

Encuentros en la Biología

A stylized green tree logo with a complex root system, positioned to the right of the main title.

MONOGRAFÍA ANTÁRTICA



Fotografía realizada por Equipo BENTART

Editores invitados: M^º Eugenia Manjón-Cabeza y Francisco J. López Gordillo

Co-Editores:

José María Pérez Pomares

jmperezp@uma.es

Biología del desarrollo y cardiovascular

Coordinación general- Editoriales-

Entrevistas

Miguel Ángel Medina Torres

medina@uma.es

Biología Molecular y de Sistemas-

Biofísica-Bioquímica

Coordinación general- Editoriales-

Monitor- Maquetación

Comité editorial ejecutivo:

Alicia Rivera

arivera@uma.es

Neurobiología

Enfermedades neurodegenerativas

La imagen comentada

Ana Grande

agrande@uma.es

Genética-Virología, Patogénesis virales

Rincón del doctorando

Antonio Diéguez

dieguez@uma.es

Filosofía de la Ciencia

A Debate- Recensiones

Carmen González

carmen.glez@uma.es

Biblioteconomía

Calidad y difusión

Enrique Viguera

eviguera@uma.es

Genética- Genómica

Monográficos- Eventos especiales

José Carlos Dávila

davila@uma.es

Biología Celular -Neurobiología

¿Cómo funciona?

Juan Carlos Aledo

caledo@uma.es

Bioquímica-Biología Molecular,

Energética de procesos biológicos

Vida y obra

Juan Carlos Codina

jcc110@hotmail.com

Microbiología, Educación Secundaria

Ciencias en el Bachillerato

Luis Rodríguez Caso

caso@eelm.csic.es

Técnicas de Laboratorio

Calidad y difusión

Ramón Muñoz-Chápuli

chapuli@uma.es

Biología del desarrollo y cardiovascular

Coordinación de edición electrónica-

Foros de la Ciencia

Comité editorial asociado:

Alberto Martínez

almarvi@wanadoo.es

Educación Ambiental, E. para el Empleo

Alejandro Pérez García

aperez@uma.es

Microbiología, Interacción planta-patógeno

Enrique Moreno Ostos

quique@uma.es

Ecología- Limnología

Félix López Figueroa

felix_lopez@uma.es

Ecología-Fotobiología, Cambio climático

Francisco Cánovas

canovas@uma.es

Fisiología Molecular Vegetal, Bioquímica y

Biología Molecular

Jesús Olivero

jesusolivero@uma.es

Zoogeografía, Biodiversidad animal

Juan Antonio Pérez Claros

johnny@uma.es

Paleontología

Margarita Pérez Martín

marper@uma.es

Fisiología Animal

Neurogénesis

María del Carmen Alonso

mdalonso@uma.es

Microbiología de aguas, Patología vírica de peces

María Jesús García Sánchez

mjgs@uma.es

Fisiología Vegetal, Nutrición mineral

María Jesús Perlés

Mjperles@uma.es

Geomorfología, Riesgos medioambientales

M. Gonzalo Claros

claros@uma.es

Bioquímica-Biología Molecular y

Bioinformática

Raquel Carmona

rcarmona@uma.es

Ecofisiología, Biorremediación

Salvador Guirado

guirado@uma.es

Biología Celular -Neurobiología

Trinidad Carrión

trincar@uma.es

Ciencias de la Salud, E-Salud

Índice

Editorial	43
<i>La imagen comentada</i>	43
Foros de la Ciencia	44
<i>Climatología antártica</i>	45
Buceo en los mares antárticos	47
<i>La presencia española en la investigación del bentos antártico</i>	49
Algas marinas y Antártida	51
<i>Entrevista a Jerónimo López, presidente del SCAR</i>	53

Diseño:

Raúl Montañez Martínez (raulemm@gmail.com)

Encuentros en la Biología
Revista de divulgación científica

Edición electrónica:

www.encuentros.uma.es

Correspondencia a:

Miguel Ángel Medina Torres

Departamento de Biología Molecular y Bioquímica

Facultad de Ciencias

Universidad de Málaga

29071 Málaga

medina@uma.es

encuentrosenlabiologia@uma.es

Entidad editora:

Universidad de Málaga

Editado SIN FINANCIACIÓN INSTITUCIONAL

Depósito Legal: MA-1.133/94

ISSN (versión electrónica): 2254-0296

ISSN (versión impresa): 1134-8496

El equipo editorial de esta publicación no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores colaboradores.

EDITORIAL INVITADO



La Antártida es una de las áreas más inhóspitas del mundo con presencia de investigadores españoles. Ya en la

década de los sesenta, españoles como los meteorólogos Luis Aldaz o Manuel Puigcerver, entre otros, participaban en campañas antárticas internacionales, generalmente organizadas por otros países.

En los años ochenta del siglo pasado la investigación antártica española sufrió un empuje considerable, que comenzó con campañas de prospección pesquera en los buques españoles financiados por la Secretaría General de Pesca Marítima/Instituto Español de Oceanografía. En el año 1988 se consiguió la instalación de la primera Base Antártica (BAE) Juan Carlos I, gracias al esfuerzo de distintos equipos científico y técnico liderados por Josefina Castellví (CSIC), pionera de la investigación antártica española.

La creación del buque de investigación *Hespérides*, con capacidad de rompehielos, supuso otro hito en la actividad investigadora antártica

española. Desde entonces se ha conseguido que la investigación en la Antártida sea una realidad consolidada. Los políticos se convencieron de la necesidad de un programa propio dentro del Plan Nacional I+D+i que adjudica una media de 10-15 proyectos antárticos anuales que se plantean sus objetivos dentro de un rango amplio de áreas de conocimiento. Actualmente, distinguidos españoles ocupan puestos de responsabilidad internacional como Jerónimo López, que es el presidente del SCAR (*Scientific Committee on Antarctic Research*), órgano de referencia para la coordinación internacional de la investigación en la Antártida. Así, los españoles empezamos a ser considerados internacionalmente como especialistas de prestigio a tener en cuenta en proyectos internacionales financiados por instituciones de una gran trayectoria y reconocimiento como el *Alfred-Wegener-Institut (AWI)*, o el *National Museum of Natural History (Smithsonian Institution)*.

Los co-editores invitados de este número monográfico consideraron la invitación de *Encuentros en la Biología* como una oportunidad de divulgar la

realidad de la

investigación polar española, y con ello mostrar un pequeño ejemplo de sus inquietudes como miembros activos de equipos de investigación antárticos. Para ello se ha organizado una edición especial de la revista que incluye artículos originales sobre la climatología antártica, el buceo, el estudio del bentos y de la diversidad de algas en la Antártida, así como una entrevista al actual Presidente del SCAR, Desde aquí vaya nuestro agradecimiento al equipo BENTART liderado por la investigadora del IEO, la Dra. Ana Ramos Martos, a los integrantes del equipo investigador de CARBOMAR y a los autores de los artículos que aquí se editan por su generosidad.

