a los estudiantes y profesores ganadores de la Feria Antártica Escolar con un viaje a la isla Rey Jorge. Milagros permaneció por casi cinco días en el Continente Blanco recorriendo los recovecos de la bahía Fildes, con su guitarra al hombro y la emoción de tocar en un sitio clave para la ciencia antártica internacional. “Es muy emocionante estar en un lugar tan extremo en el mundo. También es muy emocionante tocar en la base rusa, la estación coreana y en la base chilena del INACH. A pesar de todas las diferencias, etnias, rangos, ocupación, creencias religiosas o políticas, es súper lindo darse cuenta de que existe algo que une a todas estas personas, es como un espíritu de búsqueda, de exploración”, dijo una vez finalizado el viaje.

www.inach.cl/inach/?p=22742

Exposición “Fósiles de la Patagonia y Antártica”

Con gran marco de público se efectuó la inauguración de la exposición “Fósiles de la Patagonia y Antártica”, el 18 de octubre. Los visitantes pudieron apreciar piezas fósiles de la flora y fauna del extremo sur de Chile y el Continente Blanco, recolectadas por la sección de Paleobiología, del Departamento Científico del INACH.

www.inach.cl/inach/?p=22452

COSOC del INACH se reunió en Punta Arenas para aprobar nuevo reglamento

El Consejo de la Sociedad Civil (COSOC) del INACH se reunió en octubre en Punta Arenas para evaluar su gestión y aprobar un nuevo reglamento que, como novedad, posibilitará la incorporación de consejeros suplentes.

www.inach.cl/inach/?p=22474



Gala Antártica 2017 premió a hombres y mujeres destacados en el quehacer polar

Junto con crear un nuevo espacio de divulgación antártica alrededor del solsticio de invierno, el INACH reforzó el programa de actividades de celebración del Día de la Antártica Chilena (6 de noviembre). Por segundo año consecutivo se coordinó un programa abierto de actividades, en el que se incluyeron iniciativas no solo del INACH, sino también de los otros operadores antárticos (Ejército, Armada y Fuerza Aérea de Chile), la Universidad de Magallanes, el Centro IDEAL y diversos establecimientos educacionales de la Región de Magallanes. El domingo 5 de noviembre se realizó el Desfile Antártico, en el que participaron funcionarios de INACH, representantes de los operadores antárticos y artesanos participantes del proyecto “Antartikanos”.

El 6 de noviembre el INACH organizó la primera Gala Antártica, donde se entregaron reconocimientos a personas que se han destacado en el quehacer polar desde sus respectivas áreas.

En Arte y Cultura fue premiado el dúo de música Lluvia Ácida, de Rafael Cheuquelaf y Héctor Aguilar, por su obra audiovisual “Ciencia Sur”. En Ciencia Antártica la condecoración fue para el Dr. Iván Gómez, de la Universidad Austral de Chile, por la mayor cantidad de publicaciones en revistas de corriente principal durante el año 2016. En Acción Educativa, la distinguida fue la directora del Programa Par Explora Magallanes, Margarita Garrido, por la itinerancia de la exposición “Antártica Extrema”, en la Región de Magallanes.

El INACH realizó un reconocimiento especial por su trayectoria al profesor Anelio Aguayo, quien ha formado a decenas

de investigadores en el área de la biología marina y que es una referencia en el estudio de cetáceos. Asimismo, la Asociación de Empleados del Ministerio de Relaciones Exteriores (AEMRE Punta Arenas) reconoció el aporte del prof. Aguayo al trabajo gremial.

En lo que se refiere a prensa internacional, se premió al periodista José Luis Barbería, del diario El País de España, por el artículo “La Antártida, un termostato que regula el clima del planeta”. En Prensa Nacional, el galardonado fue el periodista de El Mercurio Rolando Martínez, por la cobertura de prensa que dio al IX Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica. En Prensa Regional, la laureada fue la jefa de crónica del diario La Prensa Austral, Elia Simeone, por el suplemento Ciencias, que semanalmente se publica en la edición dominical El Magallanes.

El premio Ejército de Chile correspondió al teniente coronel Rolando Masa. En tanto, en la Armada de Chile se distinguió al sargento Juan Montesinos y en la Fuerza Aérea, al comandante de Escuadrilla Nelson Álvarez. En la festiva jornada, el público asistente pudo disfrutar, además, del músico nacional Fernando Milagros, quien interpretó un variado repertorio, incluyendo la canción “Un espíritu”, que fue el tema principal del proyecto Antartikanos. Otro aspecto musical que tuvo presencia en la Gala 2017, fue justamente el dúo de música electrónica Lluvia Ácida quienes presentaron parte de su último disco, denominado “Ciencia Sur”.

Galería de imágenes:

www.inach.cl/inach/?p=22553



C. CÁRDENAS

Investigador del INACH gana concurso de fotografía

El concurso fotográfico Ojo de Pez 2017, organizado por la Universidad Austral de Chile (UACH), premió en noviembre a sus ganadores y el investigador del INACH Dr. César Cárdenas se adjudicó el primer lugar en la categoría “Ambientes Antárticos y Subantárticos”. El Dr. Cárdenas fue galardonado por su fotografía titulada “Hands up”, retrato de una *Mumida* spp, conocida comúnmente como langostino de los canales.

www.inach.cl/inach/?p=22632

Albert Lluberas, nuevo secretario general del Tratado Antártico

“Hay pocos lugares en el mundo donde nunca ha habido guerras, donde el medioambiente está totalmente protegido y donde la investigación científica tiene prioridad. Pero hay todo un continente con esas características: la tierra que las Partes del Tratado Antártico llaman una ‘reserva natural, consagrada a la paz y a la ciencia’. En el extremo sur de nuestro mundo, aquellos que comparten los retos de la distancia y el frío para visitar el Continente Helado han forjado una tradición de cálida cooperación, cimentada por el Tratado Antártico”.



Entrevista completa en:

www.inach.cl/inach/?p=22443



Un éxito resultó el IX Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica

El presidente del comité organizador, Dr. Marcelo Leppe, señaló que “siempre hemos creído que existe un grupo de investigadores antárticos latinoamericanos que tienen potentes lazos con otros países en el mundo y, sin duda, esta fue una excelente oportunidad para que todos nos reuniéramos en Punta Arenas, puerta de entrada a la Antártica. Estamos viviendo momentos que pocas veces se han dado. Chile tiene que tomar un liderazgo en temas antárticos y proyectarse. Debemos tratar de convencer a todos nuestros amigos latinoamericanos que somos un país que está haciendo las cosas en serio en el Continente Blanco”.

www.inach.cl/inach/?p=22399

Galería fotográfica IX Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica

www.inach.cl/inach/?p=22410

Casi 300 investigadores polares de más de 15 países se dieron cita, entre el 4 y 6 de octubre, en Punta Arenas para ser parte del IX Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica, convocado por el Comité Nacional de Investigaciones Antárticas (SCAR-Chile), el INACH, la Universidad de Magallanes (UMAG) y el Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (FONDAP-IDEAL).



La experiencia del primer director del Centro de Cooperación Antártica Chile-Corea en Punta Arenas



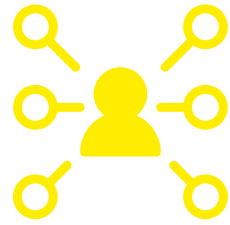
En febrero de 2016 se llevó a cabo la inauguración del Centro de Cooperación Antártica Chile-Corea en Punta Arenas, ubicado en el edificio de laboratorios del INACH. Dongmin Jin, del Instituto de Investigación Polar de Corea (KOPRI), ha sido su director desde entonces. Jin es experto en planificación y estrategia, además de trabajar durante varias temporadas como jefe de las bases científicas antárticas Jang Bogo y King Sejong. Es científico, experto en

leyes internacionales y planificación. Conversamos con él para que nos diera su visión acerca de la importancia de ser socio estratégico en temas antárticos con Chile para un país como Corea.

“El rol aquí en Punta Arenas es mantener activa la colaboración entre nuestros dos países y comenzar a trabajar en un futuro con otras naciones sudamericanas que realizan ciencia antártica de calidad como lo hace Chile. Podemos considerar que hasta el momento ha sido una gran experiencia. El primer año de nuestra estadía acá en Chile ha sido de mucha ayuda para entendernos entre dos instituciones científicas como son el KOPRI y el INACH. Creo también que encontramos durante este año algunas áreas científicas en donde podemos, sin duda alguna, mantener una cooperación más estrecha”.

Entrevista completa en: www.inach.cl/inach/?p=22736

Proyecto internacional estudia el imaginario social de tres ciudades puerta de entrada a la Antártica



Investigadores de las Ciencias Sociales de Australia, Chile y Nueva Zelanda están llevando a cabo un estudio comparativo sobre cómo y por qué las ciudades de Hobart (Australia), Christchurch (Nueva Zelanda) y Punta Arenas (Chile) deben reimaginar e intensificar su conexión con la Antártica. En ese marco, se llevaron a cabo tres talleres en Punta Arenas, entre el 6 y 8 de noviembre, en los cuales participaron líderes comunales, expertos antárticos y jóvenes magallánicos, con el fin de aplicar y construir indicadores que permitan dar respuesta a estas preguntas. La iniciativa es liderada por el antropólogo chileno radicado en Australia, Dr. Juan Francisco Salazar, de la Universidad de Western Sydney, y financiada por el Consejo de Investigación Australiano (ARC, por sus siglas en inglés). Además, participan, en Australia, la Universidad de Tasmania, la Municipalidad de Hobart, el Gobierno Regional de Tasmania; en Nueva Zelanda, la Universidad de Canterbury y la Municipalidad de Christchurch; y en Chile, el Instituto Antártico Chileno (INACH), y la Universidad de Magallanes (UMAG). La investigación tiene un carácter aplicado y se basa en la colaboración entre la academia, los gobiernos, los privados y la sociedad civil, teniendo como objetivo la generación de una red entre los organismos participantes de cada ciudad.



Investigadores chilenos visitaron buque *Xiang Yang Hong*

Los días finales de diciembre visitó el puerto de la ciudad de Punta Arenas el buque científico chino *Xiang Yang Hong*, en su espera antes de ir al Continente Blanco. El navío cuenta con un equipamiento para apoyar investigación de primer nivel, por lo cual una delegación de investigadores del INACH y la Universidad de Magallanes (UMAG), junto a algunos estudiantes visitaron sus instalaciones. La nave pertenece al Primer Instituto de Oceanografía de China (FIO, por su sigla en inglés), organismo estatal. Es un navío prácticamente nuevo, ya que se terminó de construir en el año 2016. Cuenta con un gravímetro de primera línea, lo que no es usual. Además, mantiene cuatro winches para distintos tipos de cables. El costo de la construcción de este barco fue de aproximadamente 50 millones de dólares para su estructura y otros 50 millones de la divisa norteamericana para su equipamiento.

www.inach.cl/inach/?p=22758

INACH participa en expedición escolar en Groenlandia

Kangerlussuaq, el Gran Fiordo, en idioma local, es el único pueblo no costero de Groenlandia, una enorme isla cubierta de hielo que pertenece al reino de Dinamarca. En este pequeño poblado, de solo 500 habitantes, cada año se implementa un ambicioso programa de educación científica llamado "Joint Science Education Project (JSEP)" para veinte estudiantes de educación secundaria de Estados Unidos, Dinamarca y Groenlandia, liderado por el Dartmouth College y la National Science Foundation (EE. UU.) y los ministerios de Educación de Groenlandia y Dinamarca. La JSEP combina actividades en terreno y laboratorio, cercano intercambio cultural, además de un campamento en la Summit Station, ubicada en la porción más alta de la cubierta de hielo de Groenlandia. El INACH, por medio de su programa educativo antártico, fue invitado a participar de la JSEP en julio.

www.inach.cl/inach/?p=22046



Proyecto "Patagonia Fósil": comienza transferencia de contenidos a profesionales del sector turismo

Entre el 10 y el 14 de octubre, cerca de 50 guías de turismo y otros profesionales del rubro de la Región de Magallanes y Antártica Chilena participaron de intensas jornadas teórico-prácticas en Punta Arenas y Torres del Paine, en una capacitación que se enfocó a abrir una ventana en el tiempo para viajar a la era Cretácica y descubrir los paisajes, flora y fauna de hace unos 65 millones de años, lo que apunta, en su nivel de comprensión más profundo, a descubrir la conexión pretérita entre Sudamérica y Antártica.

www.inach.cl/inach/?p=22433

INACH presente en Congreso Nacional Escolar de Ciencia y Tecnología

El martes 28 de noviembre más de un centenar de niños y jóvenes de todo Chile, presentaron sus investigaciones científicas y tecnológicas a la comunidad de Arica en el marco del XVIII Congreso Nacional Escolar de Ciencia y Tecnología, del programa Explora de Conicyt. En la cita destacaron los estudiantes Emilia Araya y Daniel Moraga, con la guía del profesor Jaime Ramírez, quienes alcanzaron el primer lugar nacional en la categoría Educación Básica, con su investigación “Efecto de tuna deshidratada para mejorar la retención de agua en suelos afectados por incendios forestales en Pailimo”. La investigación fue formulada en el establecimiento educacional como una forma de contribuir a la restauración de su entorno, tras los daños ocasionados por el incendio ocurrido en febrero de 2017, lo que fue brillantemente desarrollado por los estudiantes de segundo ciclo de educación básica de la Escuela Básica de Pailimo, en la comuna de Marchigüe, en la Región del Libertador Bernardo O’Higgins. Este equipo se adjudicó una pasantía en el INACH durante el año 2018.

www.inach.cl/inach/?p=22677



Estudiantes viajan a la Antártica para participar de expedición científica del INACH

Cinco días en el Continente Blanco estuvo la delegación de la Expedición Antártica Escolar 2017, organizada por el INACH, a los que se suman las jornadas previas en las provincias de Última Esperanza y de Magallanes, donde pudieron conocer el pasado geológico y paleontológico de la región más austral de Chile. En la EAE participaron los estudiantes ganadores de la Feria Antártica Escolar junto con los alumnos y docentes del Dartmouth College, a través del Programa Polar Educativo de la National Science Foundation. Todos pudieron conocer directamente los proyectos en ejecución en la base científica “Profesor Julio Escudero” y también visitar las bases Bellingshausen (Rusia) y King Sejong (Corea del Sur), además de la base Frei (Fuerza Aérea de Chile) y la Capitanía de Puerto (Armada de Chile).

Galería de imágenes Expedición Antártica Escolar 2017
www.inach.cl/inach/?p=22705

Tras 14 años de gestión, el Dr. José Retamales dejó el INACH



El viernes 11 de agosto, el Dr. José Retamales cerró con una conferencia abierta a la comunidad su período como director nacional del INACH, tras casi catorce años de exitosa gestión. Retamales fue el primer director que tuvo el INACH desde que fuese trasladado desde Santiago el año 2003, asumiendo el cargo el 1 de diciembre de ese año. Posteriormente, fue nombrado director mediante concurso en el Sistema de Alta Dirección Pública el 11 de agosto de 2008. La primera renovación en el cargo se realizó el 12 de agosto de 2011 y la segunda renovación, el 12 de agosto de 2014.

Infraestructura en la Antártica

Sin duda, uno de los mayores hitos del mejoramiento de la infraestructura antártica chilena corresponde a la ampliación en 600 m² de la base científica “Profesor Julio Escudero”, en la península Fildes, isla Rey Jorge, que significó una inversión total de 1,5 millones de dólares. “Escudero” fue inaugurada el 5 de febrero de 1995. Su construcción fue posible gracias al apoyo del Gobierno Regional de Magallanes y su nombre recuerda al destacado jurista que redactó el Decreto Supremo N° 1747, de 1940, fijando los límites del Territorio Chileno Antártico.

