

La Antártida: un lugar especial para la vida y para las relaciones internacionales

por **D. Jerónimo López Martínez**

*Conferencia pronunciada
el 15 de abril de 1999*

Forum Deusto

La Antártida: un lugar especial para la vida y para las relaciones internacionales¹

por Jerónimo López Martínez²

Buenas tardes y muchas gracias a los asistentes y al Forum Deusto por darme la oportunidad de hablar sobre la Antártida en este magnífico escenario de la Universidad de Deusto.

La Antártida abarca las tierras y los mares más allá del paralelo 60° de latitud sur. Ese territorio sigue siendo hoy, 180 años después de ser descubierto, el lugar más remoto, más difícil para la vida y también más desconocido de nuestro planeta. El continente antártico constituye el 10 % de las tierras emergidas en nuestro planeta, con un área equivalente a 25 veces la Península Ibérica. Se dan allí unas circunstancias climáticas, geográficas, ambientales y también político-administrativas que hacen que se trate de un lugar, como indica el título de esta conferencia, especial para la vida y para las relaciones internacionales.

En la Antártida nunca ha habido una población estable o nativa. No existen hoy en día, ni ha habido en el pasado, pueblos o ciudades. Tampoco se ha producido nunca allí una guerra. Por todo ello, es también un lugar peculiar dentro de la temática del presente ciclo de conferencias del Forum Deusto.

¹ La conferencia fue ilustrada con diapositivas relativas a la mayor parte de los temas a los que se hace referencia en el texto.

² Jerónimo López Martínez es Doctor en Ciencias Geológicas, Profesor de la Universidad Autónoma de Madrid, Presidente del Comité Nacional de Investigación Antártica y Secretario Técnico del Comité Polar Español, en la Oficina de Ciencia y Tecnología. Representante español en el Scientific Committee on Antarctic Research y en el European Polar Board de la European Science Foundation. Ha publicado unos 90 trabajos de investigación, 30 de ellos sobre la Antártida. En los últimos 10 años ha participado en 6 expediciones a la Antártida, siendo el primer español que subió a su montaña más alta (Monte Vinson, 4.897 m) en 1990.

Situación político-administrativa

El territorio antártico no pertenece a ninguna nación, aunque hay algunas que mantienen reivindicaciones territoriales, estando regido por un sistema internacional único en el mundo, el Tratado Antártico. Dicho Tratado, que regula las actividades que se realizan más allá de los 60° de latitud sur, fue establecido en 1959, es decir hace 40 años. Lo elaboraron y suscribieron las 12 naciones que en aquel momento manifestaban más interés por la Antártida y mantenían actividades en aquel territorio. Desde entonces se han ido incorporando otros miembros al sistema del Tratado Antártico, que en la actualidad cuenta con 27 naciones como miembros consultivos o de pleno derecho.

Las 12 naciones signatarias originales del Tratado Antártico fueron: África del Sur, Argentina, Australia, Bélgica, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Japón, Nueva Zelanda, Noruega y la Unión Soviética. A ellas se unieron Alemania, Brasil, Bulgaria, Corea, China, Ecuador, España, Finlandia, India, Italia, Países Bajos, Perú, Polonia, Suecia y Uruguay. Como puede apreciarse, entre estos países se encuentra España, que se adhirió al Tratado en 1982 y que entró a formar parte como miembro consultivo en 1988. Además de los citados, existen otros 17 países adheridos al Tratado, es decir que lo reconocen, aunque no han llegado a adquirir la condición de miembro consultivo, para la cual es necesario mantener una actividad científica continuada en la zona. En total, entre miembros consultivos y no consultivos, el Tratado Antártico reúne a 44 países, que comprenden el 80 % de la población mundial.

La evolución del número de miembros adheridos al Tratado, desde los 12 iniciales a los 44 actuales, no se ha producido de una manera regular en el tiempo sino que, entre otros factores, guarda cierta relación con la aprobación de una serie de convenios, que aunque no dependen directamente del Tratado, están conectados con el ámbito antártico. Fundamentalmente han sido medidas para regular la explotación de los recursos minerales y de los recursos vivos antárticos, como es el caso del Convenio para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CAMLR), establecido en 1980.

Las iniciativas para establecer el Tratado Antártico comenzaron en 1957-58, a raíz de la celebración, en esa fecha, del Año Geofísico Internacional. En esa ocasión, la comunidad científica internacional tomó como objetivo prioritario el estudio de la Antártida, cuyo conocimiento científico era entonces muy limitado. Había habido expediciones exploratorias, como las bien conocidas de Amundsen, Scott o Shackleton y

otras anteriores y también posteriores. Dichas expediciones tenían como objetivo principal llegar al Polo Sur, atravesar el continente o descubrir y reconocer lugares remotos. El planteamiento en 1957-58 de efectuar investigaciones científicas en el continente antártico, acarrió el establecimiento de un buen número de estaciones antárticas. En esas fechas, antes incluso de la entrada en vigor del Tratado Antártico, se constituyó el Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR). Mientras que el Tratado es el foro político, en el que están representados los gobiernos de las naciones a través, normalmente, de sus ministerios de asuntos exteriores, el SCAR es un foro científico dependiente de la Unión Internacional de Asociaciones Científicas (ICSU), que asesora al Tratado en materia científica. El SCAR promueve proyectos internacionales, identifica objetivos prioritarios y promueve la coordinación entre los diferentes países. Esta organización tiene en la actualidad 32 miembros, entre ellos España que es miembro de pleno derecho desde 1990.