*Los co-editores invitados:
M^a Eugenia Manjón-Cabeza
Francisco J. López Gordillo
(Profesores Titulares de la
Universidad de Málaga)*

43

LA IMAGEN COMENTADA

**Misión imposible a bordo del *Hespérides*.**

En la Antártida el muestreo del litoral es una actividad compleja. Atravesar el *pack* de hielo en superficie es difícil (de hecho es imposible hacerlo sin un buque debidamente preparado como el *Hespérides*), pero además se corre el riesgo de que fragmentos de hielo se introduzcan en las toberas del motor del barco, lo que podría causar graves daños y poner en peligro la continuidad de la campaña. La foto muestra la rotura de esa capa de hielo superficial.

Equipo BENTART



Foros de la ciencia

Fotografía científica:

Aunque el plazo para presentar originales acabó el pasado día 31 de octubre, queremos hacernos eco de la Décima Edición de FOTCIENCIA, un certamen de fotografía científica convocado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) cuyo objetivo es acercar la ciencia y la tecnología a los ciudadanos mediante una visión artística y estética sugerida a través de imágenes científicas y un comentario escrito del hecho científico que ilustran. Existen dos categorías para participar: *Micro*, cuando la dimensión real del objeto fotografiado es menor o igual a 1 mm o la imagen haya sido obtenida mediante un instrumento de micrografía, y *General*, cuando la dimensión real del objeto fotografiado sea mayor a 1 mm. En

la web de FOTCIENCIA es posible ver las obras premiadas en ediciones anteriores. También se puede solicitar a los organizadores la exposición de una selección de obras.

Enlace: www.fotciencia.es/publico/index.aspx

Saludamos el nacimiento de EMPYRIA:

Desde Encuentros en la Biología nos congratulamos de la iniciativa surgida de un grupo de estudiantes de la Universidad de Málaga que han creado la asociación EMPYRIA. Su objetivo es el fomento de la cultura científica y el pensamiento crítico. EMPYRIA está organizando distintas actividades para ello, que pueden consultarse en su web:

<http://empyria.org/>

En esta web, además de las actividades realizadas y

programadas, se ofrecen noticias relacionadas con la UMA y la ciencia en general, foros de debate, etc. Desde aquí les animamos a que sigan adelante con este proyecto y les ofrecemos el apoyo que podamos proporcionarles.

Misterios de la ciencia:

Aunque el nombre de esta web pudiera sugerir contenidos esotéricos, es todo lo contrario. Misterios de la ciencia es una interesante web donde se pueden encontrar foros de discusión, podcasts y vídeos sobre todos los ámbitos de la ciencia. Los contenidos de muchos programas de divulgación científica de radio y televisión pueden encontrarse aquí, incluyendo *Redes*, *Ciencia al cubo*, *A hombros de gigantes* y muchos otros. A destacar una sección crítica sobre "Pseudociencia". Muy recomendable.

Enlace:

www.misteriosdelaciencia.org/index.php

Instrucciones para los autores

La revista **Encuentros en la Biología** es una publicación que pretende difundir, de forma amena y accesible, las últimas novedades científicas que puedan interesar tanto a estudiantes como a profesores de todas las áreas de la biología. Además de la versión impresa, la revista también se puede consultar en línea en <http://www.encuentros.uma.es/>. **Cualquier persona puede publicar en ella** siempre que cumpla las siguientes normas a la hora de elaborar sus originales:

- 1 Todos los manuscritos deberán ser inéditos o contarán con la autorización expresa del organismo que posea los derechos de reproducción. Además, deben tener alguna relación con el objetivo de la revista —los que simplemente reflejen opiniones se rechazarán directamente—.
- 2 El formato del documento puede ser RTF, SXW/ODT (OpenOffice) o DOC (Microsoft Word). Debido a las restricciones de espacio, la extensión de los mismos no debe superar las 1600 palabras; en caso contrario, el editor se reserva el derecho de dividirlo en varias partes que aparecerán en números distintos.
- 3 Cada contribución constará de un título, autor o autores, y su filiación (situación académica; institución u organismo de afiliación; dirección postal completa; correo electrónico; teléfono). Para diferenciar la afiliación de diferentes autores utilice símbolos (*, #, ¶, †, ‡) después del nombre de cada autor.
- 4 Los nombres de las proteínas se escribirán en mayúsculas y redondilla (ABC o Abc). Los de los genes y las especies aparecerán en cursiva (ABC, Homo sapiens). También se pondrán en cursiva aquellos términos que se citen en un idioma que no sea el castellano.
- 5 En esta nueva etapa, contemplamos aceptar que aquellos autores que no tengan el castellano como lengua materna puedan remitir sus manuscritos en inglés. Una vez aceptado, un resumen del mismo en castellano sería elaborado por el propio equipo editorial.
- 6 Las tablas, figuras, dibujos y demás elementos gráficos, en blanco y negro puros, escalas de grises o color, deberán adjuntarse en ficheros independientes. Las figuras, las fórmulas y las tablas deberán enviarse en formatos TIFF, GIF o JPG, a una resolución de 300 dpi y al menos 8 bits de profundidad.
- 7 Cuando sean necesarias, las referencias bibliográficas (**cuatro** a lo sumo) se citarán numeradas por orden de aparición entre paréntesis dentro del propio texto. Al final del mismo, se incluirá la sección de Bibliografía de acuerdo con el estilo del siguiente ejemplo:
Einstein Z, Zwestein D, DReistein V, Vierstein F, St. Pierre E. Saptial integration in the temporal cortex. Res Proc Neurophysiol Fanatic Soc 1: 45-52, 1974.
En caso de citar un libro, tras el título deben indicarse la editorial, la ciudad de edición y el año.
Si el texto principal no incluye referencias bibliográficas, se ruega a los autores que aporten 3-4 referencias generales "para saber más" o "para más información".
- 8 Aquellos que quieran contribuir a la sección **La imagen comentada** deberán remitir una **imagen original** en formato electrónico con una resolución mínima de 300 dpi y, en documento aparte, un breve comentario (de no más de **300** palabras) de la misma. Dicho comentario describirá la imagen, destacará la información relevante que aporta y/o especificará los procedimientos técnicos por los que se consiguió.
- 9 Los co-editores considerarán cualesquiera otras contribuciones para las diferentes secciones de la revista.
- 10 Envío de contribuciones: el original se enviará por correo electrónico a los co-editores (medina@uma.es, jmperezp@uma.es) o a cualquier otro miembro del comité editorial que consideren más afín al contenido de su contribución. Aunque lo desaconsejamos, también se pueden enviar por correo ordinario (Miguel Angel Medina, Departamento de Biología Molecular y Bioquímica, Universidad de Málaga, 29071 Málaga, España) acompañados de un CD. No se devolverá ningún original a los autores.