La base contaba con una capacidad para 12 personas, pero hoy, gracias a las ampliaciones, puede alojar a 36 personas. En casos de emergencia, la estación científica puede cobijar hasta 60 personas en sus distintos módulos, que suman 1.628 m². Los originales laboratorios de ciencias biológicas y naturales también se han ampliado e incluyen una biblioteca, una sala de

lectura y una de conferencias. Además, se redestinó un módulo completo para el trabajo científico, con más espacios para los laboratorios de microbiología y nuevos y mejores equipamientos. En la parte baja de la base se habilitó un laboratorio húmedo para estudios de biología marina.

A su vez, el 2011 en la base “Arturo Prat” también se concretó una ampliación, en donde se construyó un módulo de 80 m² con laboratorios y habitabilidad.

El año 2013 comenzó el proyecto de re-apertura de la base “Yelcho”, con nueva infraestructura que hasta el día de hoy continúa creciendo. Comenzó con capacidad para 12 personas y hoy en día tiene una habitabilidad para 32 personas. También cuenta con dos botes de capacidades científicas. El verano pasado se construyó el primer laboratorio en base “Carvajal”, de 140 m², y se encuentra en vías de equiparlo.

En cabo Shirreff, isla Livingston, se contaba con algo muy precario, por lo que se construyó un módulo con un molino eólico. Gracias a convenios con la Armada de Chile, no solo se habilitó un laboratorio en la base Prat, isla Greenwich, sino que también se ha podido disponer de buques (*Oscar Viel* y *Aguiles*) para campañas conjuntas Armada-INACH. En convenio con el Ejército de Chile, se acondicionó un laboratorio en la base O’Higgins, en la península Antártica, ampliando de esta manera los lugares donde pueden trabajar los investigadores en terreno.

El año 2003, el INACH operaba con una base (Escudero) en donde se ejecutaban cinco proyectos, en comparación con lo que sucede hoy, cuando se administran 95 proyectos y se trabaja en seis bases chilenas, además de campamentos.

El 12 de octubre del año 2011 y con una inversión de \$200 millones, se inauguró el Edificio de Laboratorios Antárticos “Embajador Jorge Berguño”, del INACH, una de las plataformas científicas más importantes de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, brindando nuevas oportunidades para la investigación antártica y subantártica. El 29 de febrero de 2016, en este mismo edificio fueron inauguradas las oficinas del “Centro de Cooperación Antártica Chile-Corea”, afianzando aún más la estrecha relación entre ambos países.

Se debe agregar el proyecto de la primera nave científica, *Karpuj*, que ya realizó dos campañas en aguas australes y acaba de cumplir su primera y exitosa campaña antártica.

Mejor ciencia polar para Chile

En la actualidad, Chile posee un Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN) consolidado, con una comunidad científica que se encuentra en aumento, con seis líneas de investigación, cinco fuentes de financiamiento y ocho fondos concursables, abiertos y transparentes.

Durante el tiempo en que el INACH ha estado en Punta Arenas se ha logrado atraer nuevos fondos a través de asociaciones con agencias nacionales. En este punto juega un rol clave la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (Conicyt) y la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo).

En el año en que asumió el Dr. Retamales se destinaban unos \$ 45 millones para unos 21 proyectos científicos, mientras que en el 2017, el monto de apoyo equivale a \$ 431 millones y 93 proyectos. Asimismo, el aporte de terceros para el año 2017 alcanza a los M\$ 1.621.805, monto registrado gracias a los \$ 900 millones del aporte Fondap, sin considerar los aportes en logística a los proyectos de terreno.

El Dr. José Retamales, desde que asumió el cargo de director del INACH el año 2003, cumplió todas las metas de gestión comprometidas y relacionadas con el aumento de la calidad de la ciencia antártica, incrementó el número de publicaciones ISI, mayor cooperación internacional, etc. Además, Retamales propuso una agenda regional antártica, aseguró la participación de todas las regiones del país en la Feria Antártica Escolar, mejoró la gestión interna e implementó un sistema de control financiero contable, todas metas cumplidas.

“He tenido una vida plena y se han dado las oportunidades por distintos caminos. A los 55 años me ofrecieron ser director del INACH y cambié totalmente de giro, hacia un tema que conocía, pero poco. He presidido comisiones en el Tratado Antártico y COMNAP, ningún latinoamericano ha hecho eso. Sin querer me he convertido en un especialista, al menos en Latinoamérica, en el tema antártico. Podría haber postulado nuevamente, pero me pareció que es tiempo suficiente. Es bueno que llegue otra persona con otra mirada”, afirmó Retamales al finalizar la Conferencia Antártica 2017, con la que se inició una serie de encuentros de alto nivel, en el que destacadas personalidades presenten a la sociedad su visión sobre el desarrollo polar. Su nombre recuerda a las históricas reuniones de octubre a diciembre de 1959, en Washington, y que culminaron con la firma del Tratado Antártico.

www.inach.cl/inach/?p=22243



Presentan número especial de revista antártica

Como una forma de celebrar los más de 50 años de actividad del Instituto Antártico Chileno (INACH), fue preparada una edición especial de la revista de divulgación Boletín Antártico Chileno, BACH, que se presentó en julio en el salón principal del INACH por el profesor Anelio Aguayo, la jefa de crónica del diario La Prensa Austral, Elia Simeone, y uno de sus co-editores, Elías Barticevic.

www.inach.cl/inach/?p=22673

Despiden en Cancillería a la Expedición Antártica Chilena 54: “Nuestro gobierno tiene un decidido compromiso antártico”

En el marco de las celebraciones del “Día de la Antártica Chilena”, el ex ministro de Relaciones Exteriores de Chile, Heraldito Muñoz, encabezó la ceremonia de despedida de la Expedición Científica Antártica 54 (ECA 54) y de la Expedición Antártica Escolar.

www.inach.cl/inach/?p=22565

Representante chileno destaca la importancia de contar con un **Área Marina Protegida** en la península Antártica

El Dr. César Cárdenas, investigador del INACH y representante de Chile en el Comité Científico de la Convención para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCAMLR, sigla de la organización en inglés), apunta que “las Áreas Marinas Protegidas en la Antártica son zonas cuyo principal objetivo es proteger de forma total o parcial los recursos naturales de una determinada área del océano. Una AMP no necesariamente apunta a prohibir la pesca, más bien depende de los objetivos de conservación que se hayan designado para un lugar determinado, los que pueden incluir protección de hábitats, seguimiento de ecosistemas, conservación o distribución de pesquerías”.

El científico chileno se refirió, además, a las AMP en el Continente Blanco, expresando que “el año 2016, CCAMLR aprobó el Área Marina Protegida Antártica más grande que existe en el mundo, la del mar de Ross. Desde el año 2012, Chile y Argentina se encuentran liderando un proceso que pretende diseñar una propuesta de AMP en la zona de la península Antártica y el sur del Arco de Scotia”.

La coordinación interna de la participación de Chile en la CCAMLR, así como el cumplimiento de las normativas, se efectúa a través de la Sección Nacional de CCAMLR. Es presidida por el Subsecretario de Pesca y compuesta por el Ministerio de Relaciones Exteriores, donde la Dirección de Antártica (DIRANTÁRTICA) opera como Secretaría Ejecutiva y el INACH, que asume la representación del país en el Comité Científico de la CCAMLR.

www.inach.cl/inach/?p=22361



Eligen anteproyecto de **Centro Antártico Internacional** en Punta Arenas

Con un proyecto cuya imagen evoca un iceberg a la deriva, el arquitecto Alberto Moletto Rodríguez resultó ganador del concurso internacional de anteproyectos de arquitectura del futuro Centro Antártico Internacional (CAI) que se construirá en Punta Arenas.

www.inach.cl/inach/?p=22253



Comité General de Asuntos Antárticos se reunió en Punta Arenas

Con la presencia del director de la Dirección de Antártica del Ministerio de Relaciones Exteriores, M.C. Julio Méndez Olave, se llevó a cabo el 24 de agosto la reunión del Comité General de Asuntos Antárticos en Punta Arenas. En la oportunidad participaron diversos actores del quehacer polar, tanto nacional como regional. Méndez señaló que “Punta Arenas y la región son claves en el proceso antártico, es por eso que hemos traído estas reuniones y queremos seguir trayéndolas al lugar puerta de entrada a la Antártica. Hoy, hemos sostenido una reunión muy productiva y con una muy buena participación de autoridades regionales y nacionales”.

www.inach.cl/inach/?p=22315

Se desprendió gigantesco témpano de la plataforma Larsen C

Finalmente, a mediados de julio se desprendió un gigantesco témpano desde la plataforma de hielo Larsen C, de 6.000 km², ubicada en el lado este de la península Antártica.

Larsen C corresponde a una plataforma de hielo flotante. Su derretimiento no implicará un aumento del nivel del mar. “Este iceberg tiene una superficie de aproximadamente 6.000 km² y un volumen de 1.150 km³. Su superficie equivale a 37 veces el tamaño de la isla de Pascua, o dos tercios de la isla de Chiloé, y es similar a la superficie de la comuna de Putre o Arauco, y no sabemos aún si el iceberg se mantendrá intacto o se fragmentará”, comentó la Dra. Pamela Santibáñez, investigadora del INACH.

www.inach.cl/inach/?p=21901

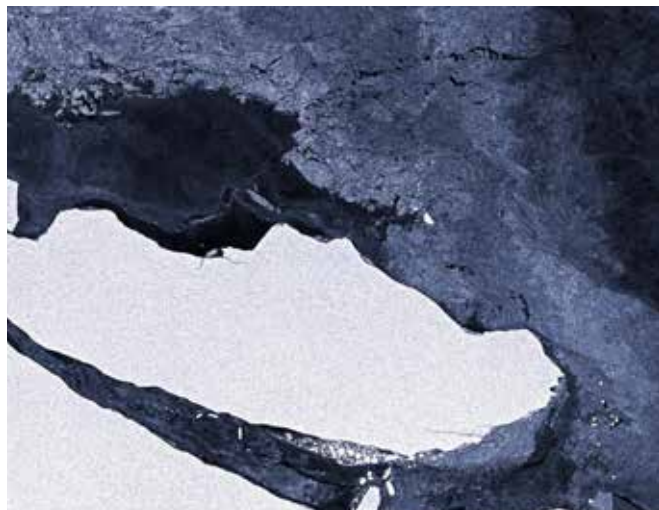


IMAGEN PROCESADA POR PIERRE MARKUSE (2017)



Segundo curso de bioinformática en Punta Arenas



Los días 28 y 29 de noviembre de 2017, en dependencias de la Universidad de Magallanes (UMAG), se llevó a cabo el II Curso de Bioinformática, Aplicaciones al Estudio de Organismos Modelo y no Modelo. Esta iniciativa, organizada por el INACH junto a la UMAG, corresponde a la continuación del primer encuentro realizado el año pasado, en asociación al proyecto europeo DEANN (Developing an European American NGS Network). El Dr. Marcelo González, jefe del Departamento Científico del INACH y profesor de este encuentro, explicó que “existen muchos profesionales que tienen formación informática, pero que tiene baja formación biológica y viceversa”. El objetivo del curso fue estudiar la resolución de un problema biológico concreto con ejemplos prácticos, utilizando herramientas bioinformáticas, enfatizando la diferencia entre el uso de un organismo modelo y uno no modelo.

www.inach.cl/inach/?p=22647

Curso de CCAMLR para observadores científicos



Durante los días 2 y 3 de octubre de 2017, en el marco del IX Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica efectuado en Punta Arenas, se llevó a cabo de manera exitosa el Curso de Observadores Científicos, organizado por la Convención para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCAMLR) y por el Departamento Científico del INACH. El curso contó con la participación de 18 alumnos, provenientes de diversas universidades, centros e instituciones, como la Universidad Católica del Norte, Universidad de Concepción, Universidad Austral de Chile, Universidad de Magallanes, IFOP, CEPES y Centro de Asuntos Antárticos del Ejército de Chile.

www.inach.cl/inach/?p=22647

A scenic landscape at sunset or sunrise. The sun is low on the horizon, creating a bright glow and long shadows. In the foreground, two people are visible: one in a red jacket and another in a dark jacket. The ground is dark and appears to be covered in moss or lichen. In the background, there are snow-capped mountains and a body of water. The sky is filled with soft, white clouds.

Avances de la Ciencia



Especial Flora Antártica

- *Nuevos hallazgos de polen y semillas de plantas no-nativas en isla Rey Jorge*
- *Al límite de la vida: conociendo los líquenes de glaciar Unión*
- *Líquenes antárticos: ¿una esperanza en la lucha contra bacterias multirresistentes?*
- *Líquenes, Antártica y Alzheimer*
- *Planta antártica soporta la salinidad extrema formando espinas en sus hojas*
- *Búsqueda de proteínas anticongelantes en el pasto antártico. Una alternativa biotecnológica*

Estudios glaciológicos recientes en el interior de Antártica occidental: descubrimiento del «Lago Subglacial CECs»

Vivir en altas latitudes: estudian riesgos por deficiencia de vitamina D en Patagonia y Antártica

Cia antártica



A. CASANOVA

ESPECIAL:

Investigación de la flora antártica

El ecosistema antártico es considerado como uno de los ambientes más extremos para la vida. Algunas de las características de este ecosistema son las bajas temperaturas, la escasez hídrica, suelos salinos y pobres en nutrientes, fuertes vientos abrasivos y geográficamente aislado de otra masa de tierra.

Todas estas características determinan que la flora antártica esté limitada en sus rasgos reproductivos y que continuamente esté al límite de su capacidad fisiológica, pero con mecanismos y adaptaciones que le permiten hacer frente a estas condiciones climáticas. Dentro de estas adaptaciones es posible diferenciar las respuestas a nivel morfológico, fisiológico-bioquímico y molecular. Igualmente, las interacciones bióticas planta-planta y planta-microorganismos han sido señaladas en el último tiempo como otra estrategia exitosa para lidiar con las condiciones limitantes del ecosistema antártico.

Aunque las rigurosas condiciones climáticas que caracterizan al ecosistema antártico limitan la riqueza y biodiversidad de los organismos que la habitan, a la vez han actuado como una presión de selección natural sobre individuos que presentan características únicas.

Esta selección ha determinado que los organismos antárticos posean características singulares que le confieren una notable tolerancia ambiental y que, a la vez, pueden actuar como potenciales fuentes de biorrecursos para fines aplicados.

Por otro lado, se ha sugerido que los componentes del cambio climático afectarían a todos los ecosistemas, pero

los actuales modelos biofísicos señalan a la Antártica como uno de los ecosistemas más sensibles a los efectos de estos cambios.

Dentro de estos efectos se encuentra un aumento en el área disponible para colonización, disminución de las condiciones limitantes impuestas por el clima y un aumento de la actividad antrópica tanto científica como turística, determinando que nuevas especies puedan ser transportadas hasta este continente con posibilidades de establecerse.

El presente número del BACH incluye un especial relacionado con la flora antártica, abarcando aspectos relacionados con mecanismos de adaptación al medio, flora antártica como fuente de biorrecursos para fines aplicados y las consecuencias indirectas del cambio climático sobre la flora antártica a través de la llegada de especies no-nativas. Específicamente, se detallan los mecanismos fisiológicos y moleculares que posee la planta vascular *Deschampsia antarctica* para tolerar la salinidad en los suelos antárticos. Por otro lado, se señalan los mecanismos expresados en líquenes antárticos para lidiar con radicales libres, basados en la producción de metabolitos secundarios, como los dépsidos y depsidonas. Probablemente los líquenes son los organismos macroscópicos más tolerantes en el ecosistema antártico, lo cual queda demostrado con la gran diversidad registrada gracias a un estudio conducido en el glaciar Unión. Por otro lado, podemos conocer los úl-



Dr. Marco Molina Montenegro
Universidad de Talca

timos avances en el uso de compuestos extraídos desde líquenes antárticos para combatir bacterias patógenas multirresistentes y sobre proteínas anticongelantes producidas por bacterias asociadas a la filósfera de plantas vasculares con aplicaciones agronómicas. Finalmente, vemos cómo el cambio climático y el aumento de las actividades antrópicas determinan el aumento en la llegada y potencial establecimiento de especies no-nativas para la flora antártica y sus implicancias para la conservación.