En su estructura, el SCAR contempla la constitución de Grupos de Especialistas para temáticas científicas que convenga investigar en un determinado momento. Hoy en día un eje fundamental de la actividad del SCAR, son los proyectos relacionados con el cambio climático global. El SCAR tiene establecidos unos grupos permanentes de trabajo, dedicados a los principales campos en los que se investiga en la Antártida: física de la alta atmósfera, biología, geodesia y cartografía, geología, glaciología, biología humana y medicina, meteorología y geofísica. Por otra parte, siempre se ha dado una importancia grande a la logística, fundamental para poder desarrollar actividades en la Antártida. Para coordinar e intercambiar experiencias sobre este último tipo de cuestiones, existe un Comité Especial de Operaciones y Logística (SCALOP), dependiente de la Unión de Administradores de los Programas Nacionales Antárticos (COMNAP).

Cuando, por iniciativa de los Estados Unidos, en 1957-58 se empezó a discutir el Tratado Antártico, uno de los objetivos era apaciguar los conflictos que empezaban a incrementarse a causa de las reclamaciones territoriales que siete naciones mantenían sobre la Antártida. De ahí viene esa imagen del mapa de la Antártida dividido en una serie de sectores con los nombres de los siguientes países que reclaman como propia una parte del territorio: Noruega, Australia, Francia, Nueva Zelanda, Chile, Argentina y Gran Bretaña, siendo el más complejo el caso de los tres últimos países citados, al superponerse parcialmente las áreas de sus reclamaciones. El Tratado Antártico no reconoce estas reclama-

ciones territoriales y las deja «congeladas», un término acorde con el ambiente antártico, durante el tiempo de vigencia del Tratado. Las reclamaciones territoriales están basadas en exploraciones históricas de navegantes de las citadas nacionalidades, que recorrieron esos sectores o llegaron a sus costas el siglo pasado o a principios de este siglo. Sin embargo, llama la atención que no existan sectores reclamados por Estados Unidos ni por la antigua Unión Soviética o actualmente la Federación Rusa, entre otras, que también podrían esgrimir razones de tipo histórico. El Tratado no asigna la Antártida a ninguna nación, estableciendo una administración de carácter multinacional. Declara a la Antártida como un territorio dedicado a la paz, a la ciencia y a la cooperación entre los pueblos, estando abierto a nuevas adhesiones.

Características geográficas y ambientales

La Antártida reúne una serie de circunstancias geográficas y ambientales muy particulares. El continente antártico se encuentra prácticamente centrado en el Polo Sur y muy lejos de las áreas ocupadas por el hombre. Del continente que está más cerca es de Sudamérica, a unos 1.000 kilómetros, encontrándose a unos 2.300 kilómetros de Australia y Nueva Zelanda y a unos 3.600 kilómetros de África estando, además, rodeado por los mares más tempestuosos del mundo.

En la Tierra existe una notable asimetría entre las altas latitudes del hemisferio norte y las del hemisferio sur. Así, el polo norte está situado sobre un área oceánica, lo que implica las correspondientes características de la corteza terrestre. A su vez, el Océano Ártico está rodeado por grandes masas continentales: Norteamérica, Groenlandia, Asia y Europa. Por el contrario, en el Polo Sur y sus alrededores existe un continente rodeado por extensas áreas marítimas. Esto hace que sean muy distintas las circunstancias ambientales de ambas áreas polares. El hemisferio sur es más frío y presenta una mucho mayor acumulación de hielo. Aproximadamente el 98 % de la superficie del continente antártico está recubierta de hielo, situándose allí la mayor concentración de agua dulce de nuestro planeta, así como alrededor del 90 % del hielo existente. Allí se han registrado las temperaturas más bajas, $-89,2^{\circ}\text{C}$.

La Antártida es el continente con mayor altitud media que hay en la Tierra, unos 2.000 m sobre el nivel del mar. Tenemos la imagen de la Antártida como una plana superficie helada, sin apenas relieve. Sin embargo, no hay que olvidar que el grosor medio del hielo sobre el conti-

nente antártico es unos 2.500 metros, existiendo zonas donde se alcanzan 5 kilómetros de espesor. El propio Polo Sur, está a unos 2.900 metros sobre el nivel del mar.

El acceso al continente antártico ha sido, y sigue siendo hoy en día, difícil y no exento de peligros. Los barcos que se dirigen a la Antártida están expuestos, además de a tempestuosos mares, a los grandes témpanos que se desprenden de los bancos de hielo antárticos y al mar que cada invierno se hiela en una enorme extensión alrededor del continente.

A la Antártida se hicieron numerosas aproximaciones desde tiempos remotos. Quizás el primero que vio sus tierras heladas fue el navegante español Gabriel de Castilla, a principios del siglo xvii. Pero fue sobre todo a finales del siglo xviii y a lo largo del siglo xix cuando muchos navegantes, como los británicos James Cook y James Clark Ross, el ruso Bellinghausen, el francés Dumon Durvil, o el norteamericano Wilkens, entre otros, se aproximaron hasta latitudes más allá de los 80° sur. Sin embargo, ninguno de ellos pisó el territorio antártico. Fue en 1820 cuando el británico William Smith realizó el primer desembarco conocido, en las Islas Shetland del Sur en la región de la Península Antártica.

El enorme recubrimiento de hielo ejerce un peso importante sobre las tierras antárticas y hace que buena parte del relieve rocoso esté por debajo del nivel del mar. Si desapareciera esa masa de hielo, que ocupa 14 millones de kilómetros cuadrados, se recuperaría isostáticamente el terreno y habría zonas que ascenderían, aunque no lo suficiente como para que la Antártida fuera un continente continuo como lo vemos actualmente. La parte que conocemos como Antártida Occidental sería un archipiélago de grandes islas, incluyendo la Península Antártica, separadas por brazos de mar. Por su parte, el hielo en caso de fundirse totalmente haría subir el nivel medio de los mares en toda la Tierra cerca de un centenar de metros. Lógicamente estos procesos requerirían períodos de tiempo relativamente largos para consumarse.