Climatología Antártica: Comprendiendo los efectos a escala global

J. Pablo Ortiz de Galisteo Marín¹ y Ángel M. de Frutos Baraja²

¹ Delegado de la AEMET en Castilla-León, ² Catedrático de Física Atmosférica de la Universidad de Valladolid
angel@goa.uva.es



45

Las regiones polares son áreas remotas que tienen una gran influencia en el clima de la Tierra y por tanto en el medio ambiente, los ecosistemas, y la sociedad humana. Estas regiones son altamente sensibles al cambio climático, lo cual aumenta su importancia para el futuro de los ecosistemas polares. De hecho, las tres zonas que han sufrido el calentamiento más rápido en las dos últimas décadas han sido Alaska, Siberia, y la Península Antártica. Los Polos actúan como sumideros de calor del sistema climático global, y responden a los cambios climáticos producidos en cualquier otra parte de la Tierra y al mismo tiempo los condicionan. Podemos decir que la regiones polares son el termómetro que nos sirve para saber el estado de salud del enfermo y su futura evolución. Sin embargo, sorprendentemente y a pesar de su importancia, ignoramos muchos aspectos de esta interacción. Las regiones polares también guardan los archivos de la Climatología de la Tierra, siendo la Paleoclimatología la ciencia que se encarga de su estudio, lo que nos permite analizar cambios pasados y contrastarlos con el actual.

La disminución de la superficie marina helada, la reducción de la capa nival, el retroceso de los glaciares, el deshielo del permafrost, el agujero de la capa de ozono, y el aumento del nivel de aerosoles, son todos cambios dramáticos que están teniendo lugar en estas regiones como consecuencia del cambio climático, y que pueden producir cambios en la circulación oceánica y atmosférica afectando al resto del planeta.

En las últimas décadas ha habido grandes avances en la comprensión del papel de las regiones polares en el Sistema Climático Global, pero nuestro conocimiento es aún escaso.

La mayor parte de la Antártida se encuentra cubierta por un gigantesco inlandsis, con un espesor promedio de hielo de 2.500 m, siendo el máximo espesor registrado de 4.776 m. Un 98% de su superficie está cubierta por hielo y nieve, conteniendo 30 millones de km³ de hielo, el 90% del total del planeta. En ciertas zonas la calota glacial supera ampliamente los límites del continente formando extensas barreras sobre las grandes bahías del Océano Glaciar Antártico (las más importantes son las de Ross, de Ronne, de Filchner, y de Larsen).

Durante el verano el continente antártico tiene una superficie de unos 14 millones de km². Durante el invierno el mar adyacente se congela y su superficie aumenta hasta los 30

millones de km². Esta característica, que se repite año a año con el cambio de las estaciones, le ha valido a la Antártida el nombre de "Continente Pulsante".

La Circulación General Atmosférica conforma las regiones polares como áreas de altas presiones al norte o sur, respectivamente, de la trayectoria principal de los sistemas convectivos. Esto, unido a la poca energía solar que reciben, hace que sean unos desiertos fríos. Por ejemplo, en la Antártida la precipitación anual media apenas llega a los 50 mm, menor que la registrada en el Sahara.

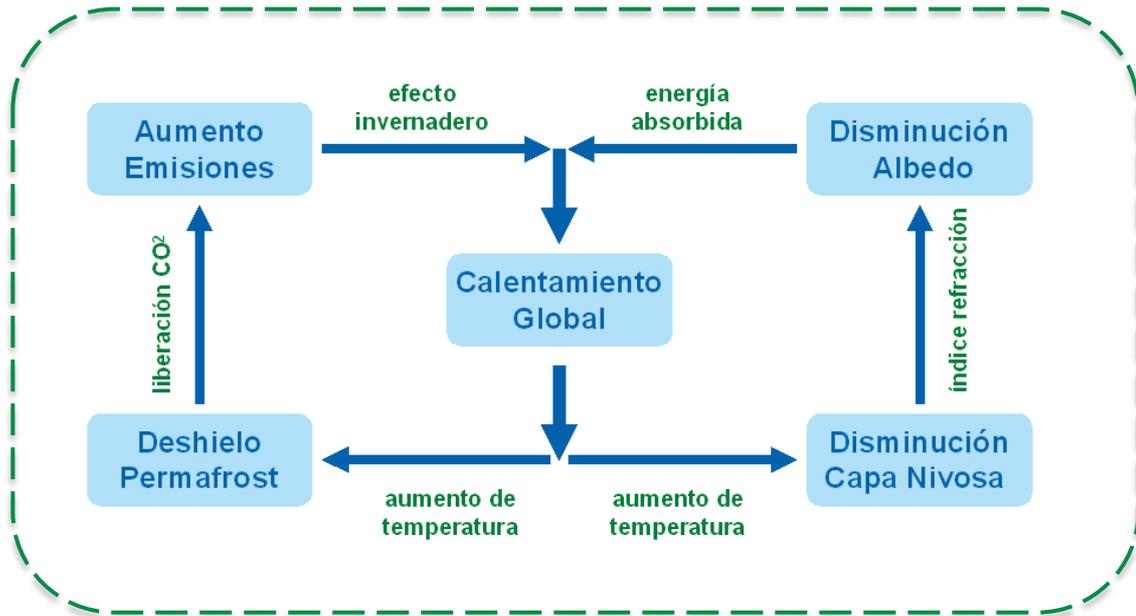
El campo de viento en la Antártida es una de las características más marcadas del continente, con persistentes vientos en las regiones costeras procedentes del gran plato interior, siendo de los más constantes en dirección sobre la Tierra. Estos vientos catabáticos (que soplan con componente descendente) son más fuertes durante el invierno, cuando la gran noche polar produce una masa de aire muy frío que por gravedad se desplaza pendiente abajo desde la alta meseta antártica hacia las costas.

El Sistema Climático Global está regido por la energía del Sol, que en su mayoría se recibe a bajas latitudes. A lo largo del año el Ecuador recibe cinco veces más energía que los Polos, creándose un importante gradiente de temperatura que tiende a ser contrarrestado con un flujo de calor del ecuador a los polos conducido por la atmósfera y los océanos.

Las regiones polares están interconectadas con el resto del sistema climático terrestre mediante complejos caminos a través del flujo atmosférico y la circulación oceánica, actuando como sumideros de calor. Las alteraciones en algunos elementos de los sistemas polares por el cambio climático refuerzan el motivo que los provocó, retroalimentando el ciclo y afectando de forma importante al sistema climático global.