De esta manera, el BACH nos presenta una actualización del conocimiento en múltiples aspectos relacionados con la flora antártica, tanto en los mecanismos intrínsecos de los organismos que habitan este ecosistema, así como de la justa valorización que permite considerar a la Antártica como un verdadero laboratorio natural para obtener biorrecursos que puedan ser utilizados como potenciales herramientas biotecnológicas en diferentes áreas de investigación.

Nuevos hallazgos de polen y semillas de plantas no-nativas en isla Rey Jorge

La Antártica es considerada uno de los ecosistemas menos perturbados del mundo, pero durante las últimas décadas este paradigma ha cambiado principalmente debido al incremento de las actividades humanas que se realizan en la región. Estos procesos antrópicos han permitido a un mayor número de especies no-nativas establecerse en este territorio, por lo que identificar propágulos de especies vegetales que están siendo transportados por medio de la actividad humana y qué zonas serían las más propensas al establecimiento de especies no-nativas es fundamental para la conservación de estos ecosistemas.



Marely Cuba Díaz

Laboratorio de Biotecnología y Estudios Ambientales, Universidad de Concepción.

mcuba@udec.cl

El cambio climático y el aumento de la actividad humana han sido fundamentales para romper el distanciamiento geográfico que presentaba la Antártica frente al continente americano. Debido a esto un mayor número de especies no-nativas ha logrado transportar sus propágulos a la Antártica y una fracción de estos propágulos ha logrado establecerse bajo las extremas condiciones climáticas que presenta el territorio antártico.

Son varios los estudios que han determinado que la ropa, el equipamiento científico, los materiales de construcción y los vehículos son los principales vectores en la llegada de propágulos vegetales al territorio antártico.

La cuantificación e identificación de los propágulos que se depositan en el suelo es fundamental para comprender el peligro de las invasiones, además de permitirnos implementar medidas de bioseguridad básicas en las zonas con mayor riesgo de llegada de propágulos de especies no-nativas.

Bajo este contexto se desarrolló el proyecto PR 05-14 "Registro de diásporas u otras estructuras botánicas de especies vegetales no-nativas en áreas con alta actividad humana en isla Rey Jorge, península Antártica", financiado por el INACH, que tuvo como principal objetivo identificar propágulos y palinomorfos de especies no-nativas en muestras de suelo superficial de zonas con altos niveles de perturbación en península Fildes.

La elección como sitio de estudio de la península Fildes, en la isla Rey Jorge ①, estuvo condicionada por la actividad humana que se realiza en esta zona, especialmente intensa en verano,

debido a la presencia del aeródromo y de varias bases en el sector.

Para identificar tanto palinomorfos como semillas, se realizaron muestreos en tres sectores: uno de alto flujo humano (que considera desde el aeródromo hasta el sector de mayor movimiento en bahía Fildes), uno con acceso restringido (isla Ardley) y, finalmente, uno de bajo flujo humano (glaciar Collins).

Registro de la lluvia polínica actual, ¿un indicador de potenciales familias invasoras?

Los principales resultados del análisis polínico determinaron una alta correlación positiva entre la presencia de polen de especies no-nativas y las zonas más perturbadas (aeródromo-bahía Fildes). Se determinó un total de 12 taxa, de los cuales ocho eran taxa de especies no-nativas ②, en donde las especies más dominantes fueron taxones de la familia Brassicaceae y Asteraceae.

Por otro lado, los sectores correspondientes a la isla Ardley y glaciar Collins solo presentaron palinomorfos correspondientes a la flora criptógama y granos de polen de la familia Poaceae.

En el artículo "Registro de polen de la capa superior perturbada del suelo como medida indirecta del riesgo potencial de la introducción de plantas no nativas en la Antártida marítima" se detallan los resultados obtenidos ("Pollen record of disturbed topsoil as an indirect measurement of the potential risk of the introduction of non-native plants in maritime Antarctica", DOI: 10.1186/s40693-016-0055-9).

En este trabajo, además, se plantea un propuesta novedosa en cuanto a reconocer qué familias serían las con

mayor potencial de ser transportadas al territorio antártico. Para ello se propone el estudio de la lluvia de polen actual, bajo el supuesto de que el cambio climático favorecerá el desarrollo de las especies invasoras. Esto se traduciría en un aumento en la producción polínica (debido a las mayores concentraciones de CO₂) y una mayor producción de semillas, por lo que su dispersión se vería aumentada, pudiendo llegar al territorio antártico desde, por ejemplo, las islas subantárticas más cercanas a la península Antártica. Bajo este contexto, se concluye que las especies de la familia Brassicaceae o Asteraceae podrían ser las posibles familias que podrían invadir el territorio antártico.

¿Qué especies están siendo transportadas?

Mediante una exhaustiva revisión del material recolectado se logró identificar ocho tipos de semillas correspondientes a ocho especies diferentes ③, las que se encontraron distribuidas espacialmente en las zonas que presentaban un mayor nivel de actividad humana (alrededores de las bases Frei y Escudero).

La hipótesis generada mediante el análisis polínico, donde se consideró que las familias Brassicaceae y Asteraceae eran las familias botánicas con mayor posibilidad de arribar al territorio antártico, fue en cierta medida corroborada por el registro de semillas obtenido de las muestras de suelo, ya que la mayor cantidad de semillas pertenece a la familia Asteraceae.

Específicamente se encontraron cuatro especies de semillas que corresponden a *Hypochoeris radicata*, *Taraxacum officinale*, *Senecio jacobaea* y *Arnica*



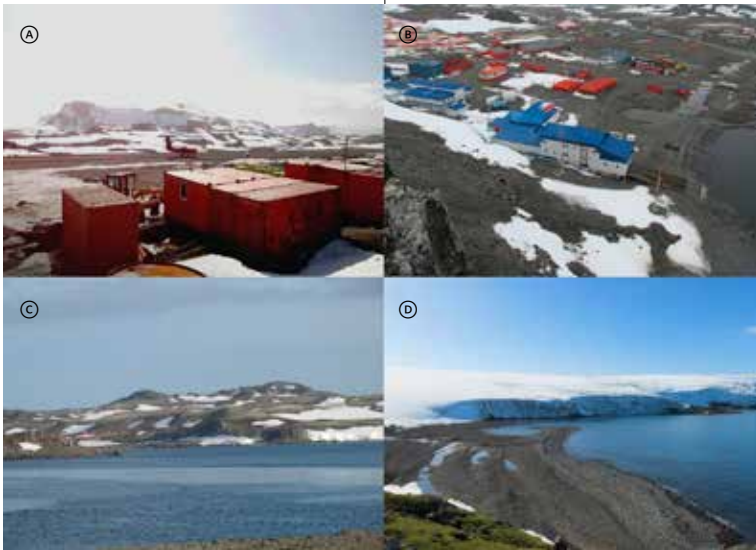
Eduardo Fuentes Lillo

Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB), Universidad de Concepción.



Mauricio Rondanelli Reyes

Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal, Universidad de Concepción.



Agradecimientos

Esta investigación no podría haber sido realizada sin el apoyo del Instituto Antártico Chileno y el respaldo logístico de la Fuerza Aérea; se agradece el trabajo científico colaborativo del Dr. (c) José Max Troncoso-Castro, del Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal de la U. de Concepción.

① Sitios de muestreo en península Fildes. (A) Sitios S1 y S2: sector de desembarque de turistas y científicos. (B) Sitios S3-S10, que abarcan desde la base Frei a la base Escudero. (C) Sitio S11, isla Ardley. (D) Sitio S12, glaciar Collins.

② Diversidad de polen esporas determinadas para península Fildes. A) *Didymodon* sp (espora de musgo), B) *Diporites* sp (espora de hongo). Granos de polen de: C) Nothofagaceae, D) Podocarpaceae, E) Chenopodiaceae, F) Apiaceae, G) Brassicaceae, H) Poaceae, I) Juncaceae, J) Fabaceae, K/L) Asteraceae.



montana. Estos resultados permiten confirmar que la actividad humana realizada en la Antártica funciona como vector en el transporte de propágulos vegetales; además, se identificaron cuáles especies podrían establecerse con mayor probabilidad e, indirectamente, qué zonas serían las más propensas a ser invadidas.

En el trabajo titulado "Semillas de especies no nativas en el suelo de la isla Rey Jorge" ("Seeds of non-native species in King George Island soil", DOI: 10.1017/S0954102017000037) se entregan los resultados de esta investigación. En él se consideraron la biología y distribución de cada especie encontrada, ya que son dos factores claves en determinar si estas especies podrían potencialmente establecerse en la península Fildes.

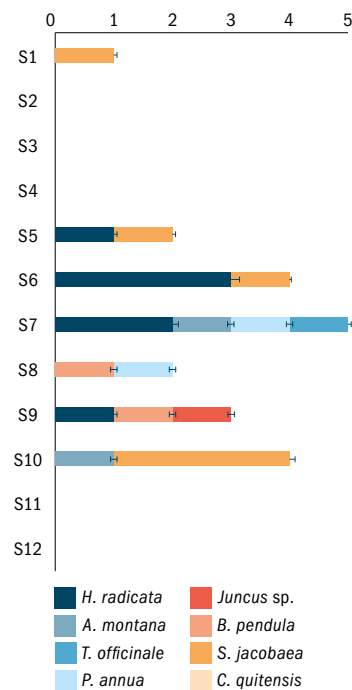
Hypochaeris radicata, *Taraxacum officinale* y *Senecio jacobaea*, todas especies de la familia Asteraceae, se distribuyen en las islas subantárticas y muestran algún grado de invasión en estas zonas. Estas especies también presentan las capacidades ecofisiológicas para poder establecerse en es-

tos ecosistemas extremos (germinan en un rango de temperaturas que van de 0-25 °C, crecen en zonas con una baja disponibilidad de nutrientes, entre otras características intrínsecas de cada especie).

Estos resultados permiten analizar los efectos del cambio climático regional y el incremento de la antropización en la Antártica, en la invasión de especies exóticas al continente, y permiten establecer los lineamientos para las medidas preventivas de bioseguridad eficaces para evitar posibles introducciones de especies no-nativas al territorio, enfocándose en las zonas propuestas como más propensas a ser invadidas.

Por otro lado, los resultados de este trabajo abren interrogantes sobre cuánto impacto podrían ejercer las actividades científicas y logísticas sobre el ecosistema antártico. El análisis y discusión en torno a estas interrogantes es necesario y el desarrollo de investigaciones científicas en la Antártica ayudan a comprender muchos fenómenos regionales y globales.

Número de semillas



③ Abundancia de las semillas identificadas desde las muestras de suelo superficial de península Fildes. S1 (Aeropuerto), S2 (Alojamiento huéspedes FACH), S3 (Tanque de combustible), S4 (Entrada a la estación rusa Bellingshausen), S5-6-7 (Módulos A, B, C), S8 (Villa Las Estrellas), S9 (Iglesia de Villa las Estrellas), S10 (Perímetro base chilena Escudero), S11 (Isla Ardley), S12 (glaciar Collins).

Al límite de la vida: conociendo los líquenes del glaciar Unión

Los líquenes se cuentan entre los pocos organismos macroscópicos que podemos encontrar en áreas interiores del continente antártico. Una reciente exploración en las cercanías de la base chilena en el glaciar Unión ha abierto una ventana a una diversidad de líquenes poco conocida hasta ahora.



Reinaldo Vargas Castillo
—
Departamento de Biología,
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
reinaldovargas@gmail.com

Los líquenes son conocidos por ser el ejemplo más claro de una simbiosis, es decir, una relación entre diferentes organismos que favorece su sobrevivencia y donde cada especie participante se ve beneficiada por la interacción.

Tanto así, que el término simbiosis nace históricamente con el reconocimiento de la condición dual del talo líquénico, donde un hongo (micobionte) se asocia a un componente algal (fotobionte). Los micobiontes aportan con la estructura del talo, además de ser los encargados de responder a las condiciones ambientales. Por su parte, los fotobiontes se encargan de aportar con nutrientes para la mantención del talo a través de la fotosíntesis, a la vez que se encuentran protegidos dentro del talo formado por el micobionte.

Esta interacción permite que los líquenes puedan vivir en ambientes donde la disponibilidad de recursos es limitada o donde los rangos de variables ambientales son extremos, como las zo-

nas internas y costeras del desierto de Atacama, las zonas altas de la cordillera de los Andes o los valles secos de McMurdo en la Antártica.

Tanto en las zonas libres de hielo como en las zonas interiores del Continente Blanco, los líquenes son los organismos fotosintetizadores terrestres dominantes en riqueza y biomasa, con más de 500 especies conocidas para todo el territorio antártico e islas subantárticas, en comparación a las poco más de 150 especies de briófitas (hepáticas y musgos) y las dos plantas vasculares presentes: *Colobanthus quitensis* y *Deschampsia antarctica*.

Al interior del continente son pocos los organismos que se pueden encontrar. Destacan diferentes grupos de procariontes y algunos grupos de algas (algas verdes o clorofitas y diatomeas), además de la presencia de algunas briofitas (hepáticas y musgos) en latitudes tan altas como los 84° S. De estos, la mayoría, con excepción de diferentes grupos de bacterias, pueden habitar

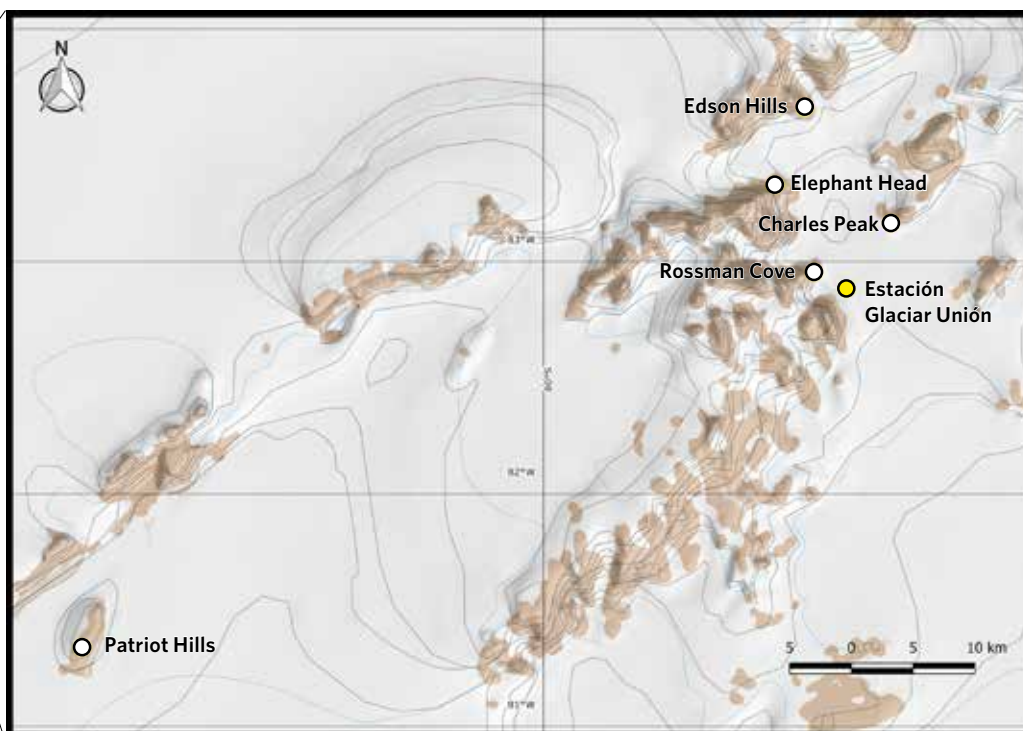
únicamente en ambientes donde en el verano austral existan áreas libres de hielo o, producto del aumento de las temperaturas, exista la presencia de agua dulce en estado líquido formando charcos o pequeños cursos de agua dulce. No obstante lo anterior, los grandes colonizadores de ambientes antárticos son los líquenes. Estos organismos se presentan en una gran cantidad de ambientes libres de hielo, alcanzando latitudes tan altas como los 86° S, siguiendo la cara oriental de la península Antártica, la Tierra Victoria y las Montañas Transantárticas.

La Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión se encuentra al sur de las montañas Ellsworth, a unos 1.000 km al norte del polo sur (79° 46' S; 82° 52' W), en una zona con una gran cantidad de colinas, picos y nunataks, muchas de ellas libres de hielo y nieve durante el verano austral, pero cubiertas completa o parcialmente durante el invierno ①.



① Ubicación de la Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión.

② Ubicación de los puntos de muestreo explorados en los alrededores del glaciar Unión.



En recientes expediciones apoyadas por el INACH a través del proyecto "Selectividad y especificidad de fotobiontes en el género *Caloplaca* (Ascomycota liquenizada): comparaciones entre comunidades del sur de Chile y la Antártica", se identificó la presencia de una inusual diversidad de líquenes en la zona, siendo los únicos organismos macroscópicos presentes en estas latitudes.

Producto de una primera expedición en febrero de 2014, se exploraron diferentes zonas libres de hielo en las cercanías de la estación ②, visitas que evidenciaron la presencia de 19 especies de líquenes (tabla 1), eminentemente en las formaciones montañosas cercanas a la base. Estas ocupan como sustrato suelos criotur-bados, junto con grietas en rocas o generando hifas (redes de filamentos) que penetran entre las rocas ③.

Entre las zonas visitadas destacó la riqueza presente en Rossman Cove (79° 48' S; 82° 53' W), una colina cercana a la estación, con 15 especies. Interesantemente, muchas de estas especies son conocidas para distintas zonas costeras de la Antártica, algunas incluso presentes en otras zonas frías del mundo. Tal es el caso de *Pseudephebe minuscula* ④, una especie habitual en las cercanías del glaciar Unión y que es conocida en países nórdicos, Reino Unido, Europa y Mongolia. En América del Norte, *P. minuscula* es conocida de zonas montañosas de Canadá, Estados Unidos y México, en tanto que en América del Sur la especie es conocida en Argentina, Perú y Chile a lo largo de la cordillera de los Andes.

Otro descubrimiento interesante es la presencia de la especie *Charcotiana antarctica* ③. Esta especie fue recientemente descrita desde los valles fríos de McMurdo, en Tierra Victoria, cercanos al mar de Ross. Sin embargo, este descubrimiento sería el segundo sitio conocido para la distribución de la especie.

Esta distribución, junto con la de otras especies, nos lleva a pensar cómo ocurrió la colonización de estos ambientes por los líquenes o si son las especies que quedan de una diversidad mucho mayor que disminuyó cuando el continente antártico se cubrió de hielo.



③ *Charcotiana antarctica* mostrando desarrollo de hifas entre las grietas de rocas en Rossman Cove.



④ *Pseudephebe minuscula*, una especie con una marcada distribución en zonas frías del mundo.

Tabla ① Listado de especies de líquenes presentes en los alrededores del glaciar Unión.

Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	
Arthoniomycetes	Arthoniales	Roccellaceae	<i>Opegrapha edsonii</i> Øvstedal & C. Schaefer	
			<i>Acarospora</i> sp.	
		Acarosporales	Acarosporaceae	<i>Polysporina frigida</i> Kantvilas & Seppelt
				<i>Sarcogyne privigna</i> (Ach.) A. Massal.
		Lecanorales	Lecanoraceae	<i>Carbonea vorticosa</i> (Flörke) Hertel
				<i>Lecanora</i> aff. <i>orosthea</i> (Ach.) Ach.
				<i>Lecanora</i> cf. <i>flotowiana</i> A. Massal.
				<i>Lecanora polytropa</i> (Ehrh.) Rabenh.
				<i>Lecidella greenii</i> U. Rupr. & Türk
				<i>Rhizoplaca macleanii</i> (C.W. Dodge) Castello
Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Pseudephebe minuscula</i> (Arnold) Brodo & D. Hawksw.	
		Ramalinaceae	<i>Bacidia subcoprodes</i> (B. de Lesd.) Zahlbr.	
	Teloschistales	Physciaceae	<i>Buellia</i> cf. <i>grisea</i> C.W. Dodge & G.E. Baker	
			<i>Buellia</i> cf. <i>lignoides</i> Filson	
			<i>Buellia evanescens</i> Darb.	
		Teloschistaceae	<i>Caloplaca</i> cf. <i>citrina</i> (Hoffm.) Th. Fr.	
			<i>Caloplaca</i> cf. <i>sublobulata</i> (Nyl.) Zahlbr.	
			<i>Charcotiana antarctica</i> Søchting, Garrido-Benavent, Pérez-Ortega, Seppelt & Castello	
	Umblicariales	Umbilicariaceae	<i>Umbilicaria decussata</i> (Vill.) Zahlbr.	

Líquenes antárticos: ¿Una esperanza en la lucha contra bacterias multirresistentes?

Las bacterias multirresistentes están poniendo en grave riesgo la salud de las personas, generando infecciones cuya mortalidad mundial se proyecta en 10 millones de individuos al año para el 2050. Sin embargo, los ambientes extremos generan una esperanza de nuevos tratamientos para estos patógenos, ya que se han descubierto en ellos microorganismos productores de nuevos y prometedores compuestos. En este contexto, la Antártica tiene mucho para ofrecer.

enfermedades infecciosas con pocos o ningún tratamiento disponible. A lo anterior se suma el hecho de que la mayoría de los antibióticos son efectivos contra bacterias de vida libre (también llamadas “planctónicas”), siendo que la mayoría de las infecciones son causadas por bacterias que crecen en forma de biopelículas.

Las biopelículas son comunidades de bacterias rodeadas de una capa protectora de sustancias poliméricas extracelulares (EPS, extracellular polymeric surfaces) como azúcares, proteínas o ADN, que crecen adheridas a superficies o en interfaces sólido-líquido. Por el hecho de presentar EPS y por tener una actividad metabólica menor a las bacterias de vida libre, las biopelículas son especialmente resistentes a los antibióticos convencionales, por lo que urge encontrar compuestos activos sobre ellas o con capacidad para evitar la formación de estas biopelículas.

Debido a lo anterior, científicos alrededor del mundo han redoblado esfuerzos en explorar regiones vírgenes del planeta en busca de nuevas entidades moleculares que puedan ser eficientes en el tratamiento de infecciones causadas por bacterias multirresistentes a antibióticos. Uno de estos ambientes

Las bacterias son los microorganismos más antiguos y exitosos que existen sobre la Tierra, calculándose su aparición hace casi 3.600 millones de años y habiéndose adaptado a prácticamente todos los ambientes existentes.

Son, además, imprescindibles para sustentar la vida de nuestro planeta y de gran importancia para el ser humano. Sin embargo, existe un pequeño porcentaje de bacterias patógenas que causan daño, cuya forma de vida implica agredir un hospedero humano, animal o vegetal. Estos microorganismos han producido enfermedades en los humanos y han sido un motor de cambio constante en la historia de la humanidad, generando epidemias que han devastado una gran población y han moldeado la evolución cultural de

la civilización.

Con el descubrimiento en 1929 de la penicilina, obtenida de *Penicillium notatum* (un hongo) por Alexander Fleming, se podía eliminar la presencia de la bacteria patógena *Staphylococcus aureus*, lo que provocó una auténtica revolución en el tratamiento de enfermedades infecciosas humanas, abriendo una era que se denominó la “edad de oro de los antibióticos”.

No obstante, como predijera el propio Fleming, el uso abusivo de estos compuestos ha generado una presión de selección evolutiva seleccionando algunas bacterias que pueden resistir el efecto de los antibióticos.

Esto último, asociado a la disminución en el descubrimiento o diseño de nuevos antibióticos, ha provocado una tormenta perfecta en la que existen



Xabier Villanueva M.
Laboratorio de Investigación en Agentes Antibacterianos, Facultad de Ciencias Biológicas, U. de Concepción.
xvillanueva.martinez@gmail.com



Angélica Casanova-Katny
Núcleo de Estudios Ambientales, U. Católica de Temuco.



Gerardo González-Rocha
Laboratorio de Investigación en Agentes Antibacterianos, Facultad de Ciencias Biológicas, U. de Concepción.



③ Especies de líquenes depositadas en el fungario de la Universidad de Concepción. A) *Usnea antarctica*; B) *Ramalina terebrata*; C) *Stereocaulon alpinum*; D) *Himantormia lugubris*. Créditos: Dr. Götz Palfner.



Tabla 1. Actividad antibacteriana de extractos totales de líquenes antárticos.

Halo de inhibición (mm) producido por extractos de:					
Aislado bacteriano	<i>H. lugubris</i> *	<i>R. terebrata</i> **	<i>S. alpinum</i> **	<i>U. antarctica</i> **	<i>Imipenema</i>
<i>K. rhizophila</i> ATCC 9341	9	30 ± 0	-	-	54
<i>A. baumannii</i> ATCC 19606	12	10,7 ± 0,47	6	6	38
<i>A. baumannii</i> A527	10,3 ± 1,15	9	6	6	10
<i>A. baumannii</i> A368	11,3 ± 1,53	9,3 ± 0,47	6	6	11
<i>A. baumannii</i> A523	12,3 ± 0,58	7,3 ± 0,47	6	6	15
<i>A. baumannii</i> A512	12	6,7 ± 0,47	6	6	14

*3 mg/disco, **4,5 mg/disco, a = control antibiótico.
Nota: 6 mm = Sin halo de inhibición (el diámetro del disco es 6 mm).

es la Antártica, que por sus especiales condiciones extremas ha forzado a los organismos que la habitan a generar mecanismos de adaptación, como la producción de compuestos bioactivos.

Líquenes antárticos: potencial solución contra las biopelículas bacterianas

En la Antártica los líquenes son los organismos dominantes de la flora terrestre, capaces de colonizar variados ambientes y de vivir en condiciones límite cerca de los 86° latitud sur, es decir, prácticamente en el mismo polo.

Los líquenes producen una gran cantidad de compuestos (denominados en su conjunto "metabolitos secundarios") que les permiten sobrevivir en dichos hábitats. Los líquenes producen, al menos, unos 700 metabolitos secundarios, mucho más que las plantas vasculares, de las cuales se conocen unos 200. Estos compuestos liquénicos se caracterizan por su baja polaridad y se producen por tres vías principales: la vía del acetil-polimalonil, la vía del ácido mevalónico y la vía del ácido shikímico.

Estos metabolitos poseen una gran cantidad de propiedades útiles en ambientes polares y de alta montaña, entre las que se encuentran protección contra radiación UV, actividad antioxidante, actividad antimicrobiana y anticancerígena, entre muchas otras descritas.

En el Laboratorio de Investigación en Agentes Antibacterianos (LIAA) de la Universidad de Concepción se ha

estudiado la actividad antibacteriana y antagonista de biopelículas bacterianas de metabolitos secundarios de líquenes, enmarcada en los proyectos "Efecto antibacteriano de compuestos derivados de líquenes antárticos sobre *Acinetobacter baumannii*" (INACH MG-06-14) y "Actividad antibacteriana de líquenes antárticos contra bacterias patógenas multirresistentes" (FONDEF-IDeA CA 12i10224), en los que se trabajó con especímenes liquénicos extraídos de la península Fildes, isla Rey Jorge ① ②, de las especies *Ramalina terebrata*, *Himantormia lugubris*, *Stereocaulon alpinum* y *Umbilicaria antarctica* ③, de los cuales se obtuvo un extracto primario, a los que se les probó su actividad antibacteriana contra aislados de origen hospitalario de *A. baumannii*, un importante patógeno hospitalario en todo el mundo.

Los ensayos de actividad antibacteriana con extractos de líquenes antárticos muestra que uno de los más activos fue *H. lugubris* (tabla 1). La actividad antibacteriana de este líquen se probó contra dos cepas bacterianas que son susceptibles a antibióticos (*Kocuria rhizophila* ATCC 9341 y *A. baumannii* ATCC 19606) y contra varias cepas clínicas de *A. baumannii* multirresistentes a los antibióticos, como se muestra en la tabla.

Al realizar la identificación de los compuestos que formaban el extracto primario de *H. lugubris*, se logró determinar que uno de los más abundantes era atranol ④, compuesto descrito pre-

viamente para el líquen *Evernia prunastri* y que es ampliamente utilizado en la industria del perfume. Cabe señalar que el líquen endémico antártico *H. lugubris* representa una nueva fuente para este compuesto y que no había sido detectado previamente.

El atranol purificado demostró no solo poseer propiedades antibacterianas con una concentración mínima inhibitoria (CMI, la mínima concentración para detener el crecimiento de la bacteria) que fluctúa entre 150-250 µg/mL contra *A. baumannii*, sino que también logró atenuar la formación de biopelícula por parte de esta especie bacteriana, proyectándose con potencial utilidad como forma de prevenir o eliminar biopelículas en dispositivos médicos. Si bien las concentraciones de atranol requeridas para eliminar *A. baumannii* son elevadas en comparación a los antibióticos normalmente en uso (los cuales exhiben actividad antibiótica a concentraciones menores a 10 µg/mL), existe el potencial de modificar el compuesto para mejorar su potencia.

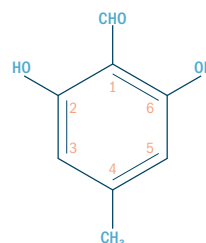
El futuro de los productos naturales antárticos

Los hallazgos presentados están en una fase inicial. Es necesario superar aún algunas barreras y sumar años de investigación para que sean productos comercialmente viables. Por ejemplo, aún se deben realizar ensayos de toxicidad en animales y estudiar maneras sustentables de sintetizar estas sustancias, lo cual es relevante para el ecosistema antártico.

Los líquenes en la Antártica tienen un crecimiento extremadamente lento y su cultivo in vitro ha resultado difícil y para algunas especies imposible. En este sentido, es importante que la investigación en productos naturales obtenidos de organismos antárticos sea una herramienta para favorecer y mejorar su preservación y no una excusa para depredar uno de los últimos lugares más prístinos en la Tierra.

① Vista de la bahía Collins con el domo Bellingshausen en el fondo. En esta área se ha desarrollado una vasta vegetación antártica, dominada por el pasto antártico y numerosos musgos y líquenes. Los líquenes crecen principalmente sobre las rocas.

② Vista de un roquerío cerca al domo Bellingshausen. Se aprecian en las zonas bajas los musgos y en las rocas, una gran variedad de líquenes de diversos colores.



④ Estructura química de atranol. Figura extraída del repositorio web ChempSpider.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales al Dr. Mauricio Cuéllar F., Escuela de Química y Farmacia, Facultad de Farmacia, U. de Valparaíso; Dr. Götz Palfner, curador del fungario donde fueron depositados los voucher de las muestras de líquenes, Departamento de Botánica, U. de Concepción, y Dr. Norbert Arnold (Leibniz-Institut für Pflanzen-biochemie, Abt. Natur- und Wirkstoffchemie, Halle/Saale, Alemania).

Líquenes, Antártica y alzhéimer



② Colecta de las muestras.

La variabilidad y cantidad de los compuestos (metabolitos) que producen los líquenes vendrían a estar dados, en su mayoría, por los factores ambientales, lo que demostraría la importancia de estas sustancias para su capacidad de adaptación ecológica.

En algunos casos se ha comprobado que juegan un rol clave frente a la protección contra factores como el estrés oxidativo causado por altos niveles de radiación UV, temperaturas extremas y tiempos prolongados de oscuridad. También se han comprobado efectos disuasivos contra herbívoros, protección contra un amplio espectro de agentes patógenos e influencia en el desarrollo de otros organismos.