La masa de hielo que recubre la Antártida se mueve. Así, en el Polo Sur, a casi 2.900 metros de altura, el hielo fluye hacia los bordes del continente. Tanto es así, que la base norteamericana Amundsen-Scott allí situada se va desplazando a una velocidad de unos 10 metros por año en dirección a Sudamérica.

En ciertas zonas, el hielo que llega a los bordes de la Antártida, que si se funde daría agua dulce procedente de las precipitaciones, se prolonga sobre el mar constituyendo los denominados bancos de hielo.

Por otra parte, en la Antártida cada invierno se hiela una extensión marina del orden de 20 millones de kilómetros cuadrados, es decir, una superficie considerablemente mayor que la del propio continente antártico. En este caso se trata de agua salada helada, cuya congelación se produce, a causa de la salinidad existente, por debajo de $-1,8^{\circ}\text{C}$. El mar helado retiene los témpanos que se han desprendido de los bancos de hielo. Esos témpanos, que en ocasiones tienen dimensiones kilométricas, cuando se deshela el mar derivan alrededor de la Antártida, constituyendo un riesgo importante para la navegación. Al final del verano llegan a deshelarse 16 millones de kilómetros cuadrados, es decir, más superficie que la del propio continente Antártico, que ocupa 14 millones de kilómetros cuadrados. Este hecho es de gran trascendencia para las condiciones ambientales del conjunto del planeta. La extensión del mar congelado influye notablemente en los balances de masa y energía en la Tierra, ya que la radiación solar se refleja mucho más en las superficies heladas, siendo, por el contrario, su energía absorbida en mayor medida por los mares. Posteriormente, las corrientes marinas distribuyen esa energía hasta regiones muy alejadas. Este es uno de los varios ejemplos existentes de procesos que tienen su origen o que pueden ser favorablemente estudiados en la Antártida, y que trascienden del ámbito local para tener importancia en el conjunto de nuestro planeta.

La vida y el trabajo en la Antártida

En un ambiente como el antártico, en el que más del 98 % del terreno está tapado por el hielo, existen limitaciones para la vida. En lo que se refiere a la vida vegetal, en la Antártida no hay bosques, ni matorrales. Sin embargo, existe una gran riqueza de líquenes, habiéndose reconocido unas 500 especies diferentes. Se pueden encontrar líquenes fruticulosos, como los del género *Usnea*, y también líquenes crustáceos. Asimismo, hay algunas especies de hongos y de musgos, y sólo dos especies de gramíneas.

En cuanto a la vida animal, se da una riqueza notable, sobre todo concentrada en los mares, donde existe una alta productividad, con el plancton marino sirviendo de alimento a otras especies. Es de gran importancia el krill, un crustáceo, de aspecto parecido a la gamba, que llega hasta 5 cm de longitud y que es la base de la alimentación de calamares, ballenas y focas, y cuya futura explotación como fuente de alimentación humana está vista por algunos como de gran interés industrial. El krill tiene un gran poder alimenticio, aunque presenta proble-

mas de conservación una vez pescado. Es uno de los recursos vivos antárticos cuya explotación está regulada por las convenciones internacionales. Existe también una riqueza grande de aves en las zonas costeras. Los pingüinos, de los que existen siete especies, son uno de los habitantes más característicos de la Antártida. En verano es fácil encontrarlos agrupados en grandes pingüineras, que en ocasiones albergan varios cientos de miles de ejemplares. Aprovechando los pocos meses de verano, estos animales tienen que incubar los huevos, alimentar y hacer crecer a sus crías, esperar que éstas cambien el plumón, y dejarlas preparadas antes del invierno para que vivan independientes en los mares.

Cerca de las pingüineras no es raro encontrar focas leopardo, una de las varias especies de focas que hay en la Antártida, que se alimentan fundamentalmente de pingüinos, a los que esperan y capturan cuando están en el mar. Más frecuentes aún son las focas de Weddell, una de las mejores nadadoras de los mares antárticos, que pueden aguantar hasta 45 minutos sumergidas. Los lobos marinos, son otros habitantes habituales de las costas antárticas, ante los que los científicos debemos tener algo más de cuidado, ya que arrancan con cierta rapidez y son más agresivos.

Algunos de los animales citados, en particular las focas de Weddell y los lobos marinos, fueron muy perseguidos durante el siglo XIX y comienzos del XX. Se calcula que se mataron en la Antártida, que a veces pretendemos ver como un lugar intocado por el hombre, entre dos y tres millones de focas y lobos marinos. Existen relatos de capitanes de buques en los que se reconoce haber matado 60.000 focas o lobos en una campaña. En aquellos años se buscaban sus pieles o la grasa para explotaciones mercantiles. Los elefantes marinos, llamados así por su prominente nariz, son más grandes que las focas, llegando a pesar hasta tres toneladas. No es raro ver ballenas en los mares antárticos, aunque también su población ha sido reducida por el hombre. Sobre todo alrededor de los años 30 del presente siglo se persiguió mucho a las ballenas en la Antártida. Se calcula que allí se han matado del orden de 1.300.000 ballenas. Alguna especie, como por ejemplo la gran ballena azul, ha estado a punto de extinguirse por la presión humana. Llegaron a establecerse estaciones balleneras en la Antártida, de las que un ejemplo son los restos que existen en la Isla Decepción. En lugar de trasladar todo el animal a lejanas estaciones, éste era procesado *in situ* y los aceites almacenados en tanques para que otros barcos se lo llevaran posteriormente. En la actualidad la caza de ballenas se encuentra regulada por los convenios internacionales.