Groenlandia y la Antártida contienen el 9 y el 90%, respectivamente de los hielos del planeta. Si ambas se descongelaran completamente el nivel del mar subiría 7 m y 70 m, respectivamente. También al cambiar la salinidad del agua se verían afectadas las corrientes termohalinas.

La disminución del manto nivoso provocaría una disminución del albedo y por tanto un aumento en la energía absorbida con el consiguiente aumento de la temperatura. Cuando los glaciares alcanzan la costa, empiezan a flotar



46

formando una banquisa desde la que se desprenden icebergs. Desde 1974 un total de 13500 km² de hielo se han desintegrado solamente en la Península Antártica, fenómeno unido al aumento de más de 2°C en la temperatura. El colapso de la plataforma Larsen B en febrero de 2002 liberó 3250 km² de capa de hielo de fondo marino de una antigüedad de 5000 años.

La recesión del hielo marino favorecerá una intensificación de las mareas de tempestad en las áreas exentas de hielo, acentuando con ello la erosión por efecto de una mayor actividad de las olas. Un efecto añadido será la sedimentación, así como un mayor riesgo de crecidas en áreas costeras.

En la actualidad, los hielos antárticos son el hábitat de una ingente población de krill, del que se alimentan innumerables aves marinas, focas y ballenas; una disminución importante de su extensión reduciría la población de esos crustáceos, con el consiguiente efecto sobre los predadores superiores. Los hielos marinos son importantes también para la alimentación de animales como la morsa o el oso polar, proporcionándoles un lugar de descanso entre inmersiones y sirviendo también como medio de transporte para pescar en un área más extensa.

A día de hoy tenemos muchas evidencias de la existencia de un forzamiento radiativo de tipo positivo que está produciendo un calentamiento global en el sistema climático de origen antropogénico por el aumento de los gases de

efecto invernadero. Como resultado se produce un incremento en la temperatura media del aire, y de la temperatura de los océanos, una disminución de las superficies cubiertas por hielo y nieve y de la masa de nieve, y un aumento del nivel del mar, así como cambios en los regímenes de precipitación, viento y en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos.

Se prevé que las temperaturas medias anuales en la superficie de la zona helada del Antártico aumenten durante el siglo XXI entre 0,2 y 0,3°C por decenio. La extensión de los hielos marinos disminuiría en consonancia. En el interior de la Antártida, grandes extensiones elevadas experimentarían aumentos de temperatura superficial superiores a 0,3°C por decenio. Este aumento podría debilitar los vientos catabáticos, especialmente en la estación estival. La variación del albedo por efecto de la recesión de los hielos marinos es la señal más clara de un calentamiento del clima en latitudes altas.

Con el objeto de poder entender el clima global y su evolución en el futuro, la comunidad científica necesita conocer mejor las condiciones actuales en los polos, y cómo influyen e interactúan con los océanos, la atmósfera y los continentes.



El buceo en la Antártida

Javier Cristobo

Director del Centro Oceanográfico de Gijón, Instituto Español de Oceanografía
cristobo@gi.ieo.es



Cualquier operación de buceo en aguas frías requiere una cuidadosa preparación, pero además el buceo en la Antártida exige una serie de precauciones adicionales que se deben tener en cuenta para asegurar la seguridad de los buceadores.

Según la legislación española (BOE del 27/11/97, Art.13.4) se consideran aguas frías aquellas cuya temperatura no supere los 7°C (En el verano antártico oscila entre 1°C y -1,8°C). El buceo con escafandra autónoma o buceo SCUBA es para nuestro equipo una herramienta más de trabajo, que nos permite la recolección se-

El frío y la inmersión combinados incrementan la producción de orina, el cuerpo reacciona produciendo calor por temblor (y por otros medios) y se produce fatiga en exposiciones prolongadas.

Para evitar en gran medida estos efectos, la elección del traje seco resulta en este sentido fundamental, ya que este tipo de trajes (en los que el cuerpo no entra en contacto con el agua) son los que proporcionan un mejor aislamiento, junto con la ropa térmica que se lleve por debajo del traje. La tendencia hoy en día es hacia la utilización de trajes trilaminados que propor-



47

lectiva y controlada de los invertebrados bentónicos que necesitamos. En nuestro caso, que acudimos a la Antártida a realizar misiones de investigación, la legislación en materia de buceo que se nos aplica es la misma que para buceo deportivo (Orden 20-7-2000).

Cuando sometemos al cuerpo humano a bajas temperaturas, se desencadenan una serie de cambios en los distintos sistemas del cuerpo; La inmersión en agua fría, reduce la frecuencia cardiaca y disminuye el flujo sanguíneo a brazos y piernas, aparece mas pronto la fatiga, la habilidad para ejercitarse disminuye, se incrementa el metabolismo de inmediato (lo que se evidencia con el aumento en el consumo de oxígeno).

cionan una mayor comodidad bajo el agua y facilidad para vestirse, pero aíslan mucho menos del frío que los clásicos de neopreno, por lo que hay que complementarse mucho más con el traje interior denominado comúnmente como "rata". Los trajes secos requieren un entrenamiento para poder controlar la flotabilidad.

Se debe utilizar reguladores preparados para aguas frías, botella con doble grifería y dos reguladores independientes. Nosotros el material para la inmersión que utilizamos consiste básicamente en trajes secos *DUI* y reguladores *Apeks*. En mi caso he utilizado siempre calcetines técnicos *Lorpen*.

En España no existe ni una titulación oficial ni cursos específicos para buceo en aguas frías. Algunos clubs ofrecen salidas y entrenamientos específicos y el Centro de Buceo de la Armada tiene un curso de ambientación en aguas frías pero que no está disponible, salvo raras excepciones, para los civiles, ya que es parte del entrenamiento de los buceadores de combate.

En la Antártida, aparte del material en sí, se deben tener otras consideraciones a la hora de bucear. El estado de la mar y las condiciones meteorológicas son muy cambiantes en cuestiones de horas por lo que en la planificación de la inmersión es un aspecto fundamental.

Además de esto, es necesario tener en cuenta la fauna con la que nos podemos encontrar

Los elefantes marinos del sur (*Mirounga leonina*) y los lobos marinos de dos pelos (*Arctocephalus gazella*) se pueden poner agresivos durante la época de reproducción hacia finales de primavera-principios de verano. Las focas cangrejas (*Lobodon carcinophagus*) muestran curiosidad por los buceadores pero no son agresivas. Se han reportados casos de ataques a humanos por parte de foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*) en tierra firme y alguna amenaza a los buceadores en el agua. En la historia, el único caso de muerte causada por una foca leopardo ocurrió en 2003 en la *Rothera Research Station* (Península Antártica).



