
Exploración científica de la Antártida: ejemplos desde la época histórica hasta la fecha

Cornelia Lüdecke*

Al igual que en el Hemisferio Norte, por razones de simetría, los griegos también habían postulado en el Hemisferio Sur, más allá del punto solsticial del Sol, una “zona frígida”, es decir, fría. Hasta el siglo XVIII, esta región era una mancha blanca inexplorada en el mapa. Finalmente se convirtió en el objetivo de muchas naciones. El británico James Cook (1728-1779) cruzó por primera vez el círculo polar sur el 17 de enero de 1773 (Headland, 1993). Sin embargo, como no vio tierra alguna además de hielo, de ahí en adelante en todo el mundo a este paraje se le quedó el sobrenombre de “*terra incognita*”. Incluso la segunda circunnavegación de la región antártica, bajo la dirección de Fabian Gottlieb von Bellingshausen (1778-1852), báltico alemán al servicio de Rusia, sólo llevó al descubrimiento de algunas islas. En cambio, durante su expedición (1822-1824), el ballenero James Weddell (1787-1834) penetró hasta 74°14'S en lo que más tarde se llamaría en su honor el Mar de Weddel. Así, el problema seguía sin ser resuelto.

Alrededor de 1840, durante el breve periodo caracterizado científicamente por la llamada “cruzada magnética”, la expedición francesa (1837-1840), en busca del polo magnético del Hemisferio Sur, dirigida por Jules Sébastien César Dumont d'Urville (1790-1842), descubrió la Tierra Adelia y la expedición estadounidense (1839-1842), al mando de Charles Wilkes (1798-1877), avistó la Tierra Wilkes y cartografió desde el barco cerca de 2,000 kilómetros de línea costera. Finalmente, el británico James Clark Ross (1800-1862) logró llegar hasta 78°10'S durante su expedición (1839-1843). Descubrió el Mar de Ross y la barrera de hielo de Ross, así como la

* Traducción del alemán de Ofelia Arruti.

extensa Tierra Victoria. Finalmente, Ross llegó a aproximadamente 300 km del polo magnético y determinó su posición en $75^{\circ}05'S$ y $154^{\circ}08'E$, cerca de la que había calculado teóricamente el astrónomo y experto en magnetismo de Gotinga, Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Antes y después de ese periodo de descubrimientos, sólo los balleneros y los cazadores de focas se arriesgaban en aguas antárticas para regresar a casa con abundante carga. Sus descripciones de las tierras como partes de un collar de perlas en el círculo polar antártico sólo aumentaron parcialmente la imagen de una *terra incognita*.

No fue sino hasta el VI Congreso Internacional de Geografía, que tuvo lugar en 1895 en Londres, que los participantes llegaron a la resolución de que la exploración de la región antártica era el más importante de los problemas geográficos que quedaban por resolver y, por tanto, recomendaron a la sociedad científica del mundo entero que solucionara dicho problema antes del fin del siglo XIX (Lüdecke, 2003). Todavía no se sabía si la Antártida era un atolón gigante lleno de hielo o un continente cubierto de hielo. Sin embargo, esto pronto sería resuelto.

PRIMERAS INVERNADAS ANTES DE 1900

En el verano de 1897, apoyándose en la recomendación de Londres, una expedición belga al mando de Adrien de Gerlache de Gomery (1866-1934) partió a bordo del *Bélgica* hacia la Tierra de Graham (hoy península antártica), donde descubrieron, entre otras cosas, el largo Estrecho de Gerlache en el lado occidental de la Península Antártica (Gerlache, 1902). Cuando el *Bélgica* se quedó varado en el hielo cerca de la costa antártica a unos $85^{\circ}O$, la expedición belga se vio obligada a invernar a bordo del barco. Fue la primera en realizar una observación meteorológica continua durante todo un año. Sin embargo, no había un programa de investigación previamente establecido, así que los resultados científicos fueron producto de la casualidad y dependieron del afán de investigación de los estudiosos respectivos. De manera notable, Gerlache había elegido a los miembros de la expedición según su capacidad, independientemente de su nacionalidad. A bordo del *Bélgica* había dos polacos (Henryk Arctowski, 1871-1958, para las tareas geológicas, meteorológicas y oceanográficas, y un asistente para las observa-