En el último tiempo, los líquenes han demostrado ser una buena fuente de antioxidantes naturales, debido a la alta presencia y variedad de moléculas polifenólicas que hay en sus extractos. Los polifenoles son compuestos sintetizados por las plantas en sus frutos, hojas, tallos y semillas, entre otros, cuya característica principal en su estructura es que poseen uno o varios grupos hidroxilos (-OH). Se cree que las propiedades antioxidantes de estas moléculas estarían dadas por la presencia de uno o varios de estos grupos, los que conferirían un alto potencial para inactivar los radicales libres.

El proyecto “Dépsidos y depsidonas de líquenes antárticos: estudio antioxidante y evaluación como posibles inhibidores de la agregación de la proteína Tau”, financiado por el INACH, tuvo entre sus objetivos

Con temperaturas extremas, altos niveles de radiación ultravioleta y tiempos prolongados de oscuridad, la Antártica es el lugar ideal para la búsqueda de nuevos compuestos con mejores propiedades farmacológicas. El proyecto “Dépsidos y depsidonas de líquenes antárticos: estudio antioxidante y evaluación como posibles inhibidores de la agregación de la proteína Tau”, financiado por el INACH, buscó compuestos con propiedades farmacológicas de tipo antioxidante o que puedan ser de utilidad en el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer. Como resultado de esta investigación, se logró aislar un total de ocho metabolitos desde los líquenes antárticos *Umbilicaria antarctica* y *Ramalina terebrata*. De los análisis efectuados a estos metabolitos, la parietina y la tenuiorina lograron inhibir la agregación de la proteína Tau, clave en el desarrollo del alzhéimer. De ellas, la parietina fue la que presentó los mejores resultados.

purificar e identificar los metabolitos secundarios de naturaleza polifenólica de los líquenes *Umbilicaria antarctica* y *Ramalina terebrata*; luego evaluar estos compuestos en ensayos antioxidantes y ensayos de inhibición de la agregación de la proteína Tau, implicada en la neurodegeneración de la enfermedad de Alzheimer, y, finalmente, realizar un perfil completo o huella digital de los extractos más importantes de estos líquenes.

La enfermedad de Alzheimer es una enfermedad neurodegenerativa, cada vez más frecuente a nivel mundial. Clínicamente esta enfermedad se caracteriza por la pérdida progresiva de las neuronas, hecho que se ve manifestado en la pérdida de la memoria, la disminución de realizar tareas rutinarias, desorientación, etc. Entre las hipótesis que intentan dilucidar esta enfermedad se encuentra la acumulación dentro y fuera de las neuronas de determinadas estructuras conocidas como “ovillos neurofibrilares”, cuyos principales componentes son la proteína Tau hiperfosforilada.

En un funcionamiento normal, la proteína Tau no es una proteína peligrosa, ya que desempeña una importante función en el ámbito de la estabilidad y montaje de los constituyentes del esqueleto de las neuronas (microtúbulos).

Además, se ha visto que participa en la unión de estos con otros elementos del citoesqueleto neuronal ①.

Nuevos compuestos extraídos de líquenes antárticos

La primera parte de esta investigación consistió en la colecta de las muestras en la península Ardley y la bahía Fildes ②. Gracias a la asesoría del liquenólogo Reinaldo Vargas se logró la correcta determinación taxonómica de las especies antes mencionadas ③. Como paso siguiente se purificaron los compuestos de interés, para luego elucidar sus estructuras moleculares mediante estudios de resonancia magnética nuclear y así realizar los ensayos antes propuestos.

Como resultado de esta investigación se logró aislar un total de ocho metabolitos: ácido girofórico, ácido úsnico, ácido lobárico, atrarato de metilo, inositol, metil orselinato, parietina y tenuiorina.

El análisis realizado al extracto de *U. antarctica* por espectroscopía de masa de alta resolución permitió por primera vez la identificación de quince compuestos para esta especie, cuatro de ellos reportados por primera vez. De igual forma, el extracto de *R. terebrata* también permitió identificar la presencia de veintidós metabolitos.



Ensayos antioxidantes

Mediante ensayos antioxidantes se evaluó la capacidad de los ocho metabolitos mencionados para neutralizar o apagar determinados radicales libres que se generan biológicamente o sintéticamente.

Los resultados demostraron que el compuesto que tuvo mejor desempeño fue el ácido girofórico. Estos resultados (obtenidos de ensayo de laboratorio del ácido girofórico con proteína Tau sintética) tienen bastante lógica, debido a que el ácido girofórico posee más grupos fenólicos (4 OH). Este hecho fundamental podría ser la razón por la cual el resto de los metabolitos presenta una gran disminución en torno a sus actividades, con valores que bordean el 80 % aproximado.

Ensayos de inhibición

Del cribaje realizado a todos los compuestos, solo la parietina y la tenuiorina lograron inhibir la agregación de la proteína Tau en base a correlaciones positivas de dosis-respuesta. De ellas, la parietina fue la que presentó los mejores resultados a un rango de concentración desde los 3µg/ml (10µM) hasta los 28 µg/ml (100µM). A esta última concentración, los resultados muestran un 75 % de inhibición frente a la agregación de la proteína.

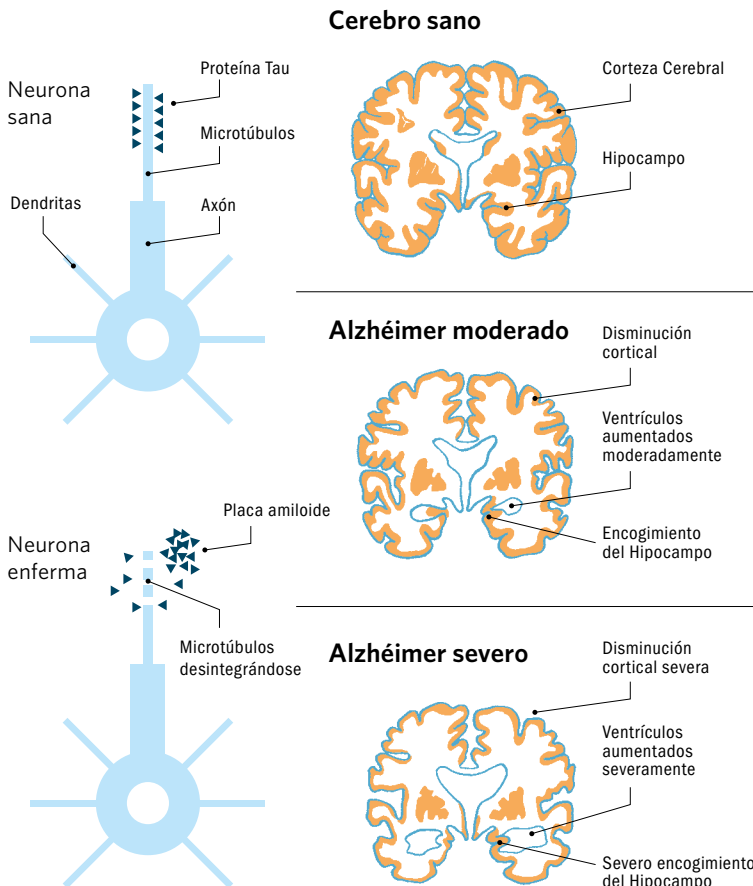
De igual forma, se evaluaron los extractos totales de ambas especies. Se emplearon rangos de concentración que variaron desde los 100 µg/ml hasta los 1.000 µg/ml. Los resultados obtenidos señalan que para *R. terebrata* a una concentración de los 1.000 µg/ml la actividad inhibitoria frente al proceso de agregación de la proteína Tau era casi completa. Mientras que para *U. antártica* solo se logró inhibir un 52,5 % de la agregación.

Para ambas especies se logra deducir, por un lado, que las actividades antiagregantes están dadas por el conjunto de los metabolitos.

Finalmente, las investigaciones sobre las propiedades farmacológicas de los líquenes han logrado demostrar que muchos de los metabolitos aislados de estos organismos presentan gran variedad de actividades biológicas.

Hasta la fecha aún no existe un tratamiento farmacológico que pueda enfrentar la enfermedad de Alzheimer, por lo cual es necesario seguir explorando adicionales especies de líquenes antárticos con la finalidad de encontrar nuevos inhibidores de la agregación de la proteína Tau.

③ *Umbilicaria antártica* y *Ramalina terebrata*.



Glosario

Espectroscopia de masa. Es una técnica que permite analizar con gran precisión la composición de una muestra (todas sus moléculas) en base a una relación entre su masa y su carga.

Proteína Tau. Proteína que pertenece a la familia de las proteínas asociadas a microtúbulos, las que se expresan principalmente en las neuronas. En ellas, Tau normalmente cumple la función de montaje y estabilización de los microtúbulos mediante la regulación del ensamblaje de la tubulina, además de la unión de estos con otras estructuras del citoesqueleto (dominio de proyección) como los neurofilamentos y proteínas de tipo espectrina y actina. Experimentalmente, el equipo de investigadores obtuvo esta proteína gracias a una cepa de bacterias modificadas (donadas por el Instituto Max Planck, quienes las modificaron) para que produjeran esta proteína.

① Proteína Tau y la enfermedad de Alzhéimer.

Planta antártica soporta la salinidad extrema formando espinas en sus hojas



Harry Díaz
—
INACH

hdiaz@inach.cl

Deschampsia antarctica es una de dos plantas vasculares presentes en el Continente Blanco y posee múltiples mecanismos de protección, junto a la tolerancia a diversos factores de estrés ambiental. Varios ejemplares de esta planta fueron sometidos por 21 días a distintas concentraciones de sal (NaCl), para verificar y estudiar su respuesta.

La investigación de la Dra. Daisy Tapia Valdebenito, llevada a cabo en el Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular Vegetal de la Universidad de La Frontera (UFRO), tuvo como objetivo caracterizar variaciones morfológicas, fisiológicas y moleculares de esta planta durante el proceso de exposición a la sal, todo esto en el marco de su proyecto “Caracterización anatómica, fisiológica y molecular de *Deschampsia antarctica* sometida a estrés salino”, financiado por el INACH en su programa de apoyo a tesis de doctorado.

Se pudo comprobar a través de microscopio óptico que las hojas de plantas tratadas con NaCl presentaban tricomas (pelos) con forma de espina, las

que se encontraban ausentes en hojas de plantas del grupo control.

“El objetivo del estudio fue caracterizar variaciones morfológicas, fisiológicas y moleculares de *D. antarctica* durante el proceso de exposición a la sal. Para ello, sembramos algunas plantas de *D. antarctica* colectadas en la bahía glaciar Collins y propagadas in vitro en nuestro laboratorio, en macetas con vermiculita (mineral compuesto por silicatos de aluminio, magnesio y de hierro) y después de dos semanas de aclimatación en cámara de cultivo a 13 °C y con riego permanente con una solución nutritiva, fueron regadas con diferentes concentraciones de sal (0,5 M y 1,0 M) como tratamiento. Estas condiciones se mantuvieron durante 21 días, durante los cuales se tomaron diferentes tipos de muestras para su evaluación”, añade Tapia.

Deschampsia antarctica se utiliza como planta modelo para el estudio de resistencia de diferentes organismos. Se ha observado en otros tipos de trabajos, como el del Dr. León Bravo, que

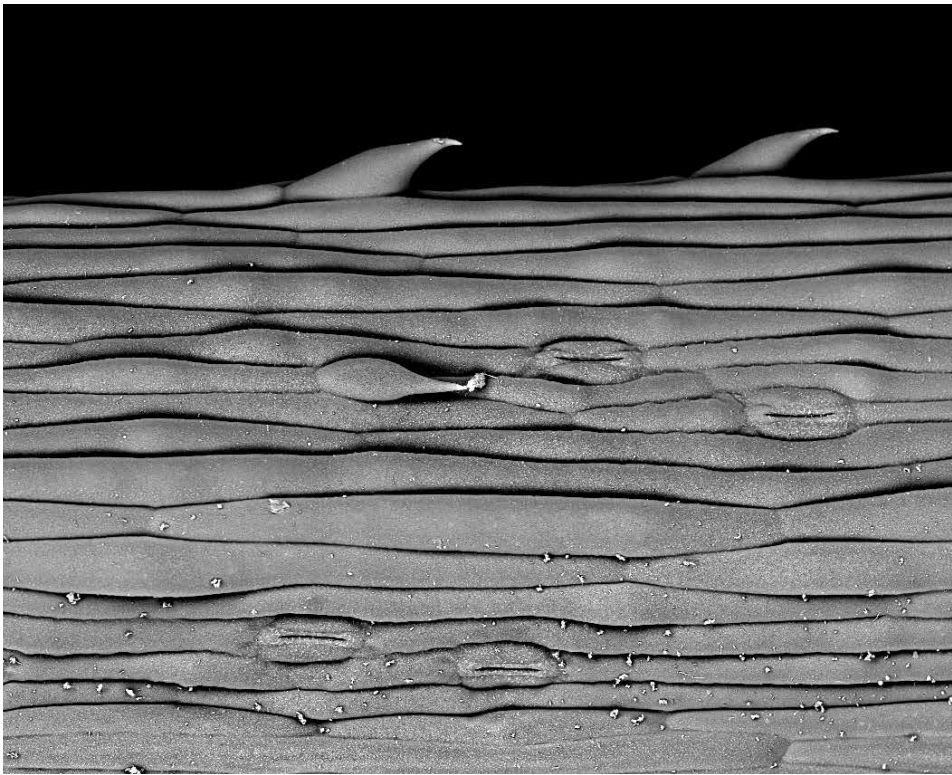
estas plantas vasculares al exponerlas a la salinidad eliminan cristales de sal a través de sus hojas. A los investigadores les llamó la atención el porqué este mecanismo de exudación de la planta y comenzaron a trabajar para ver cómo funciona la tolerancia a la sal de esta especie.

Daisy Tapia subraya que se llevaron a cabo caracterizaciones fisiológicas, que consistían en medir los parámetros como la fluorescencia y crecimiento.

Se pudo comprobar a través de microscopio óptico que las hojas de plantas tratadas con NaCl presentaban tricomas (pelos) con forma de espina, las que se encontraban ausentes en hojas de plantas del grupo control.

① La Dra. Daisy Tapia durante la colección de muestras en el glaciar Collins, isla Rey Jorge.





Superficie de hoja de plantas de *D. antarctica* tratadas con sal y observada a través de microscopio electrónico de barrido. Se pueden apreciar las espinas que desarrollan al ser sometidas al estrés salino.

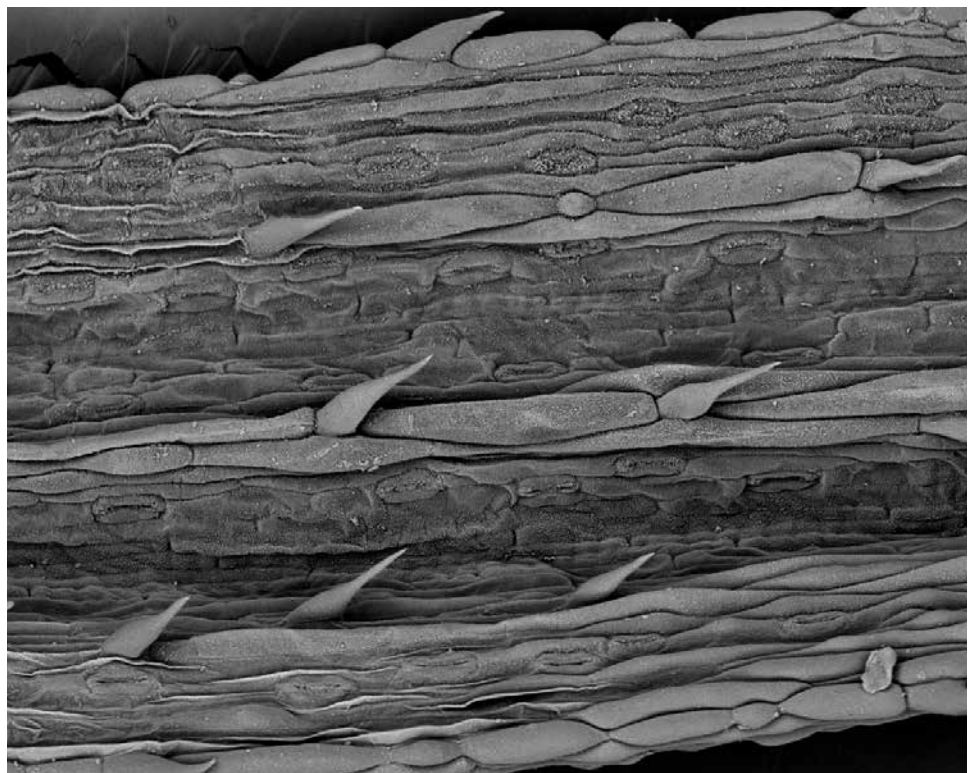
200 μ m

También se analizó el contenido de agua que tenían las plantas y en la parte morfológica se efectuó una microscopía de barrido. Tapia añade que también se podrían llegar a hacer cultivos transgénicos, mediante la utilización de genes que le brinden resistencia a la salinidad, viéndose beneficiados otros cultivos como el arroz o el trigo.