X ENCUENTROS CON LA CIENCIA

ORGANIZAN

Dr. Enrique Viguera, Dra. Ana Grande y Dr. José Lozano (Universidad de Málaga)
Julia Tawai (Sociedad Malagueña de Astronomía)
María Argibay (I.E.S. Cánovas del Castillo)
Centro del Profesorado de Málaga

PATROCINAN

Ámbito Cultural de El Corte Inglés
Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular
Euronutra
FECYT

COLABORAN

Fundación CIEDES
Ayuntamiento de Málaga
MUY Interesante
Universidad de Málaga

SEDE DE CONFERENCIAS Y EXPOSICIÓN

Ámbito Cultural de El Corte Inglés de Málaga (Edif. Hogar - Planta Baja)
Dpto. de Librería, en calle Hillera, s/n

CONFERENCIAS 2012

22 octubre, lunes, 19.30 h.
Orca: carroña y evolución humana
Dr. Bienvenido Martínez Navarro
ICREA, Instituto Catalán de Paleoecología Humana y Evolución Social (Tarragona)

26 octubre, viernes, 19.00 h.
"Qué difícil es ser humano!" (Inauguración de la exposición)
19.30 h.
Los homínidos de Atapuerca: crisis en la Europa del Pleistoceno
Dra. María Martínón Torres
Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (Burgos)

5 noviembre, lunes, 19.30 h.
Cáncer, biología sintética y fármacos inteligentes
Dr. Guillermo de la Cueva Méndez
Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología (Málaga)

12 noviembre, lunes, 19.30 h.
Obesidad y cáncer
Dr. Manuel Serrano, Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (Madrid)

EXPOSICIÓN

26 octubre - 11 enero
"Qué difícil es ser humano!"
Dr. Paul Palmqvist Barrena
Dr. Juan Antonio Pérez Claros
Dr. Javier Mediano Soto
D. Pedro Cantalejo
Dra. Ana Grande Pérez
Dr. Guillermo Thode Mayoral
Dr. Enrique Viguera Minguez

19 noviembre, lunes, 19.30 h.
Desarrollo de medicamentos, un modelo de interacción entre ciencia y sociedad
Dra. M^a Isabel Lucena González, Universidad de Málaga

3 diciembre, lunes, 19.30 h.
Los retos de la exploración de Marte
Dr. José Antonio Rodríguez Manfrez
Centro de Astrobiología INTA-CSIC (Torrejón de Ardoz, Madrid)

17 diciembre, lunes, 19.30 h.
Bosón de Higgs: el secreto de la masa de las partículas
Dr. Francisco R. Villatoro, Universidad de Málaga

www.encuentrosconla ciencia.es
Imágenes: Dr. Emma Viguera y CERN

La presencia española en la investigación del bentos antártico

Pilar Ríos

Centro Oceanográfico de Gijón, Instituto Español de Oceanografía
pilar.rios@gi.ieo.es

España se adhirió al Tratado Antártico en 1982, aceptando de esta forma el compromiso de respetar y cumplir las normativas que de él derivaran, por medio de las reuniones periódicas con los países de rango consultivo (España adquirió este carácter en 1988).

En el estudio del Continente Antártico, España ha realizado un gran esfuerzo, participan-

do inicialmente en expediciones realizadas por otros países: Bélgica, Chile, Argentina y Estados Unidos. Pero no fue hasta finales de 1986 y principios de 1987 que se pudo afrontar la gran aspiración de muchos científicos españoles: la preparación y ejecución de una expedición científica española a la Antártida.

La Campaña "8611" fue la primera expedición científico-pesquera española a la Antártida. A bordo del *Pescapuerta Cuarto* y del *Nuevo Alcocero*, 24 científicos embarcaron en Ushuaia y zarparon el 21 de noviembre de 1986, navegando 80 días y recorriendo 11.000 millas, por



49

do inicialmente en expediciones realizadas por otros países: Bélgica, Chile, Argentina y Estados Unidos. Pero no fue hasta finales de 1986 y principios de 1987 que se pudo afrontar la gran aspiración de muchos científicos españoles: la preparación y ejecución de una expedición científica española a la Antártida.

Previamente, en el verano austral de 1983, tuvo lugar una expedición marítima a la Antártida que inicialmente incluía fines de investigación. El *Idus de Marzo* partió de Gijón en septiembre de 1982, pero debido a varios retrasos y averías sufridas, fue necesario prescindir de los planes de investigación previstos y reducir el

el Arco del Scotia. El objetivo científico que se perseguía era la búsqueda de los fenómenos físico-químicos que se desarrollan en la convergencia y divergencia de las aguas antárticas, el conocimiento de la biología de las especies de estos mares y el estudio de la tectónica de la zona.

Por otra parte se trataba de estudiar los recursos pesqueros de la zona, ya que una parte significativa de la flota pesquera de altura española estaba operando desde hacía tiempo en el Atlántico Sur. Simultáneamente siempre se tuvo presente el efecto político que la realización de

un buen trabajo podría representar en los foros internaciones del Tratado Antártico.

Recién firmado el acuerdo por el que nuestro país pasaba a ser miembro consultivo de dicho tratado se organizó la Expedición Científica 88/89 a bordo de un antiguo remolcador, transformado posteriormente en el Buque Oceanográfico *Las Palmas*.

En 1988 fue instalada la Base *Juan Carlos I*, situada en la Isla Livingston (Shetland del Sur) y que se utiliza sólo durante el verano austral.

La base antártica *Gabriel de Castilla* está situada en la Isla Decepción, entre las Islas Shetland del Sur y el continente Antártico. Fue instalada como observatorio en 1989 y se utiliza exclusivamente durante el verano austral. Realiza trabajos de observación geofísica y monitorización sísmológica, aprovechando las especiales características de la isla y de la fauna asentada en ella.

Los medios con que cuenta España se completan con el Buque de Investigación Oceanográfico *Hespérides*, entregado a la Armada Española en 1991 y cuya principal misión es mante-

ner los programas que España desarrolla anualmente en la Antártida, además de servir como buque de apoyo logístico a la Base Juan Carlos I.

A bordo de este buque se han desarrollado las expediciones científicas "Bentart 94", "Bentart 95", "Gebrap 96", "Ciemar 99", "Bentart 03" y "Bentart 06" cuyo principal objetivo ha sido el estudio de las comunidades bentónicas y las condiciones medioambientales en que estas se desenvuelven en la Península Antártica y el Mar de Bellingshausen.