Desde que existe el Tratado Antártico y sobre todo en los últimos años, los buques científicos han sustituido a los barcos balleneros. En la actualidad operan en la Antártida un buen número de barcos oceanográficos. Entre ellos se encuentra el buque Hespérides, que participa en las campañas españolas durante el verano austral. Es un buque de 83 metros de longitud, de 2.500 toneladas y con capacidad para 29 científicos, además de su tripulación habitual, que pertenece a la Armada. Fue botado en 1991 y es un buque con gran capacidad para la investigación oceanográfica, en biología, geología y geofísica.



Foto 1.

El Hespérides es un moderno buque de investigación oceanográfica, que viene participando en todas las campañas antárticas españolas realizadas desde 1991.

En la Antártida no hay puertos, y el desembarcar los materiales para las bases, las provisiones y a las propias personas suele ser complicado. Van existiendo cartas marinas cada vez más precisas pero se mantiene una cierta incertidumbre en muchos mares y bahías, lo que preocupa a los marinos que deben acercar sus barcos a las costas. Los desembarcos suelen realizarse con botes hinchables, en mares con aguas muy frías, en las que si alguien cayera no podría resistir mucho tiempo. Es frecuente la presencia de escombros de hielo procedente de los glaciares cercanos

que, una vez desprendido y movido por el viento y las corrientes marinas, puede llegar a cerrar las bahías y hacer difíciles los movimientos con «zodiacs». La ayuda de los helicópteros es muy importante, pudiendo estar basados en tierra o bien en barcos que disponen de hangares y plataformas de aterrizaje. Los medios aéreos constituyen una valiosa ayuda, aunque volar en la Antártida no está exento de dificultades.



Foto 2.

Los trabajos sobre el terreno obligan, en ocasiones, a realizar desplazamientos por los glaciares, en este caso utilizando esquís y un trineo para transportar los equipos y las muestras.

Una vez en tierra, los movimientos pueden realizarse por varios procedimientos. Cuando no hay excesivo relieve y no abundan las grietas en los glaciares, es habitual el uso de motos de nieve o de orugas. Estos medios se emplean sobre todo en el continente, por ejemplo para efectuar travesías llevando instrumentación científica pesada. El sistema suele ser enlazar varias motos y algún trineo, con el fin de retener la caída si alguno de los elementos se hunde en una grieta. Otras veces hay que desplazarse a pie, usando sistemas como esquís de travesía y pequeños trineos para transportar los equipos y las muestras.

No todos los científicos que trabajan en la Antártida tienen que emplear estos métodos, ya que hay también trabajos basados exclusivamente en las estaciones científicas. Ejemplo de ello son, entre otros, los registros meteorológicos, los sondeos de ozono y las mediciones del campo magnético o gravimétrico desde estaciones fijas. Sin embargo, cierto tipo de trabajos, como los que realizan, por ejemplo, los geólogos o cierto tipo de biólogos, obligan a desplazarse hasta donde se encuentran los afloramientos rocosos o las especies animales o vegetales que se quieren estudiar.

Los medios aéreos son el sistema más utilizado en la actualidad para llegar al interior del continente. Hay algún aeropuerto con pista de tierra en la periferia de la Antártida, pero lejos de las costas los aterrizajes deben efectuarse sobre hielo. Así lo hizo el avión DC6, un cuatrimotor de hélice, que en una ocasión nos llevó a las Ellsworth Mountains, en los alrededores del paralelo 80° S. El avión aterrizó, con ruedas, en una zona de las denominadas de hielo azul. Se trata de superficies en las que aflora un hielo muy duro, que suelen localizarse al pie de relieves montañosos, debido a la acción de los vientos catabáticos, frecuentes en la Antártida. Se trata de vientos «topográficos» debidos al gran enfriamiento del aire en las zonas altas, que hace que éste se mueva lateralmente abajo con gran velocidad, barriendo la nieve de algunas zonas al pie de los relieves. De este modo, se forman planicies ocupadas por un hielo muy duro y liso que pueden utilizarse como pista de aterrizaje.

Las zonas de hielo azul, que se pueden localizar con imágenes de satélite, tienen también gran interés desde el punto de vista de la ciencia. En ellas es donde se han encontrado la gran mayoría de los meteoritos que se conocen hoy en día en la Tierra, los cuales proporcionan información sobre otros astros y sobre el pasado de nuestro planeta. El 85 % de los meteoritos que se han encontrado en el mundo proceden de la Antártida, a pesar de que allí se da la misma frecuencia de caída que en cualquier otro lugar de la Tierra. Lo que ocurre es que, al ser la superficie blanca se ven más fácilmente que en otros lugares y además hay un proceso de concentración, ya que caen sobre una superficie que se mueve, sobre un glaciar que los engloba, los transporta y los hace emerger en las zonas donde hay algún relieve del sustrato. Donde, además, si el viento se lleva la nieve reciente podremos encontrarlos con más facilidad. De ahí la concentración de hallazgos de meteoritos en las zonas de hielo azul.

En la Antártida, sobre todo a raíz del Año Geofísico Internacional, se establecieron estaciones científicas. En la actualidad hay unas 60 bases,

de las cuales 41 operan durante todo el año. El resto son bases abiertas de noviembre a marzo, sólo durante el verano austral. Muchas de las bases están situadas en la periferia del continente. Una de ellas, la base Amundsen-Scott, está en el Polo Sur, otra estación importante, a la que haremos referencia después, es la rusa Vostok. Existe una concentración grande de bases en la Península Antártica y en las cercanas Islas Shetland del Sur, por ser la zona más próxima a otro continente, Sudamérica.

En la región citada es donde se encuentran las dos bases antárticas españolas. La base Juan Carlos I fue inaugurada en 1988 y está situada en un lugar destapado de hielo dentro de la Isla Livingston. Es una base para 14 personas, sólo de verano, compuesta por un conjunto de módulos de habitación y comedor, otros de depósito y motores, y un área científica donde hay laboratorios y lugar para trabajar. La otra base española, con capacidad para un número similar de personas, se llama Gabriel de Castilla, en honor al navegante español del mismo nombre, y está en la isla volcánica Decepción.