La Dra. Tapia explica que “ya se llevó a cabo una publicación y si bien se han realizado otros estudios respecto de la salinidad de este tipo de planta, nunca antes se habían identificado pelos como estructuras morfológicas en esta planta. Nos llamó la atención, ya que se debió a un mecanismo de respuesta de la planta posterior a los siete días de proceso. Aquí la planta modificaba la morfología de sus hojas apareciendo una clase de espinas que nunca antes se habían observado. Vimos que esta especie era altamente plástica como para modificar su morfología”.

Tapia aportó que “si bien el pasto antártico es una especie que posee gran plasticidad fenotípica, que se ha demostrado a través de cambios morfológicos observados en hojas en respuesta a diferentes condiciones de crecimiento, la presencia de tricomas en sus hojas no ha sido reportada previamente a este estudio”.

Las muestras analizadas fueron recolectadas en distintos viajes al Conti-



300 μ m

nente Blanco por el grupo de investigación del Dr. Manuel Gidekel.

Los resultados de este proyecto se publicaron en el artículo “Salt tolerance traits in *Deschampsia antarctica*”, de la prestigiosa revista *Antarctic Science*.

Búsqueda de proteínas anticongelantes en el pasto antártico. Una alternativa biotecnológica

En la actualidad, las heladas provocan diversos daños en la agricultura, generando pérdidas considerables en frutales y hortalizas, por lo cual se vuelve indispensable la búsqueda de soluciones amigables con el ambiente para contrarrestar sus efectos. Un equipo de la Universidad de La Frontera se ha especializado en la pesquisa y estudio de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Su objetivo es la identificación y utilización de las ventajas adaptativas de bacterias aisladas desde diferentes ambientes extremos: el desierto de Atacama, la cordillera de los Andes, Patagonia y el Territorio Chileno Antártico, y el desarrollo de microorganismos benéficos para las plantas, todo esto como una alternativa biotecnológica para obtener biofertilizantes o bioestimulantes eficientes bajo condiciones estresantes o para enfrentar eventos climáticos adversos. Esta es nuestra primera descripción de comunidades bacterianas asociadas al microambiente que rodea al pasto *Deschampsia antarctica* y evaluar la presencia de adaptaciones a bajas temperaturas, como la actividad de inhibición de recristalización (IRI) y la presencia de proteínas anticongelantes (AFP) a través del análisis del genoma de estos aislados bacterianos.



El clima determina la abundancia y distribución de las especies en los diferentes hábitats, como el desierto, los océanos o las zonas polares. En la agricultura, las plantas deben adaptarse a las condiciones ambientales que las rodean, siendo las heladas uno de los fenómenos más dañinos. Estas corresponden a un descenso de la temperatura por debajo de los 0 °C a nivel del suelo, que congela el agua aledaña a la planta, favoreciendo la formación de hielo en su superficie y tejidos.

Esta cristalización es capaz de romper los tejidos vegetales, lo cual afecta drásticamente los cultivos y su productividad. A modo de ejemplo, el año 2014, entre las regiones del Maule y La Araucanía, se registraron pérdidas de hasta un 70 % en la producción de arándanos, un 30 % en cultivos de cerezo y entre un 80 y 100 % en la producción de kiwi.

Para contrarrestar los daños por heladas, los productores utilizan diferentes métodos, tales como el uso de calefactores a gas, generación de nieblas artificiales, riego directo de las plantas, máquinas de viento e incluso sobrevuelos de helicópteros para disipar la helada.

Todas estas estrategias son costosas y altamente demandantes de energía. Por ello, adquiere relevancia la creación de estrategias biotecnológicas, como la aplicación de los mecanismos presentes en los organismos capaces de sobrevivir en el extremo clima polar. Esto permite la búsqueda de soluciones amigables con el ambiente que ayuden

a contrarrestar los efectos de las heladas en el sector agrícola.

Microorganismos adaptados al frío y su potencial aplicación en el control de heladas

Dentro de los mecanismos que favorecen la sobrevivencia de los psicrófilos (organismos adaptados a bajas temperaturas), se encuentran las proteínas anticongelantes (AFP). Estas actúan uniéndose a los cristales de hielo de pequeño tamaño, retardando el punto de congelación o inhibiendo su recristalización (IRI, del inglés Ice Recrystallization Inhibition), que corresponde al crecimiento de hielo por la unión entre cristales de pequeño tamaño.

Estas proteínas fueron identificadas por primera vez en el suero del plasma de peces teleósteos antárticos y han sido encontradas en una gran variedad de organismos (hongos, artrópodos, plantas y bacterias) capaces de sobrevivir a temperaturas bajo cero.

Su estudio ha permitido su utilización en diversos procesos biotecnológicos. En la industria de los alimentos, las AFP son principalmente usadas en la producción de helados para mantener sus propiedades organolépticas (mantención de su textura), mientras que en medicina se ha observado una mejora en eficiencia de criopreservación de muestras biológicas como células de glóbulos rojos y células mamarias, entre otros.



① Planta de *Deschampsia antarctica* en su ambiente natural (tundra) asociada a un musgo antártico.

② Ejemplar de *D. antarctica* recolectada en el sector de cerro Gemelos, en la isla Rey Jorge.

En su ambiente natural, las plantas conviven e interactúan con numerosas y diversas bacterias. En esta interacción planta-bacteria, ambos organismos pueden verse beneficiados (interacción conocida como mutualismo). La planta otorga al microorganismo un hábitat y productos carbonados de la fotosíntesis que las bacterias utilizan como alimento, mientras que las bacterias asociadas a la raíz de plantas facilitan la obtención de nutrientes como nitrógeno, fósforo y hierro.

Los sideróforos, por ejemplo, son moléculas con gran afinidad al hierro, que son sintetizadas por algunas bacterias para facilitar la obtención de hierro que favorece también a su planta hospedera. Estas bacterias son capaces de, además, también de sintetizar otras moléculas como la hormona ácido indolacético (AIA) que promueve el crecimiento de raíces y hojas, mientras que otras son capaces de sintetizar una enzima conocida como ACC desaminasa, que disminuye los efectos del estrés ambiental, favoreciendo el crecimiento de la planta.

En general, las bacterias que otorgan estos beneficios a su planta hospedera han sido denominadas “bacterias promotoras del crecimiento vegetal” (PGPB) y los avances biotecnológicos han permitido su aplicación en la agricultura como una alternativa ambientalmente amigable.

El Laboratorio de Ecología Microbiana Aplicada (EMAlab), de la Universidad de La Frontera, se ha enfocado en la búsqueda de estas actividades PGPB en bacterias aisladas desde plantas de diversos ambientes extremos, como el desierto de Atacama, la cordillera de los Andes, Patagonia y el Territorio Chileno Antártico, para su aplicación en cultivos. Además, en ensayos de laboratorio se pudo observar un favorecimiento en el crecimiento de plantas de palto que fueron reinoculadas con bacterias que presentaron actividad PGPB.

Antártica, un ambiente extremo que sirve como modelo de estudio

El trabajo de Fernanda Cid Alda en su tesis de Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales, de la Universidad de La Frontera, apoyado por el INACH (proyecto DT 01-13 “Caracterización de las comunidades bacterianas asociadas a la filósfera de *Deschampsia antarctica* y la secuenciación del genoma de bacterias

cultivables con actividad de inhibición de recristalización de hielo”), se enfocó en el estudio de bacterias obtenidas desde la superficie de la hoja de este pasto, capaz de crecer y sobrevivir a las condiciones extremas de la Antártica.

La superficie de las hojas, también conocida como filósfera, es un ambiente en sí también extremo, debido a que se encuentra expuesta a la radiación solar, la nieve y el hielo, y sufre variaciones extremas de temperatura y humedad entre el día y la noche.

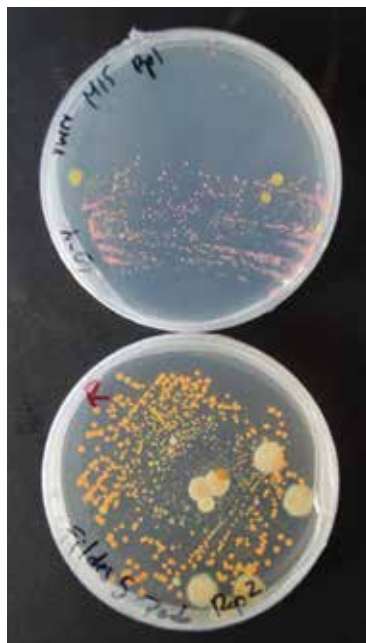
En esta investigación se postuló la posibilidad de encontrar AFP en bacterias aisladas desde la filósfera de una planta adaptada a vivir en la Antártica. Se logró estudiar un total de ocho plantas con raíz colectadas durante la Expedición Científica Antártica N° 50.

Desde estas plantas se pudo describir a nivel molecular las comunidades bacterianas asociadas a la filósfera y aislar y caracterizar diversas bacterias provenientes de este ambiente.

A través de la realización de ensayos en laboratorio fue posible observar que estas bacterias fueron capaces de sobrevivir y crecer luego de ser expuestas a procesos de congelación a -20 °C. Otros ensayos permitieron demostrar también que extractos crudos de proteínas inhibieron la recristalización de hielo (IRI).

Importancia de las redes y vinculación internacionales

Gracias al trabajo conjunto con profesionales de la Universidad de Kioto (Japón) se llevó a cabo la secuenciación



y análisis de las secuencias del genoma obtenido de estas cepas bacterianas con actividad IRI, bajo la supervisión del Dr. Fumito Maruyama.

El análisis y comparación de estas secuencias con las bases de datos públicas permitió encontrar algunas similitudes con secuencias de AFP descritas en la literatura. Sin embargo, se requieren más estudios para confirmar la actividad de estas proteínas por parte de las cepas estudiadas. El análisis de estas secuencias sugiere, además, la presencia de genes ligados a actividades PGPB, lo que indica el potencial biotecnológico de estos aislados bacterianos.

Valor agregado a bacterias antárticas con AFP

La posibilidad de encontrar bacterias con actividades PGPB y que sean capaces de sintetizar proteínas anticongelantes representa un gran potencial para su aplicación en la agricultura y con esto disminuir los daños por heladas.

La detección de actividad IRI, la sobrevivencia de estas bacterias a procesos de congelación y descongelación, y el análisis de la información genética de estos aislados bacterianos sugieren la presencia de AFP y actividades PGPB.

Se requiere realizar aún más estudios en relación al mecanismo de producción de estas AFP en estas bacterias y ensayos en laboratorio para determinar cómo actúan estas AFP tanto en la bacteria como en la planta y su posible efecto protector contra heladas.

Es así como el uso de herramientas biotecnológicas basadas en ventajas adaptativas de microorganismos nativos de ambientes extremos como la Antártica podría representar una solución para mitigar los daños por heladas en plantas.

③ Fotografía tomada en laboratorio Max Rubner Institute (Karlsruhe, Alemania). Aquí se realizaron ensayos de resistencia a congelación de las bacterias y comparación de los perfiles proteicos obtenidos de estas.



Fernanda Cid
—
Programa de Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales, Universidad de La Frontera, Temuco.

f.cid03@ufromail.cl



Fumito Maruyama
—
Laboratory of Microbial Genomics and Ecology of Tokyo Medical and Dental University (TMDU), Kioto, Japón.



Milko Jorquera
—
Laboratorio de Ecología Microbiana Aplicada, Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales, Universidad de La Frontera.

④ Diversidad de formas, tamaño y colores de colonias bacterianas obtenidas desde la filósfera de *Deschampsia antarctica*.

Estudios glaciológicos recientes en el interior de Antártica occidental: descubrimiento del «Lago Subglacial CECs»



Rodrigo Zamora

Centro de Estudios Científicos (CECs), Valdivia.

rzamora@cecs.cl



Andrés Rivera

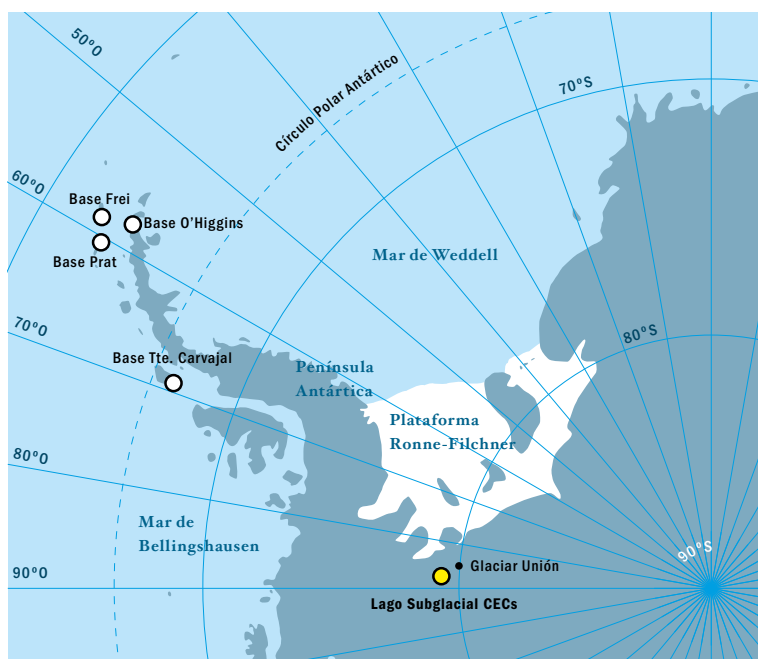
Centro de Estudios Científicos (CECs), Valdivia. Universidad de Chile, Departamento de Geografía, Santiago.



José Uribe

Centro de Estudios Científicos (CECs), Valdivia.

Desde el verano de 2014, el Centro de Estudios Científicos (CECs) ha realizado cinco expediciones de largo alcance al plateau central de Antártica occidental, con el objetivo de estudiar la estabilidad del casquete de hielo y la hidrología subglacial. Estas travesías se han realizado a bordo de convoyes tirados por tractores, integrados, entre otros, por un módulo de investigación científica móvil diseñado por el CECs, que posee un espacio de trabajo e instalación de equipos científicos, sector de almacenaje, seis camas y baño. Estas travesías han permitido realizar estudios glaciológicos a lo largo de cientos de kilómetros de los valles englaciados de los montes Ellsworth y del plateau antártico, incluyendo mediciones con receptores GPS, métodos sísmicos, estaciones meteorológicas, extrayendo testigos someros de nieve y con mediciones de balance de masa. Entre los principales resultados obtenidos está el descubrimiento de un lago subglacial de cerca de 300 metros de profundidad, ubicado bajo 2.653 m de hielo, que presenta condiciones propicias para llevar a cabo un programa de investigación multidisciplinario de largo plazo.