Desde el año 2004, en las bases Gabriel de Castilla y en la Isla de Rey Jorge investigadores españoles llevan a cabo, diferentes estudios para valorar el efecto del cambio climático, principalmente el calentamiento del agua del mar y el aumento del período de deshielo, sobre la composición de las comunidades, las características demográficas y los ciclos reproductivos de la macrofauna bentónica que vive en la franja intermareal de esta zona.



50



Fotografía realizada por Francisco J. López Gordillo

¿Dónde acabarán 30 Millones de años de evolución? Las algas marinas, clave para el futuro de la Antártida



Las zonas litorales y sublitorales de la Antártida están dominadas por densas comunidades de macroalgas, con alta diversidad y que producen una gran cantidad de biomasa. Al igual que en otras zonas del planeta, estas algas no sólo constituyen la base alimenticia de numerosos organismos, sino que además conforman hábitats permanentes para muchas especies y son utilizadas como zonas de reproducción y cría para muchas otras que tienen fases de vida en aguas alejadas del litoral. En la Antártida, el ecosistema terrestre está muy restringido, especialmente en cuanto a productores primarios se refiere. Los animales que observamos en tierra se alimentan fundamentalmente de organismos marinos, por lo que la importancia de las algas polares como sustento de todo el ecosistema alcanza aun mayor protagonismo que en otras latitudes. Esto las convierte en organismos claves en el devenir del ecosistema antártico de cara a los cambios que se están produciendo en el marco del calentamiento global. Dicho de otra manera, los cambios que se produzcan en la comunidad de algas (número de especies y abundancia relativa de estas) tendrá consecuencias que se propagarán al resto de la red trófica. Se hace por tanto necesario conocer qué cambios cabe esperar identificando los procesos susceptibles de alteración.

El continente antártico lleva en torno a 30 millones de años en la situación de aislamiento geográfico y climático que hoy conocemos. Anteriormente su clima fue templado como atestiguan los fósiles de helechos y otros organismos que abundantemente se encuentran en sus rocas. Tras su posicionamiento en el polo sur geográfico del planeta las condiciones ambientales tornaron a un gran descenso en su temperatura, pero además, a un régimen estacional con meses de oscuridad casi permanente en invierno y luz continua en verano. Estas condiciones tan extremas impusieron una presión de selección evolutiva drástica. Con el tiempo fueron apareciendo especies capaces de sobrevivir a los largos inviernos a bajas temperaturas. En la Antártida el grado de endemismo es muy elevado. Encontramos especies muy adaptadas a estas condiciones y que han perdido la capacidad de vivir en regiones más templadas. Estas especies endémicas son mayoría, por lo que un cambio significativo en las condiciones ambientales las enfrentaría directamente con la extinción.

En el caso de las algas antárticas, lo más relevante de su metabolismo es que son especialistas en la captación y aprovechamiento de la energía lumínica. Hay especies que sobreviven todo el año con la misma cantidad de luz que llega al intermareal mediterráneo en menos de un día completo. Alternativamente, para muchas especies resulta difícil saturar su fotosíntesis con un exceso de radiación solar y muestran poca fotoinhibición. Estas dos características determinan la profundidad a la que viven las diferentes especies.

Respecto al cambio ambiental esperado, sin embargo, la cantidad de luz que llega a estas algas no es uno de los factores principales, aunque hay que tenerlo en cuenta dado que la ausencia de hielo por un tiempo más prolongado en verano aumentará la dosis anual de luz que penetra en la columna de agua. Otras amenazas ambientales directamente vinculadas con el cambio global son el aumento en los niveles de CO₂ y en la temperatura media y extrema (máximas ocasionales) del agua de mar.

El CO₂ es el sustrato de la fotosíntesis y en principio podríamos pensar que una 'fertilización por CO₂' beneficiaría a la comunidad. En realidad, las distintas especies de algas muestran respuestas muy diferentes al aumento de CO₂. Algunas mejoran su crecimiento, otras se ven afectadas negativamente (quizá por una capacidad reducida de regular el pH interno), y otras muchas no muestran diferencias significativas respecto a los niveles de CO₂ previos a la revolución industrial. En el caso particular de las algas antárticas, el aumento de CO₂ por sí solo no parece afectarles en ningún sentido, excepto para unas pocas especies; entre ellas *Desmarestia anceps*, una de las más abundantes y determinantes de la comunidad. Esta especie se ve perjudicada por el aumento de CO₂, y su retroceso podría alterar la composición de especies de la comunidad y condicionar la supervivencia de los animales que dependen de ella.

Pero el efecto del CO₂ se ve aun potenciado por la combinación con otros factores como la temperatura. Cada vez más estudios demuestran que la temperatura y el CO₂ tienen efectos sinérgicos, es decir que el resultado de combinar ambos factores es mayor que la suma de cada uno por separado. En algas del polo opuesto, el Ártico, la combinación de CO₂ y temperatura ha demostrado tener efectos sinérgicos en diferentes especies, mientras que otras no se veían significativamente afectadas, quedando demostrado el potencial de estas

sinergias para modificar la composición de especies de la comunidad y la red trófica que de ella depende.

Nuestras investigaciones de cara al futuro revelarán los mecanismos específicos de respuesta al aumento de CO₂ y de temperatura. Las especies polares en general y antárticas en particular presentan características que son poco comunes o incluso inexistentes en especies de climas más templados. El largo periodo de evo-

lución que han recorrido ha hecho aparecer mecanismos celulares adaptativos que necesitamos comprender para poder explicar adecuadamente los cambios previstos y para poner en valor la rareza de estas especies amenazadas de las que dependen ecosistemas enteros.



52



Figura 1: Algas del intermareal en la Isla del Rey Jorge (Antártida).



ENTREVISTA A JERÓNIMO LÓPEZ

PRESIDENTE DEL SCIENTIFIC COMMITTEE ON ANTARCTIC RESEARCH (SCAR)

por M^a Eugenia Manjón Cabeza Cloute

Conocí al Profesor Jerónimo López, en el VII Simposio Español de Estudios Polares celebrado en Granada en el año 2006, por entonces, recién llegada de mi segunda campaña antártica. Me lo presentaron después de una breve, pero intensa e ilustrativa presentación a cerca de la situación de la investigación española en las zonas polares. Desde entonces, siempre que he emprendido un nuevo proyecto o desarrollado una nueva idea, me ha transmitido su interés y su optimismo. Siempre respondió a mi llamada para la organización de distintas actividades, como las "Jornadas Malacitanas de Estudios Antárticos", organizadas por esta Universidad en el año 2008.