Foto 3.

La base antártica española Juan Carlos I, situada en la Isla Livingston perteneciente al archipiélago de las Shetland del Sur.



Foto 4.

La base antártica española Gabriel de Castilla se encuentra en la isla volcánica Decepción (Islas Shetland del Sur).

La región donde se encuentran las bases españolas es muy interesante desde el punto de vista científico. La zona del Mar de Bransfield es muy activa desde el punto de vista geológico, al coincidir allí varias placas tectónicas, la Placa Antártica, la Placa de Drake y la Placa de Scotia. Una serie de archipiélagos, Shetland del Sur, Orcadas del Sur, Sandwich del Sur y Georgia del Sur, enlazan el extremo de la Península Antártica con los Andes, constituyendo el denominado Arco de Scotia. La actividad geológica de la zona se refleja, entre otras cosas, en la presencia de relieves muy abruptos. Hay montañas de 2.000 metros que arrancan directamente del mar. Aunque no poseen una gran altitud absoluta, resultan impresionantes vistas desde las aguas del Mar de Bransfield. La actividad geológica se aprecia también en el vulcanismo de la región, donde la última erupción, precisamente en la Isla Decepción, fue en 1970. En dicha isla, muy interesante para los estudios geológicos y geofísicos, se unen el frío de los glaciares antárticos y el calor propio del vulcanismo. En ciertas zonas hay aguas termales, a 30-40° C, donde es posible bañarse, así como fumarolas y suelos calientes. Los efectos de la actividad volcánica pueden apreciarse, por ejemplo, en el

estado en que quedó la antigua base chilena existente en la isla, que fue incendiada y destruida por las bombas volcánicas.

Las bases antárticas

Las bases existentes en la Antártida permiten vivir y desarrollar trabajos a pesar de las adversas condiciones ambientales. La más grande de todas ellas es la base norteamericana de Mac Murdo. Está situada en el continente, en el sector del Mar de Ross, y en el verano austral puede llegar a albergar alrededor de 1.500 personas, mientras que en invierno quedan en ella unas pocas decenas. Hay transporte de unos sectores a otros de la base, numerosos y bien dotados laboratorios, grandes depósitos de combustible, pista de aterrizaje para reactores y una problemática notable de aprovisionamiento y de eliminación de residuos. Esto es un caso excepcional, ya que las bases en la Antártida normalmente no son tan grandes.

Un tamaño medio de base abierta todo el año es, por ejemplo, la polaca Arctowski. Se trata de una base para unas 40-50 personas en verano, en la que en invierno permanecen entre 10 y 20 personas. Posee hangares y cierta maquinaria pesada. De similar tamaño y también ocupadas durante todo el año son la base coreana King Sejong, situada, al igual que la anterior, en la Isla Rey Jorge o la denominada Gran Muralla, esta última una de las dos bases antárticas chinas. Hay bases que fueron construidas hace más de 30 años, como la base rusa Bellinghausen y sus instalaciones son reflejo de esa época, mientras que otras son de hace pocos años y han podido utilizar elementos más modernos para su construcción.

En la base chilena Teniente Marsh llega a haber más de 50 habitantes, posee un aeropuerto y recibe numerosos visitantes. En esta base, al igual que ocurre en la base argentina Esperanza, algunos técnicos y científicos que pasan allí el invierno lo hacen junto con sus familias. Intentando remarcar la presencia de su país en la Antártida, se ha promovido el nacimiento de algún niño en ciertas bases. Para ayudar a pasar la larga noche invernal existen instalaciones bastante confortables y, en algunos casos gimnasio o hasta un edificio polideportivo. También hay hospital con quirófano, capilla y, en el caso de la base Teniente Marsh, oficina de correos y hasta una pequeña oficina bancaria, seguramente con poca actividad comercial.

En las pocas bases en que se da el citado tipo de ocupación por familias, a cada una de ellas se les asigna un módulo de vivienda relativamente amplio y cómodo. En algunas ocasiones hemos coincidido, en estas bases, con familias que habían ido a la Antártida con niños que tenían uno o dos años de edad. Sus padres comentaban las curiosas percepciones de esos niños tras pasar allí un par de años seguidos y volver al continente americano. Al estar en su país de origen se sorprendían enormemente al ver moscas, hormigas o mariposas, ya que en la Antártida apenas hay insectos. Algunos creían que las gallinas eran una especie de pingüinos. En las bases con ese tipo de ocupación hay profesores que dan clase a los niños durante los meses de oscuridad invernal.

Las condiciones de vida en la Antártida han cambiado mucho en los últimos años. En la actualidad, desde algunas bases se puede ver la televisión, estar conectados a Internet, mandar y recibir correos electrónicos, así como usar el fax y el teléfono.

Las bases se utilizan para dar apoyo a los trabajos que allí se realizan y que, de acuerdo con el Tratado Antártico, son fundamentalmente de tipo científico. Suelen disponer de laboratorios donde estudiar las muestras, tratar los datos y efectuar unos primeros análisis antes de llevarlos a los países de origen. En las bases se pueden mantener instrumentos de registro de diversos parámetros (meteorológicos, sísmicos, geomagnéticos, etc.), gracias a la energía disponible a partir de motores u otros sistemas alternativos, cada vez más en uso, como son aerogeneradores o placas fotovoltaicas. La base española Juan Carlos I no está abierta en invierno, pero en ella se mantiene la recogida de ciertas medidas durante todo el año. Los datos son almacenados y en algunos casos transmitidos mediante satélite a los grupos que trabajan con ellos.