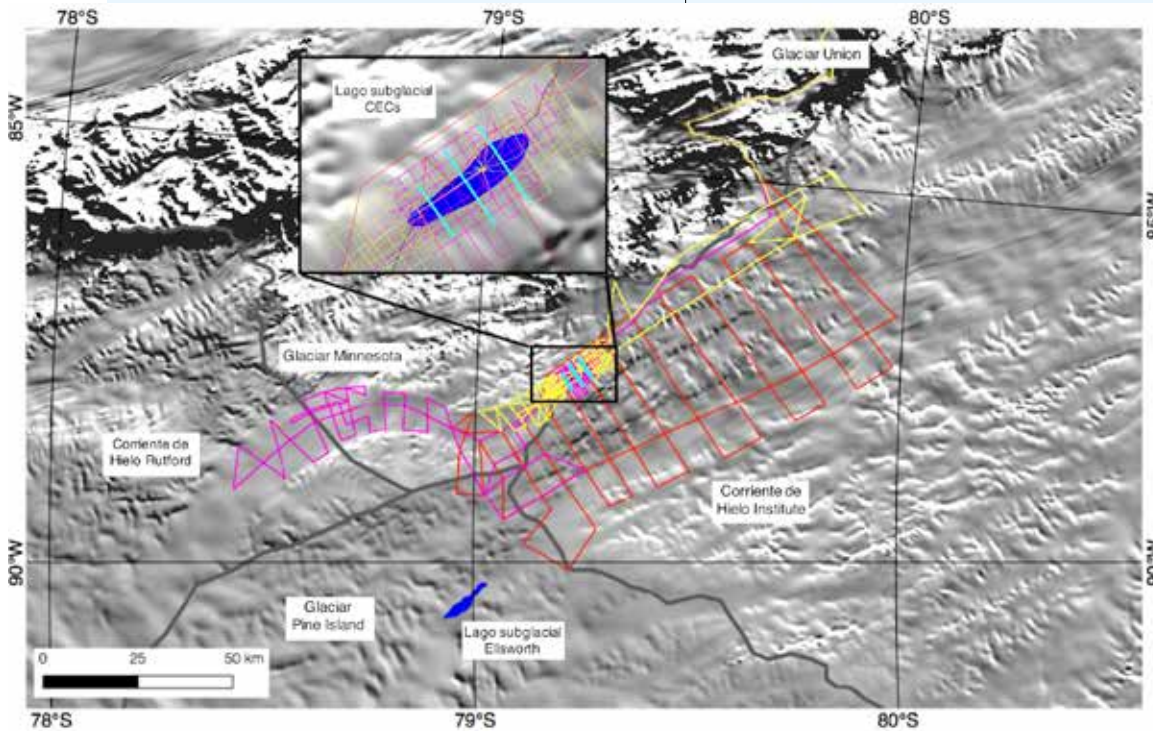
① Mapa de ubicación del «Lago Subglacial CECs».

El Laboratorio de Glaciología del Centro de Estudios Científicos (CECs) inició el año 2013 un nuevo programa de estudios glaciológicos en Antártica occidental. Este programa es la continuación de la investigación llevada a cabo en el Continente Blanco, donde, desde el año 2002, se han realizado numerosas travesías sobre nieve y operaciones aerotransportadas de largo alcance.

Con el apoyo logístico de la empresa Antarctic Logistics & Expeditions (ALE), en enero de 2014 se realizó una travesía sobre nieve desde el glaciar Unión (79° 46' S / 83° 24' W) hacia la divisoria continental entre el glaciar Pine Island, que drena hacia el mar de Amundsen, y la Corriente de Hielo Institute, que lo hace hacia el mar de Weddell ①. En dicha expedición se instaló una red de balizas para mediciones dinámicas y de balance de masa del hielo, también se capturaron datos de topografía superficial y subglacial de una vasta área ② y se extrajo un testigo somero de nieve. Durante esta travesía se descubrió (Rivera *et al.*, 2015, en *Geophysical Research Letters*) al suroeste de los montes Ellsworth (79° 15' S / 87° 34' W) un lago llamado desde entonces «Lago Subglacial CECs», en honor al instituto que realizó la expedición descubridora. Gracias al apoyo del INACH, este nombre ha sido oficialmente adoptado por SCAR (SCAR Gazetteer referencia N° 19844).

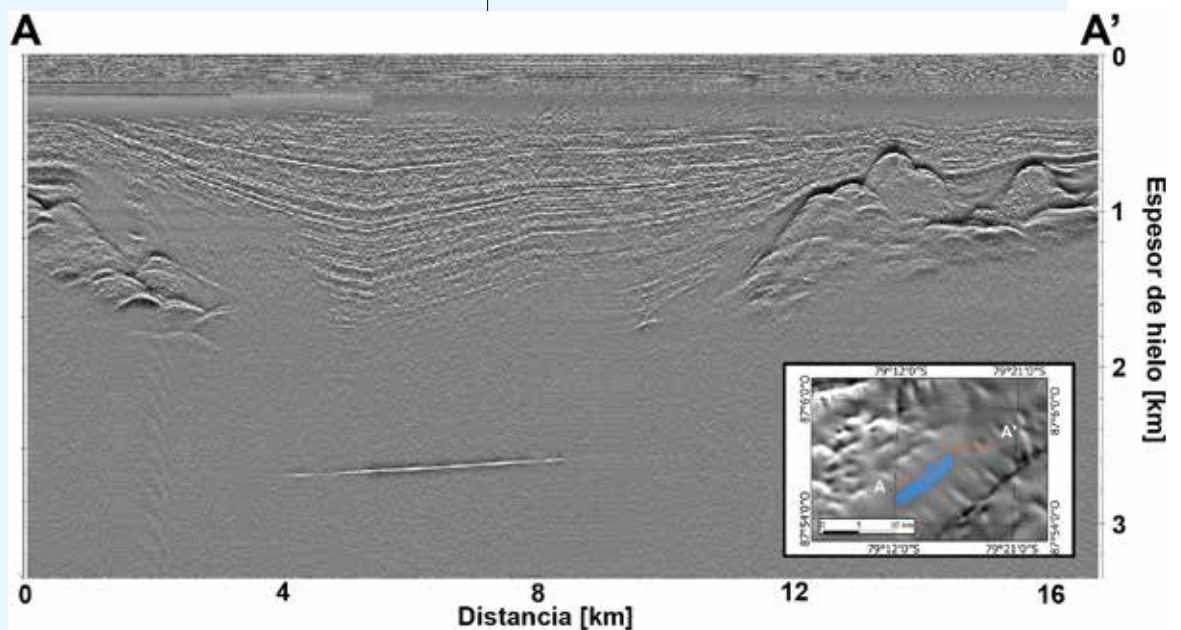
En diciembre de 2014 se realizó una segunda travesía terrestre a la misma zona, con el objetivo de medir con mayor resolución y determinar así el área del lago, su contexto topográfico y posible dinámica.

En esta ocasión se recorrió una grilla regular con una separación de 1 km en la zona del lago y luego se realizó una travesía exploratoria hacia el glaciar Rutford. En esta segunda expedición



② Rutas con las travesías terrestres llevadas a cabo en enero (líneas rojas) y diciembre (líneas rosadas) de 2014. Perfiles sísmicos medidos el 2016 (líneas celestes). Perfiles de radar medidos en diciembre de 2017 (amarillo). En negro las divisorias de las principales cuencas glaciares. Fuente de imagen de fondo: mosaico MOA elaborado por Ted Scambos, del NSIDC, en el 2007.

③ Perfil de radar (A-A') sobre el "Lago Subglacial CECS". Entre el km 0 y 4 se ve la topografía subglacial que baja desde unos 0,8 m hasta 1,5 km de profundidad. Entre el km 4 y 8 se ve el retorno proveniente de la interfaz hielo-agua del lago. El lago es un reflector plano aproximadamente a 2.650 m de profundidad. Entre el km 9 y 16 se ve la topografía compleja que rodea el lago por el sur.



se remidieron las balizas instaladas con anterioridad, se extrajo un testigo somero de 10 m de largo y se instaló una estación meteorológica que operó en forma continua midiendo numerosos parámetros meteorológicos en la zona.

Con los datos obtenidos en ambas travesías, se logró precisar que el lago CECs es un cuerpo de agua dulce, ubicado bajo una capa de hielo de 2.653 m de espesor promedio, ubicado a más 600 m bajo el nivel del mar ③. La topografía superficial del hielo que se encuentra sobre el lago tiene una elevación promedio de 2.029 m y una pendiente casi nula. A partir de los datos de radar fue posible definir un perímetro de 22,8 km y una superficie de 20 km² aproximadamente. Se estimó que el agua del lago tiene una temperatura de -1,8 °C y se encuentra bajo una presión de 23,8 MPa. En la figura ③ se muestra un perfil de radar obtenido en el área de estudio, donde se ve un reflector de alta intensidad y plano que representa el cuerpo de agua subglaciar, rodeado por una topografía rocosa y compleja.

Tercera y cuarta campaña

En enero de 2016 se llevó a cabo una tercera campaña a la zona de este lago, cuando se remidió la red de balizas instaladas en años anteriores, permitiendo la obtención de velocidades del hielo que fluctuaron entre 60 y 100 cm por año y una estimación del balance de masa de la zona, caracterizado por una acumulación de aproximadamente 20 centímetros equivalentes de agua por año.

En esta campaña se instaló, además, una estación GPS permanente en el hielo sobre el lago, el que fue alimentado con generadores eólicos y paneles solares. Se logró también recuperar la estación meteorológica que había dejado de medir en abril del 2015 por problemas de energía, dejándola energizada, midiendo en forma continua y transmitiendo hasta un servidor en Valdivia, donde los datos se suben a una plataforma web de acceso libre (http://www.cecs.cl/aws/m/plateau_es/).

En la cuarta campaña, de diciembre de 2016, se llevó a cabo un levanta-

④ Integrantes de la campaña sísmica de diciembre del 2016 en la estación base del lago CECs. De izquierda a derecha: Alex Brisbane (BAS), Andrés Rivera (CECs), Rodrigo Zamora (CECs), Nick Gillet (BAS), Felipe Napoleoni (CECs). Se puede ver detrás de los investigadores, el módulo de investigación científica CECs 1.





⑤ Participantes del seminario "Subglacial Lake CECs Exploration Program", llevado a cabo en Valdivia en marzo del 2017.

miento sísmico en la zona del lago, con el objetivo de determinar su batimetría y la posible presencia de sedimentos en el fondo. Para estos efectos, se logró un acuerdo de colaboración con el British Antarctic Survey (BAS), con quienes ④ se midieron tres líneas sísmicas transversales al eje longitudinal del lago ②, donde pudo verse con claridad el fondo del lago a unos 300 m de profundidad. Paralelamente, se volvieron a medir las balizas y se realizaron trabajos de descarga de datos y mantención de las estaciones GPS y meteorológica.

En la quinta campaña de diciembre del 2017 se midieron cerca de 440 km con un radar de 155 MHz instalado el convoy de la travesía y 270 km con uno de 2,5 MHz tirado por motos de nieve. Además, se revisitaron 30 balizas, instaladas el año 2014, donde se midió el balance de masa local y su posición GPS.

Impacto internacional del descubrimiento

Gracias a los resultados obtenidos en todas estas campañas se ha generado un creciente interés de la comunidad internacional, lo que motivó la realización en Valdivia de una reunión científica titulada "Subglacial Lake CECs Exploration Program", en marzo del 2017, que contó con la participación de 40 expertos de Chile, Estados Unidos y el Reino Unido ⑤. En esta reunión se discutió un programa de estudio de largo plazo para

este cuerpo de agua y hubo un consenso general de que es un sitio privilegiado para el estudio de la historia y dinámica del casquete de hielo antártico, así como de la posible existencia de vida en dicho cuerpo de agua.

Los resultados obtenidos en las cinco expediciones realizadas desde el 2014 a la fecha en la Antártica occidental han logrado mapear con radar 2.660 kilómetros donde existían muy pocos datos previos.

Esto permitió descubrir una topografía subglaciar compleja, compuesta por valles de origen glaciar muy profundos rodeados por montañas conspicuas y rugosas, entre las cuales se descubrió un lago que se estima posee agua dulce, que no aparecía en ninguna carta o mapa publicado a la fecha y donde se estima deberían existir formas de vida extremas, que podrían haber estado aisladas de la atmósfera por cientos de miles de años. La perforación de este lago con el fin de analizar sus aguas y sedimentos es la meta que nos hemos propuesto para los próximos años.

Las cinco expediciones realizadas desde el 2014 a la fecha en Antártica occidental han logrado mapear con radar 2.660 kilómetros donde existían muy pocos datos previos.

Vivir en altas latitudes:

Estudian riesgos por deficiencia de vitamina D en Patagonia y Antártica



Reiner Canales
—
INACH
rcanales@
inach.cl

Investigadores del proyecto junto al Comandante de Base Frei, Sergio Cubillos, y la coinvestigadora del proyecto, Capitán de Bandada Dra. Denise Echeverría.

Una de las novedades del Segundo Simposio Internacional de Deficiencia de Vitamina D en la Patagonia, realizado en Punta Arenas, la presentó el Dr. Arturo Borzutzky (Pontificia Universidad Católica de Chile), quien investiga este problema en la Antártica, más precisamente en la población de la base Frei, en la isla Rey Jorge.

¿Por qué en Antártica? Chile, como todos sabemos, es un país largo, muy largo, en realidad, con un gradiente latitudinal que parte en Visviri (latitud 17°) y llega hasta el polo sur (latitud 90°). Prácticamente, ningún país en el mundo tiene un gradiente tan extenso. Por otro lado, diversos estudios muestran que en Chile prevalece en forma generalizada una deficiencia de vitamina D (VD) en la población, pero en porcentajes que aumentan de norte a sur, con índices alarmantes en la Región de Magallanes: solo un 3 % de la población tiene niveles normales de VD y la mitad de los magallánicos tendría deficiencia severa. En esta zona se da una paradoja, porque durante mucho tiempo han existido campañas de salud pública para proteger a la población de los potenciales daños de la radiación UV, incentivando la protección por medio de vestimenta adecuada y cremas solares; el resultado no buscado es que esto dificulta la sintetización de VD en la piel de los típicamente “paliduchos” magallánicos. El problema, no obstante, es de escala global, ya que se estima que más de un ibillón! de personas tendría deficiencia de VD.

La VD es una hormona sintetizada de la piel luego de exposición a radiación ultravioleta, por lo que también se la conoce como la “hormona del sol”. Su



función biológica más conocida es la de mantener niveles normales de calcio y fósforo en la sangre. La deficiencia de esta vitamina predispone a pérdida de masa ósea y coincide con la prevalencia de múltiples enfermedades, incluyendo cáncer, riesgo cardiovascular, autoinmunidad, infecciones respiratorias y alergias.

Borzutzky y su equipo se preguntaron qué pasaría en la Antártica, donde la población está

expuesta a menos radiación solar. Su proyecto “Efectos del medioambiente antártico en los niveles de vitamina D y biomarcadores de riesgo de la salud de sus habitantes”, fue adjudicado en el XXI Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica Antártica, con un monto de \$34.000.000, además de su inclusión en la Expedición Científica Antártica (ECA), organizada cada año por el INACH. La iniciativa de la Pontificia Universidad Católica

Investigadores del proyecto tomando muestra de sangre a sujeto de estudio en Instalación Sanitaria de la base Frei, isla Rey Jorge.

El equipo investigador integrado por el Dr. Arturo Borzutzky, enfermera Carolina Iturriaga y biotecnólogo Guillermo Pérez en la base "Profesor Julio Escudero", durante la Expedición Científica Antártica 53.



de Chile cuenta con la colaboración del Instituto Milenio en Inmunología e Inmunoterapia, la Fuerza Aérea de Chile (que administra la base Frei) y la Universidad de Harvard.