Para los jóvenes investigadores antárticos, por aquél entonces, representó un apoyo incondicional aunándonos en la idea de la necesidad de reunir los resultados obtenidos por los distintos proyectos en bases de datos generales, accesibles para todo aquél que pretendiera desarrollar estudios globalizadores, que abarcaran distintas disciplinas y que respondieran a las necesidades de los distintos grupos de investigación, las "metadatos". Unificar todas esas series temporales que podrían, en definitiva, intentar explicar el funcionamiento de los sistemas que regulan la vida en las aguas de un continente, que por su lejanía y por lo agreste de sus condiciones ambientales, resulta tan costoso de muestrear. De ese espíritu inicial surgieron distintos proyectos dentro de la red SCAR-Marine Biodiversity Information Network (SCAR-MARBIN) que integra tanto datos ambientales como censos de especies marinas, esta última creada bajo los auspicios del proyecto CAML (Census of Antarctic Marine Life) y el ANTABIF (Antarctic Biodiversity Information Facility) que actualmente se está desarrollando por distintas instituciones y fundaciones relacionadas con el SCAR.

De él se podrían decir muchas cosas, pero teniendo en cuenta el cargo de responsabilidad que ocupa y las dosis de realidad que conlleva, nunca ha dejado de transmitir optimismo e ilusión.

53

Jerónimo López es doctor en Ciencias Geológicas y profesor de la Universidad Autónoma de Madrid. Su formación y labor docente se han desarrollado principalmente en las universidades Complutense, de Zaragoza y Autónoma de Madrid, habiendo realizado estancias en otras universidades y centros de investigación (como Paris Sur-Orsay y Cambridge). Sus líneas de investigación incluyen la Geología del Cuaternario, Geomorfología, Paleoclimatología, Neotectónica, Geología de la Antártida, Geología del Karst, Riesgos geológicos, Geología ambiental y Patrimonio geológico. Realiza investigaciones geológicas en la Antártida desde 1989, habiendo sido responsable de numerosos proyectos científicos. Ha participado en una treintena de expediciones a las principales cordilleras de la Tierra y a las regiones polares, nueve de las cuales han sido a la Antártida, en colaboración con científicos y medios logísticos de diversos países. También ha estado en varias ocasiones en el Ártico. Ha ascendido a numerosas cumbres de las principales cordilleras de la Tierra, incluido el Everest y el Monte Vinson, máxima altitud de la Antártida. Premio Nacional de la Sociedad Geográfica Española, 2008 y autor de más 200 publicaciones científicas en medios nacionales e internacionales, de las cuales alrededor de un centenar son sobre la Antártida. Forma parte del comité editorial de varias revistas científicas extranjeras y españolas. Ha actuado como evaluador de proyectos científicos y de centros de investigación en diversos países. También ha efectuado numerosas publicaciones y actividades de carácter divulgativo y de difusión de la ciencia. Desde su creación en 1998 y hasta el año 2003 ha sido el representante español en el Comité de Protección del Medio Ambiente Antártico y ha participado como delegado en seis Reuniones Consultivas del Tratado Antártico. Ha sido gestor del Programa Nacional de Investigación en la Antártida y Secretario del Comité Polar Español. También ha sido durante cuatro años vicepresidente del European Polar Board de la European Science Foundation. Entre 2002 y 2006 ha sido vicepresidente del Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), el órgano internacional que se ocupa de promover y coordinar la investigación científica en la Antártida y como tal recogió personalmente el Premio Príncipe de Asturias 2002 de Cooperación Internacional. En el periodo 2007-2008 formó parte de Joint Committee del Año Polar Internacional y desde entonces miembro del International Council for Science (ICSU). Recientemente ha sido elegido Presidente del comité internacional.



Scientific Committee
on Antarctic Research
Comité Nacional Español



¿Qué es el SCAR, como y donde ejerce su influencia? ¿Qué puesto ocupa o ha ocupado en el Comité y que trabajo ha desarrollado en el mismo?

SCAR son las siglas de *Scientific Committee on Antarctic Research*. Se trata del comité internacional que se ocupa de promover y coordinar la investigación científica que se realiza en la Antártida, además de ser el órgano asesor del Tratado Antártico en cuestiones científicas. Existe desde 1958 y actualmente está constituido por 37 países y nueve Uniones Internacionales de ICSU, el Consejo Internacional para la Ciencia. Se puede decir que es el órgano internacional de referencia en lo que se refiere a la investigación antártica. El SCAR cuenta con numerosos subcomités y una serie de proyectos científicos. Quienes quieran saber más sobre su organización y actividades, así como sobre sus miembros, pueden visitar su página web: www.scar.org

En la actualidad ocupo el puesto de presidente del SCAR, tras haber sido elegido a finales de julio de 2012, durante el XXXII SCAR Meeting celebrado en Portland, USA. Anteriormente fui vicepresidente, entre 2002 a 2006, precisamente cuando le fue concedido al SCAR el Premio Príncipe de Asturias de Cooperación Internacional, por eso tuve el honor de ser uno de que los que recogió el galardón en Oviedo.

Desde que España entró en el SCAR como miembro de pleno derecho (esto fue en 1990, tras haberse asociado en 1987) he participado en diversos grupos de trabajo y comisiones, en general en temas relacionados con mi campo de investigación, la geología. Soy también el presidente del Comité español del SCAR, sobre el cual puede encontrarse información en su página web: www.uam.es/cn-scar.

Durante todo ese tiempo, los últimos 23 años, he desarrollado gran parte de mi investigación en la Antártida, dentro de diversos proyectos españoles y con colegas extranjeros. Ello me ha llevado a participar hasta ahora en nueve expediciones a la Antártida (este año 2012 iré por décima vez) y a haber realizado del orden de un centenar de publicaciones científicas sobre la Antártida.

¿Cómo se ha desarrollado el Año Polar Internacional 2007-2008 y cuál ha sido su intervención en las actividades para celebrar el evento?

Se ha tratado de una gran iniciativa de investigación coordinada internacionalmente, que fue promovida por ICSU y la Organización Meteorológica Mundial (WMO), con el fin de impulsar la investigación científica en ambas regiones polares, Antártida y Ártico, que se ha celebrado coincidiendo con el 50 aniversario de la anterior edición, que había sido 50 años antes, en 1957-1958. Se ha tratado de la cuarta edición de un año polar en la historia, después de haberse celebrado el primero en 1882-1983 y el segundo en 1932-1933.

En la última edición, cuyas actividades sobre el terreno abarcaron hasta marzo de 2009, se ha superado la magnitud de las anteriores, habiendo participado unas 50.000 personas de más de 60 países. Ha servido para mejorar las redes polares de recogida de datos, la cooperación internacional y el alcance de los resultados científicos. En España también se intensificó la investigación polar durante ese periodo.