La vida en las bases antárticas favorece la convivencia entre los científicos y técnicos que allí trabajan, con el consiguiente enriquecimiento mutuo que proporciona el trato con personas de otras especialidades y procedencias, que en ocasiones son de diferentes países. La convivencia es aún más estrecha y la vida más dura para quienes pasan el invierno en la Antártida, con varios meses de oscuridad, menos cosas que hacer y sometidos a una mayor presión psicológica. Es norma en las bases, aunque haya personal de apoyo, que todos colaboren en ciertas labores domésticas. En primer lugar cumpliendo las normas y manchando lo menos posible, pero también participando en turnos de limpieza y mantenimiento.

Como es lógico, en las bases existe un ambiente distinto según la cultura y las costumbres de quien las ocupa. Así, cuando pasamos un tiempo en una base coreana lo normal era comer algas y arroz en el desayuno y en la cena, abundaban las películas de karate y costaba entender de qué trataban los libros de la biblioteca, al estar escritos en su lengua. Había una sauna y un gimnasio bien equipado que permitía hacer ejercicio, sobre todo en los largos meses de invierno. Hasta disponían de un pequeño tapiz para practicar el mini golf en un pasillo. En la Antártida es importante saber ocupar el tiempo tras las jornadas de trabajo, las cuales suelen durar más horas que aquí. Una labor en la que se puede colaborar, por ejemplo, es el matasellado de los miles de cartas que suelen remitirse a filatélicos de todo el mundo, que previamente se han dirigido a las bases enviando sus sobres ya franqueados.



Foto 5.

Cuando no existen bases, como en este caso en las Ellsworth Mountains al pie del macizo del Monte Vinson (4.897 m), es necesario utilizar campamentos.

Quienes trabajan en la Antártida no siempre viven en las bases. Hay labores que se realizan en el exterior o en zonas donde no existen

bases. Entonces, los buques, aviones o helicópteros dejan al equipo en ese lugar y regresan un tiempo después, a veces tras varias semanas, a recogerlo. Esas circunstancias ocurren con frecuencia en los trabajos geológicos, a los que yo me dedico. Por ello, en varias ocasiones nos hemos visto buscando un lugar para instalar el campamento lejos de las colonias de animales donde no molestáramos y donde no nos perturbaran tampoco ellos. En esos casos no se tienen ciertas comodidades de las bases, como son disponer de cocinero, lavadora o ducha caliente.

Trabajos a la intemperie tienen que hacer, por ejemplo, los geodestas que realizan labores de cartografía, efectuando mediciones con distanciómetros y aparatos de posicionamiento mediante satélites (GPS). También los geólogos que recogen muestras y efectúan mediciones en las rocas, o los biólogos que trabajan en colonias de animales o estudian la vegetación.

El Monte Vinson, de 4.897 m, unos 100 metros más alto que el Mont Blanc, es la mayor altura de la Antártida. Al pie de esta montaña, en noviembre de 1990, nos dejó una avioneta a mi compañero Pedro Nicolás y a mí, y vino a recogernos tres semanas más tarde. En la cadena de las Ellsworth Mountains hay montañas extraordinarias, con paredes de hasta 2.000 metros de desnivel. Se trata, además, de uno de los mejores afloramientos rocosos de la Antártida. Algunas de sus cumbres no han sido nunca escaladas. Allí las condiciones ambientales son muy diferentes de las de las Islas Shetland del Sur. El aire es más seco y las precipitaciones escasas, en verano hay luz las 24 horas del día y la temperatura raramente sube de 20°C bajo cero. De hecho, en el tiempo que estuvimos allí la temperatura más alta fue -18°C.

Además de realizar una serie de estudios glaciológicos y geológicos, en aquella ocasión ascendimos a la cumbre de la montaña más alta de la Antártida. Tanto mi compañero como yo habíamos subido con anterioridad a montañas mucho más altas que ésta en el Himalaya o en los Andes. Sin embargo, la sensación de aislamiento y lejanía que sentimos en el Monte Vinson fue mucho mayor que en otras ocasiones. En 200 kilómetros a la redonda no hay ninguna base científica y si no viniera la avioneta no resultaría fácil salir de allí. En el Everest y en otras grandes montañas del Himalaya o del Karakorum uno ve abajo zonas sin hielo, colores terrosos, y sabe que, aunque sea a varios días de distancia, hay pastores o alguna pequeña población y que tarde o temprano se puede llegar allí. En las Ellsworth Mountains no es así. Se

está en un ambiente mucho más aislado y remoto, donde se tiene mayor dependencia de los medios logísticos.

La investigación científica

La Antártida ofrece una oportunidad extraordinaria para diversos campos de la ciencia. Por su aislamiento, lejanía y especiales condiciones ambientales es un excelente laboratorio natural, situado muy lejos de los focos de contaminación antrópica. Aparte de eso, supone una



Foto 6.

Trabajos geodésicos y cartográficos junto a la costa en las Islas Shetland del Sur.

porción considerable del planeta, comprendiendo el 10 % de las tierras emergidas. La placa Antártica, delimitada por epicentros de terremotos, es una pieza importante del mosaico de placas tectónicas que constituyen la litosfera terrestre y en las que el movimiento de cada una repercute en las demás. Al reconstruir la historia paleogeográfica de la Tierra, sabemos que la Antártida no ha estado siempre en su posición actual. Así, en el Cretácico, hace unos 100 millones de años, estaba situada en latitudes subtropicales, en lugar de en un ámbito polar como en la actualidad.