“La Antártica es un muy buen modelo desde muchos puntos de vista, tiene una población bastante reclusa, que puede servir para estudios de diversa índole y puedes hacer un seguimiento con muy buen nivel de adherencia, además de que es una población bastante disciplinada, por su carácter de militares o científicos. Hay muchos problemas que se llevan al extremo en la Antártica, probablemente por condiciones geográficas y medioambientales, y uno puede obtener datos más limpios que estudiando el mismo problema en Santiago o en otros lugares del país”, afirma Borzutzky.

El proyecto contempló un estudio de suplementación con VD en diferentes dosis a la población de base Frei y Villa Las Estrellas, a quienes, además, se les tomaron muestras seriadas para evaluar el impacto de la intervención. Además del Dr. Borzutzky, fueron claves

en la realización del estudio los investigadores enfermera Carolina Iturriaga y biotecnólogo Guillermo Pérez, quienes junto a la Capitán de Bandada Dra. Denise Echeverría y enfermeros de combate de la FACH realizaron cinco evaluaciones a la población de estudio a lo largo de un año.

Los resultados preliminares muestran que la mayor parte de los habitantes antárticos que han estado por varios meses en la Antártica y, sobre todo, los que pasan el invierno allá, tienen deficiencia de VD, lo que no es una sorpresa: estudios internacionales en otras bases antárticas de otros países muestran resultados similares.

Los niveles deficientes de VD se están correlacionando en este estudio con marcadores de recambio óseo: si alguien tiene la VD baja, su hueso puede estar perdiendo calcio. Las siguientes etapas son para analizar el grueso de los datos obtenidos y ver cómo se comportan estos niveles de VD y de otros biomarcadores a lo largo del año y cómo responden a diferentes grados de suplementación de esta vitamina

para poder definir una estrategia efectiva de suplementación con VD para población de la Antártica Chilena.

¿Influye el lugar de origen de la persona? Responde Borzutzky: “Todavía no tenemos datos suficientes para poder afirmar eso, pero es probable que alguien que viene de Arica parta mejor que alguien que viene de Punta Arenas.”



Suplementos de vitamina D entregados a población de la Antártica Chilena durante su estadía.



El estudio AntarD se llevó a cabo en Villa Las Estrellas (latitud 62° S), que debido a su situación geográfica recibe bajos niveles de radiación solar durante la mayor parte del año.

A portrait of Dr. Marcelo Leppe, a man with a grey beard and mustache, wearing a dark blue suit, a white shirt, and a red tie. He is standing outdoors in front of a stone monument and green trees. The background is slightly blurred.

Dr. Marcelo Leppe,
Director Nacional del INACH

**«En la
Antártica
están las
respuestas
a muchas
preguntas
que existen
actualmente
en el Chile
continental
sudamericano»**

En enero de 2018 asumió el nuevo director nacional del INACH, Dr. Marcelo Leppe Cartes (1970), luego de ser elegido mediante un concurso del Sistema de Alta Dirección Pública. Es licenciado en Biología, de la Universidad de Concepción, con un doctorado en Ciencias Biológicas, especialidad en Paleobotánica, de esa misma casa de estudios.

Ingresó al Departamento Científico del INACH el año 2005, aunque ya pertenecía a la comunidad antártica gracias a su participación en un proyecto dirigido por la investigadora Sylvia Palma-Heldt, sobre la evolución del margen suroeste de Gondwana con evidencias geológicas y paleontológicas en la península Antártica. Desde entonces ha liderado consecutivos proyectos financiados por agencias nacionales y extranjeras, especialmente la Fundación para la Investigación (DFG) y el Servicio de Intercambio Académico (DAAD), ambos de Alemania.

Al momento de su nombramiento era presidente del Comité Nacional de Investigaciones Antárticas (CNIA), vicepresidente de la Asociación Chilena de Paleontología (ACHP), miembro titular de la Sociedad de Biología de Chile, de la Sociedad de Botánica de Chile, de la Sociedad Geológica de Chile y del Directorio de la Fundación Piloto Pardo. Ha representado al país en numerosas reuniones del Sistema del Tratado Antártico, del Comité Internacional de Investigación Antártica (SCAR), el Consejo de Administradores de Programas Nacionales Antárticos (Comnap) y la Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (Rapal).

Sus investigaciones han enriquecido, particularmente, la historia natural de Magallanes, que solía relatar un pasado casi sin dinosaurios y anclado en la imagen icónica del milodón, una especie demasiado “joven” en comparación con los titanosaurios, plesiosaurios, mosasaurios, hadrosaurios de millones y millones de años atrás que han descubierto Leppe y su equipo. No solo eso: también se ha avanzado en la comprensión de la danza geológica que han coreografiado Sudamérica y la Antártica, con varios momentos en los que han estado unidas posibilitando el paso de especies de un continente a otro. Gracias a este conocimiento podemos ver en los bosques del sur, no solo en los de Magallanes, sino también en los de Valdivia, el verde de los perdidos bosques antárticos.

Conversamos con él en la sede del INACH, frente a la Plaza Muñoz Gamero de Punta Arenas, luego de dos viajes: uno para cerrar el trabajo de terreno de su proyecto financiado por Fondecyt en la provincia de Última Esperanza y otro para participar del aniversario de la base “Profesor Julio Escudero”, en isla Rey Jorge.



¿Qué potencial tiene la Antártica para un país como Chile?

— ML: Este es un tema país, que forma parte de la Política Exterior de Chile y que implica a múltiples actores, como la Dirección de Antártica de la Cancillería, el Ministerio del Medio Ambiente, Defensa, Obras Públicas o el gobierno regional.

Actualmente, hay proyectos de envergadura, como la construcción de un muelle, renovaciones en parte de las instalaciones de la base Frei, etc. Nuestro rol es brindar una asesoría de vanguardia e instalar temas importantes en procesos que se encuentran en curso en Antártica.

Lo que se viene ahora es un importante desafío y obedece a tendencias internacionales, como lo que ocurre en el SCAR. Hace dos años, el Horizon Scan definió las ochenta preguntas que van a regir la ciencia antártica para los próximos veinte años. Después el Comnap se agrupó con SCAR y formó el comité Antarctic Roadmap Challenges (ARC), que busca solucionar los impedimentos técnicos que se podrían encontrar en aquellas preguntas en el futuro.

Desde ahí surgieron temas interesantes en los que Chile aportará en los próximos años. Por ejemplo, el cruce de informaciones entre los costos y las prioridades arroja que los flujos de datos de alta velocidad a la Antártica se ha transformado en una de las barreras más grandes para el desarrollo de una respuesta a las ochenta preguntas de SCAR.

Chile está estudiando seriamente la instalación de fibra óptica desde Magallanes hacia Antártica. Sería el primer país del mundo que estaría solucionando con fibra óptica uno de los grandes problemas que interfieren el flujo de información sobre lo que ocurre en Antártica.

¿Cuáles serán los ejes de su gestión?

— ML: Uno de ellos es la dimensión interna. Estamos analizando junto a los funcionarios las tareas y cargas de trabajo asociadas, para establecer un instituto que no necesite cambios mayores en los próximos dos años en su estructura y personal.

Buscaremos reforzar las relaciones internacionales y eso se hará mediante encargados de áreas o países; van a ser personas puntuales que van a establecer una relación más directa con los encargados de esos Programas Antárticos Nacionales. Otro aspecto es una mayor participación de Chile en foros internacionales, es decir, investigadores chilenos en distintas instancias como SCAR, que posee escasa participación nacional. Necesitamos tener más presencia en esos foros. A su vez, queremos potenciar las ciencias sociales antárticas, que probablemente pasa a ser un actor importante, algo así como una cuarta línea prioritaria de investigación del SCAR.

Debemos repensar nuestro rol en Comnap, en un momento en que hay una comunidad bastante “joven” o de gente nueva en este consejo. Es un foro donde se facilita la ciencia y se consigue sin tantos recursos, sino más bien por relaciones de colaboración estrecha y con nuevos acuerdos.

El tercer foro es la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCAMLR), que hemos fortalecido este último tiempo y para el cual tenemos un programa

especial de Áreas Marinas Protegidas. En este caso, Chile ha estado liderando este tema junto a Argentina y está contratando más científicos para desarrollar la línea argumental que permita sostener toda el Área Marina Protegida. Es algo que viene desde hace varios años, pero ahora ya tomó forma. Somos un actor relevante en CCAMLR. Por lo tanto, nuestra participación ahí se verá incrementada de forma natural.

Finalmente, tenemos una posición fuerte en la Rapal. Deseamos fortalecer nuestra relación con los países vecinos que realizan investigación en el Continente Blanco. Bajo ese contexto, el congreso antártico realizado en Punta Arenas el año pasado resultó ser un gran aliciente, una vuelta a renovar esos compromisos.

El manejo presupuestario suele ser complejo en las agencias del Estado por las condiciones que impone el momento económico o las prioridades que se establecen a nivel global. ¿Cuáles son los desafíos presupuestarios del INACH?

— ML: El primero es racionalizar los recursos, saber cuáles son. Es complejo asumir un instituto donde hay un número establecido de funcionarios, donde también hay un personal de honorarios que se reparte en todo el año o solo en períodos como la ECA (Expedición Científica Antártica) y entender todo eso en un contexto en que cada unidad o departamento hace una labor distinta. El desafío es cómo convertir este instituto a una entidad en donde podamos, incluso, suplir una de las partes en caso de falta y poder manejar esos inconvenientes.

Un segundo tema es la expansión latitudinal del INACH, con la que hemos alcanzado uno de los límites más importantes: bahía Margarita, que está dentro del círculo polar y es una de las

“

Sin el apoyo de los operadores antárticos no me imagino un país líder en ciencias antárticas, en medioambiente antártico, con instalaciones acordes a las normas del Tratado Antártico, que regule su turismo de manera sustentable o que controle la pesca sustentable”.

más grandes del mundo. Allí existe una dinámica física y biológica muy interesante, con una escenografía única. Llegar a conectar eso con una plataforma marina o costera dentro del círculo polar era un desafío importante que se está alcanzando.

Por lo tanto, más que apretar el acelerador, mi idea es apretar el embrague para pasar un cambio y seguir en la siguiente etapa tratando de ordenar el engranaje interno y externo con un plan claro, que implica, por ejemplo, poner en norma todas las bases para que cumplan estándares internacionales de sustentabilidad e innovar en materias energéticas y en plantas de tratamiento.

Otro desafío es preparar la base Escudero, nuestra cara visible en la Antártica, para el año 2025. Eso implica tener una habitabilidad y laboratorios de calidad y que esté acondicionada para cualquier contingencia. Esta es una base pivote, un lugar donde se hace ciencia y se genera la cooperación internacional efectiva: entre un 20-25 % de los investigadores que llegan a Escudero son extranjeros, lo que es una muy buena señal y debemos mantenerla, porque nos abre la posibilidad de acceder a plataformas de otros países y brindar un apoyo a investigadores chilenos que antes no se podía entregar.

¿Cómo será la relación del INACH con el sistema universitario?

— ML: El 2005 se produjo una revolución en el concurso de proyectos. Se cambió a un sistema con concursabilidad absoluta, en la que los pares son principalmente internacionales. Las evaluaciones de proyectos son ciegas, por lo tanto, las calificaciones que se obtienen están disociadas de direccionalidades o sesgos.

También se disminuyó el porcentaje del currículum, ya que estaba instalada la visión de que gente con gran currículum siempre iba a ganar, aunque el proyecto no sea tan bueno, porque el currículum pesaba mucho y eso atentaba contra los investigadores jóvenes con buenas ideas. Por eso quisimos cambiar los porcentajes y hoy en día tenemos el porcentaje más bajo de currículum y más alto en la calidad de la propuesta. Aquello ha implicado una baja en la edad de los investigadores principales, algo que buscábamos y que también abre la posibilidad para que otras universidades entiendan que sea posible realizar investigación de calidad en Antártica y generar artículos de corriente principal.

El comienzo de la época de la concursabilidad y el fin de los proyectos institucionales antárticos conllevó a multiplicar los proyectos de 14 a 101 este año y el número de publicaciones ISI (Institute for Scientific Information) crece exponencialmente y aún no se detiene.

Todo esto provocó que el Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN) se abriera a más universidades.





“**Queremos potenciar las ciencias sociales antárticas, que probablemente van a pasar a ser un actor importante, algo así como una cuarta línea prioritaria de investigación del SCAR”.**

Arriba: Dr. Marcelo Leppe durante una de las campañas de verano en cerro Guido, Provincia de Última Esperanza.

Abajo: Primer trabajo en terreno en Antártica, año 2002 en cabo Shirreff, isla Livingston. Leppe aparece acompañado por varios investigadores aún vinculados a temas polares, como el geólogo Francisco Fernandoy (extremo derecho).

¿Cómo enfocará la relación con los otros operadores antárticos?

— ML: Sin el apoyo de los operadores antárticos (léase Ejército, Armada y Fuerza Aérea de Chile), no me imagino un país líder en ciencias antárticas, en medioambiente antártico, con instalaciones acordes a las normas del Tratado Antártico, que regule su turismo de manera sustentable o que controle la pesca sustentable.

Otros aspectos como el monitoreo del clima, el acceso de los barcos a las aguas antárticas, las inspecciones conjuntas, pero principalmente el transporte y apoyo logístico en cada una de las regiones remotas, siguen descansando en los operadores. Lo que esperamos en el futuro cercano es intensificar esta relación y transmitir también el orgullo de los logros científicos a aquellos operadores, porque también son parte de esos logros.

¿Cómo ve el aporte que hace INACH a Magallanes?

— ML: Desde que el INACH se viene a la región, surgen varias relaciones causales. En primer lugar, nunca como ahora existieron tantos investigadores antárticos en la región, es decir, junto a la Universidad de Magallanes y otras instituciones, como el Centro IDEAL, se ha establecido un pool de investigadores antárticos con estándares de productividad altos.

Otro aporte fue la instalación de un laboratorio, porque durante muchos años fuimos el único laboratorio que tenía capacidades para la investigación molecular.

Veo un futuro promisorio y debemos preocuparnos de brindar las condiciones adecuadas para atraer científicos jóvenes magallánicos y chilenos que se instalen en la región y realicen investigación antártica y subantártica de calidad.

También creo que hemos colaborado fuertemente en relevar el patrimonio y la identidad polar de la región y del país.

¿Qué debería esperar Chile del INACH?

— ML: Debería esperar un grupo humano que está dedicado en cuerpo, corazón y espíritu a salvaguardar el valor original del Sistema del Tratado Antártico. En la Antártica están las respuestas a muchas preguntas que existen actualmente en el Chile continental sudamericano y debiéramos ser capaces de traducirlas desde el mundo científico al mundo en general. Deberían esperar de nosotros el garantizar que la ciencia realizada en la Antártica sea la mejor que pueda hacer Chile.

Uxolo

Paz (xhosa)

Cy

Agua (kasajo)

Tuyêt

Nieve (vietnamita)

Qhipa pacha

Futuro (quechua)

امرس

Frío (persa)

Futur

Futuro (francés)

Saynis

Ciencia (somalí)

Hotz

Frío (eusquera)

ةيبونجالا ةي بطقلا ةراقلا

Antártica (árabe)

Frigĭdus

Frío (latín)

Ès

Hielo (javanés)

Suðurskautslandið

Antártica (islandés)

集體協作

Colaboración (*cantonés*)

Ghiaccio

Hielo (*italiano*)

Tiri o te Moana

Antártica (*maorí*)

Paani

Agua (*hindi fijiano*)

Pire

Nieve (*mapudungún*)

Valge

Blanco (*estonio*)

Chhullunkhaya

Hielo (*aimara*)

Colaboración

(*español*)

Snø

Nieve (*noruego*)

Wasser

Agua (*alemán*)

Vrede

Paz (*neerlandés*)

Spî

Blanco (*kurdo*)

Kar

Nieve (*turco*)



www.inach.cl