En mi caso, además de con las investigaciones que nuestro grupo desarrolló dentro de dos de los proyectos internacionales que se llevaron a cabo, fui nombrado por ICSU y la WMO miembro del *Joint Committee*, la comisión que se ocupó de la organización y seguimiento del Año Polar. Esta comisión desarrolló su labor entre 2004 y 2010, y en la última etapa (2009-2010) fui copresidente de la misma. Ha sido una experiencia muy enriquecedora, sobre todo en lo que se refiere a ampliar mi perspectiva del conjunto de la investigación polar.

Quienes quieran acceder a más información sobre el Año Polar Internacional, su organización y sus actividades, pueden encontrarla en la página web www.ipy.org y en la siguiente publicación accesible a través de la red:

<http://www.icsu.org/news-centre/publications/reports-and-reviews/ipy-summary>

¿Qué implicaciones políticas y ambientales conlleva desarrollar estos trabajos en una zona con las limitaciones que impone un Tratado Internacional?

La Antártida es un territorio sujeto a un régimen político y administrativo muy particular -el Tratado Antártico-. No está bajo la jurisdicción de ningún país determinado, sino que se gestiona colectivamente y las decisiones





55

se toman por los 28 países que poseen el status de Miembros Consultivos del Tratado Antártico. España es uno de ellos desde 1988. Entre otras cosas el Tratado dedica la Antártida a la investigación científica y promueve el intercambio de información.

Desde que en 1998 entró en vigor el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, conocido como Protocolo de Madrid por haber sido aprobado en esa ciudad, se han incrementado los requerimientos ambientales para desarrollar actividades en la Antártida. Entre otras cosas, es necesaria la preparación de evaluaciones de impacto ambiental, la gestión adecuada de los residuos y la prevención de la contaminación. Existen zonas especialmente protegidas y otras especialmente gestionadas, en las que existen diversos requerimientos para acceder a ellas. El Protocolo prohíbe la explotación de los recursos minerales antárticos al menos hasta el año 2048.

¿Cuál es la relevancia de la investigación que se está desarrollando en la Antártida a nivel mundial? ¿Qué lugar ocupa España?

La Antártida en su conjunto es un lugar especialmente favorable para muchas investigaciones. Al estar tan alejada de los focos de actividad y de emisiones humanas, se pueden hacer representativas mediciones de muchos parámetros. Para el seguimiento del cambio climático es un lugar muy destacado. Allí se conservan registros del pasado que son únicos en la Tierra y que permiten reconstruir condiciones del pasado. Un ejemplo de ello es la información sobre paleotemperaturas que proporcionan los sondeos en el hielo, así como sobre la composición de la atmósfera, incluidos los gases de efecto invernadero, que puede ser medida en las burbujas de aire existentes en el hielo. El hielo más antiguo obtenido hasta ahora en la Antártida es de 800.000 años de antigüedad. Las especiales condiciones ambientales de la Antártida son favorables para los estudios relativos a biodiversidad y ecología. Los altos territorios del interior del continente ofrecen excelentes localizaciones para la observación astronómica. La Antártida es el lugar del mundo en el que se ha recogido un mayor



número de meteoritos. La Placa Antártica tuvo un papel central en el supercontinente de Gondwana y su estudio, a pesar de las limitaciones debidas al recubrimiento de hielo, proporciona información de mucho interés acerca de la fragmentación de dicho supercontinente a lo largo del Mesozoico. Los recientes descubrimientos sobre el papel del agua líquida existente bajo el casquete de hielo antártico han convertido a la investigación subglaciar en un interesante objetivo. Los movimientos del agua en el océano austral tienen una importante influencia en la circulación oceánica global y, en definitiva, en el clima del planeta. A pesar de no ser un listado completa, los citados son ejemplos que ilustran las posibilidades que ofrece la investigación antártica.

En la actualidad la comunidad científica española contribuye significativamente en el esfuerzo colectivo de investigar en la Antártida. Aunque la incorporación de España a esa comunidad internacional tiene unos 24 años, nuestro país ha avanzado mucho en ese tiempo. Yo diría que la inversión y el esfuerzo realizado por nuestro país en la investigación antártica ha sido muy rentable en términos de producción científica y de proyección internacional de la misma. Yo diría que probablemente España está entre los doce países que más producción científica tienen en la Antártida en los últimos años.

¿Por qué cree usted que es importante seguir invirtiendo en este tipo de investigación tan costosa? Si consideramos la actual situación económica, podríamos pensar que estas inversiones se verán seriamente afectadas por los recortes presupuestarios en los planes nacionales de investigación. ¿Podría llegar a poner en peligro los proyectos que allí se desarrollan y la previsión de recursos necesarios para el mantenimiento de las Bases?

Como hemos comentado anteriormente, la investigación que se realiza en la Antártida es relevante para el conocimiento de numerosas cuestiones relativas al denominado sistema terrestre. El papel de los polos, y en particular de la Antártida, que contiene más del 90% del hielo existente en la Tierra, extiende sus efectos al conjunto del planeta. Constantemente se producen nuevos descubrimientos, que no se alcanzarían si no se investigase allí. El descubrimiento del llamado agujero de ozono es un buen ejemplo para ilustrar esto. Investigar en la Antártida requiere un esfuerzo colectivo y la contribución de aquellos países que puedan aportar algo, y España es uno de ellos. Además, desarrollar esa investigación y que sea de un nivel homologable internacionalmente es lo que sostiene la participación de nuestro país en órganos como el SCAR o el propio Tratado Antártico.

Es probable que el contexto económico actual obligue a adaptar ciertas cosas en el terreno de la investigación antártica. Pero confío en que se sepa ver la importancia de lo hecho hasta ahora y se acierte en preservar lo que realmente resulta valioso. A la vez, una situación así, debería servir para corregir aquellas cosas que no se han hecho acertadamente.

Muchos de los trabajos que se desarrollan o se han desarrollado tanto en el continente como en el océano que le rodea, intentan explicar fenómenos asociados al "Cambio Climático". Como científico e investigador, ¿los consideraría esenciales para comprender el origen y poder extraer conclusiones relevantes de dichos fenómenos?

Así es, muchas de las investigaciones realizadas en la Antártida están relacionadas con el cambio climático, tanto el actual como los habidos en el pasado. Los sondeos en el hielo, primero en la base rusa Vostok y posteriormente en el Domo C, han proporcionado la evidencia científica de la correlación entre las temperaturas y los gases de efecto invernadero.

El conocimiento de los fondos y las corrientes marinas en los mares circundantes de la Antártida son una clave para comprender el funcionamiento del clima terrestre.

Desde un punto de vista más personal, ¿qué significa para usted tener una experiencia antártica?

Tanto como investigador como en general, el haber tenido la oportunidad de trabajar en la Antártida me ha proporcionado vivencias y enseñanzas muy interesantes. Es algo que valoro mucho y por lo que me considero afortunado.