En la Antártida no siempre ha habido glaciares. Se encuentran rocas que tienen impresiones de hojas correspondientes a flora subtropical, helechos y otras especies similares. También se han encontrado restos de dinosaurios. La información que pueden proporcionar las rocas de la Antártida es clave para reconstruir la historia del pasado de la Tierra. En particular, es especialmente importante para reconstruir la parte más reciente de dicha historia, porque ésta se encuentra en buena parte reflejada en los cambios del nivel del mar y en los depósitos glaciares y en el hielo. Ciertos sectores de las costas antárticas presentan playas, nada modificadas por el hombre, situadas a diferentes altitudes y relacionadas con morrenas que han dejado los glaciares en sus procesos de avance y de retroceso. Los frentes de hielo, cuyas variaciones se pueden seguir hoy en día mediante satélite, evolucionan y han evolucionado considerablemente a lo largo del tiempo, como reflejo de los cambios climáticos. Gran parte de la información sobre este tipo de procesos se encuentra bajo el agua, en las plataformas continentales, en los taludes y en los fondos marinos profundos situados alrededor de la Antártida. Por ello, la investigación oceanográfica, incluyendo sondeos y la extracción de testigos de las rocas submarinas, constituye un valioso método.

Cuando los témpanos se van fundiendo, los sedimentos que contienen caen al fondo del mar, se acumulan y posteriormente pueden ser detectados y sondeados. Desde el buque español Hespérides se pueden efectuar sondeos de sedimentos superficiales no consolidados. Desde otros buques se han extraído testigos más largos, incluso de rocas compactas, como los que obtuvimos durante la campaña que, en 1998, realizamos en el buque británico James Clark Ross, que tenían hasta 6 m de longitud y procedían de fondos marinos situados hasta 2000 m de profundidad. Existen otros barcos desde los que se realizan perforaciones mucho más largas, hasta de varios centenares de metros, como las que se hacen dentro del programa internacional Ocean Drilling Project (ODP), varias de cuyas campañas han tenido lugar en aguas antárticas. Desde el buque Hespérides se realizan también estudios sobre las características y los desplazamientos de las masas de agua. Para ello se utiliza una roseta que contiene un aparato denominado CTD; así se pueden recoger muestras de agua a diferentes profundidades, determinando su profundidad, temperatura y conductividad.

La meteorología y los estudios de la atmósfera en general son otro tema de gran interés en la investigación antártica, presentando además importancia global. En las bases se mantienen estaciones meteoro-

lógicas y en algunos casos, se efectúan diversas medidas en la troposfera y, hasta la estratosfera, enviando globos sonda rellenos de helio que ascienden llevando sensores y un transmisor que, por radio, envía las medidas a un ordenador situado en la base. De este modo se registran las características de la atmósfera hasta unos 30 kilómetros de altitud.

Muchos se preguntan ¿por qué ir a investigar a la Antártida, a 13.000 kilómetros de nuestro país, cuando tenemos temas más cercanos de los que ocuparnos? Una respuesta puede ser que gracias a investigar en la Antártida sabemos que existe el agujero de ozono, podemos seguir cómo evoluciona anualmente. Datos como éstos, que pueden permitir corregir conductas humanas, se descubren, se sigue su evolución y se puede actuar sobre ellos si se está investigando. En la Antártida pueden ser investigados de forma especialmente favorable diversos procesos, como el citado o, por ejemplo, los contenidos de anhídrido carbónico (CO_2) en la atmósfera. En la Tierra hay 20 estaciones que registran de forma continua los valores de CO_2 . De ellas, tres están en la Antártida. Una se encuentra en la base argentina Jubany, que visitamos en una ocasión. La Antártida está muy lejos de las ciudades, de los bosques ecuatoriales y de los principales focos productores de CO_2 por la actividad industrial o por la vegetación. Por ello, allí se pueden medir valores de fondo no afectados por los ciclos diarios o estacionales que se dan en las zonas citadas. Este tipo de mediciones adquieren verdadera representatividad y mayor validez si se mantienen durante un tiempo prolongado, si son, además, correctas y precisas. Y eso obliga a estar en esos lugares, para lo cual hay que tener una estructura de apoyo.

Entre la información importante sobre el pasado de la Tierra que puede proporcionar la Antártida, está la contenida en el hielo. En él se conservan ciertos datos sobre la atmósfera que existía en otros tiempos y, en ocasiones, hay intercaladas cenizas procedentes de erupciones volcánicas ocurridas, incluso, en regiones muy alejadas.

En la Antártida se han realizado diversos sondeos en el hielo. El más profundo de ellos, que ha alcanzado alrededor de 3.700 metros de profundidad, está situado en la base rusa Vostok. A partir de las muestras allí recogidas, se han obtenido las mejores reconstrucciones de la atmósfera de la Tierra en el último medio millón de años. En el hielo se conservan burbujas de aire del tiempo en el que se produjo la precipitación. En ese aire se pueden medir, por ejemplo, el CO_2 , el me-

tano y los isótopos estables del oxígeno y del carbono que reflejan valores de temperaturas en el pasado. Como el hielo sondeado en Vostok tiene alrededor de 400.000 años, se ha podido reconstruir cómo han evolucionado las temperaturas y la composición de la atmósfera a lo largo de ese tiempo. El interés de este tipo de reconstrucciones paleoclimáticas no consiste sólo en la curiosidad intelectual de conocer el pasado, sino que esa información es fundamental para poder elaborar modelos predictivos sobre la evolución futura del clima. Sin ese tipo de datos, únicamente tendríamos de nuestra visión referida a un tiempo muy limitado, que tenderíamos a extrapolar, erróneamente, a períodos más amplios.

Cuando en el sondeo de Vostok se llevaban perforados unos 3.500 m, mediante pruebas sísmicas realizadas en la superficie se detectó que en la vertical del pozo, bajo unos cuatro kilómetros de hielo, había un lago. Desde hace tiempo se sabe que existen lagos con agua líquida debajo de ciertos glaciares y en particular en la Antártida. Lógicamente, no es el sol quien ha fundido ese hielo sino la energía geotérmica, es decir el flujo de calor desde el interior de la Tierra. En condiciones favorables, con un substrato rocoso impermeable y una cuenca cerrada subglaciar, el agua puede quedar retenida. El lago detectado bajo la base Vostok es extraordinariamente grande, con unos 15.000 km² de extensión, 500 metros de grosor de agua líquida, y hasta 300 metros de espesor de sedimentos acumulados en su fondo. Ese agua puede llevar del orden de un millón de años sin contacto con la atmósfera, sin contacto con fuentes recientes de contaminación y posiblemente contiene microorganismos. Los sedimentos de su fondo se han acumulado tras la fusión del hielo en la base del glaciar. El estudio de este lago supone un reto que abre interesantes posibilidades de investigación en los campos de las ciencias biológicas, geológicas y glaciológicas. Las operaciones de perforación del hielo desde la base Vostok se han detenido unos 150 metros antes de llegar a la base del glaciar. En la actualidad se está discutiendo cómo proceder para acceder al lago sin contaminarlo y cómo desarrollar los muestreos y experimentos. Gracias a que el lago se encuentra en la Antártida, la cooperación internacional está siendo y será un elemento importante en las investigaciones. La NASA se ha interesado en el estudio del lago Vostok al verle aplicación al programa espacial de estudio de la luna de Júpiter llamada Europa, que se encuentra recubierta de hielo bajo el cual se supone que puede existir agua líquida. La investigación del gran lago subglaciar antártico permitirá probar experimentos y sistemas remotos de muestreo. La Antártida ha sido también usada en otras ocasiones como

banco de prueba para vehículos a ser utilizados en la exploración de la Luna o de Marte. En la zona de los Valles Secos se encuentran paisajes que recuerdan a los de esos astros.

Recursos antárticos y protección medioambiental

Al acercarnos a la Antártida para estudiarla o para admirarla, debemos tener presente que allí donde va el hombre arrastra productos, desechos, contaminación y, en muchos casos, ansias de explotación. De la presión antrópica no está, ni ha estado en el pasado, libre la Antártida. Los recursos vivos, después de haber sido explotados por el hombre durante años, tuvieron que ser defendidos por una serie de regulaciones, establecidas en acuerdos internacionales. Las normas para la explotación de minerales, objetivo complejo, costoso y no exento de riesgos, tardaron más tiempo en ser abordadas. Las evidencias sobre los minerales antárticos son limitadas. Se conocen grandes yacimientos de carbón en las Montañas Transantárticas, y de hierro en la Antártida Oriental. Sin embargo, cabe suponer, a través de deducciones geológicas, que la Antártida encierra numerosas riquezas minerales. Sabemos que el continente antártico estuvo unido, en el pasado, a América, a África y a Australia, lugares donde se sitúan importantes regiones mineras, con yacimientos localizados en formaciones rocosas que se sabe o se supone que también están en la Antártida. Por otra parte, en el mundo no hay ninguna zona de 14 millones de km² que no tenga yacimientos minerales de importancia.

La explotación de minerales en la Antártida acarrearía una problemática considerable. Las plataformas petrolíferas en los mares antárticos estarían amenazadas por gigantescos témpanos, al igual que el tráfico de barcos petroleros. Por otra parte, para reducir los transportes desde las minas, habría que hacer tratamientos *in situ*, lo cual requiere cantidades importantes de agua que en aquel clima debe obtenerse consumiendo combustible. Además, habría que edificar instalaciones en las costas, disputando a las colonias de animales el limitado espacio sin hielo disponible. Este tipo de cuestiones condujeron a que los países miembros del Tratado Antártico se ocupasen de la explotación de minerales con antelación al comienzo de éstas.

A finales de los años ochenta y comienzos de los noventa, la comunidad antártica internacional se dedicó a promover y elaborar una normativa sobre los aspectos relativos a la protección del medio ambiente antártico. De este modo, se estableció el Protocolo al Tratado Antártico

sobre Protección del Medio Ambiente. Este texto es conocido también como Protocolo de Madrid, por haber sido finalmente aprobado en esta ciudad en 1991, y ha entrado en vigor en enero de 1998, tras su ratificación por todos los Estados que son Miembros Consultivos del Tratado Antártico.

El Protocolo de Madrid se ha convertido en la actualidad en un elemento clave de la normativa antártica. Entre los aspectos de los que se ocupa están el tratamiento y la eliminación de residuos, prohibiendo las incineraciones sin filtros; la obligatoriedad de disponer de planes de contingencia ante problemas ambientales; la prevención de la contaminación marina; las actuaciones sobre la fauna antártica; el establecimiento de zonas especialmente protegidas y la obligatoriedad de realizar estudios previos de impacto ambiental para cualquier actividad que se realice en la Antártida. Por otra parte, el Protocolo establece una moratoria de 50 años para la explotación de minerales.

En los últimos años, el turismo es uno de los factores que más se hace notar en la Antártida. Actualmente, visitan la Antártida unos 12.000 turistas al año. Lo cual es más del doble que el número de científicos y técnicos. No son cifras muy grandes en comparación con otros destinos turísticos y con el tamaño del continente, pero, como suele ocurrir con el turismo, éste se concentra especialmente en unos pocos lugares, donde es más fácil llegar y donde se encuentran las colonias de animales más espectaculares, con la consiguiente perturbación a la fauna y el incremento del riesgo de accidentes de buques.

En la Antártida sigue habiendo lugares donde no ha pisado nadie, donde todavía hay muchas cosas por descubrir. Constituye un símbolo de la protección de la naturaleza y un espacio donde la aventura y la exploración se pueden todavía ejercer. El sistema del Tratado Antártico intenta que ese inmenso territorio siga estando dedicado a la paz, a la ciencia y a la cooperación entre los pueblos.