ciones meteorológicas), así como un biólogo rumano. También participaban, como médico experto de la expedición, el estadounidense Frederick Cook (1865-1940), que había explorado antes con Robert Peary el norte de Groenlandia, y el noruego Roald Amundsen (1872-1928), como segundo oficial. El resto de la tripulación consistía de belgas y noruegos. Pero en marzo de 1899, el *Bélgica*, que se encontraba varado en el hielo, logró salir a la corriente helada y quedó libre otra vez.

El 28 de marzo de 1899, desde Punta Arenas (Tierra del Fuego) Gerlache informó por radiotelegrafía el buen resultado de la invernada en la Antártida. Sin embargo, en 1898 hubo que lamentar dos víctimas, pues además de un marinero que cayó por la borda durante una tormenta, también murió el geofísico Emile Danco (1869-1898) de lo que entonces se llamó “anemia polar” y que, según los conocimientos actuales, fue causada principalmente por deficiencia vitamínica. A su regreso, el meteorólogo Arctowski pudo presentar a la opinión pública mundial los primeros datos meteorológicos del ciclo anual completo de la Antártida (Arctowski, 1904). Mucho antes de que se desarrollara la teoría del frente polar en la década de 1920, determinó mediante sus observaciones que en la Antártida circulaban zonas de baja presión en forma de ondas. Arctowski mostró además que el invierno antártico era mucho más frío de lo que normalmente se creía antes de la invernada. Al mismo tiempo, notó que la frecuencia de la aurora austral era igual a la de la aurora boreal en sus respectivas amplitudes magnéticas, lo que indicaba un origen común.

La segunda expedición antártica (1898-1900), bajo la dirección del sueco Carsten Borchgrevink (1864-1934), se pudo llevar a cabo mediante un financiamiento privado inglés. Partieron a bordo del *Southern Cross* hacia la Tierra Victoria (al este del Mar de Ross), donde invernaron en Cabo Adare (Borchgrevink, 1901). Los hombres no sabían que habían levantado sus dos refugios prefabricados en la costa más ventosa de la Antártida. Además de algunas recolecciones zoológicas y geológicas y observaciones magnéticas, también realizaron mediciones meteorológicas cada dos horas durante un año, así como registros de la presión atmosférica y la temperatura en el continente austral. También en 1899 la deficiencia vitamínica constituyó un gran problema durante la invernada de la expedición polar y el biólogo

del *Southern Cross*, Nikolai Hanson, murió de escorbuto. Antes del viaje de regreso, Borchgrevik todavía intentó llegar hasta 78°50'S sobre la Barrera de Ross. Los resultados meteorológicos aportaron la primera imagen del clima marítimo antártico. Los vientos predominantes ESE y SE señalaron la existencia de una zona de alta presión que se extendía por una gran parte de la todavía desconocida Antártida y que correspondía a un reflujó de masas de aire en dirección al Polo Sur en las capas de aire superiores (Bernacchi, 1901).

COOPERACIÓN INTERNACIONAL METEOROLÓGICA Y MAGNÉTICA (1901-1904)

Durante la realización del VII Congreso Internacional de Geografía en 1899 en Berlín, ya se pudieron discutir planes concretos de la expedición británica a la Antártida al mando de Robert Falcon Scott (1868-1912) y de la expedición alemana al Polo Sur bajo las órdenes de Erich von Drygalski (1865-1949) (Lüdecke, 2003). Al igual que en el precedente Primer Año Polar Internacional (1882-1883), cuando se coordinaron mediciones simultáneas alrededor del Ártico, el congreso acordó una cooperación internacional entre el 1 de octubre de 1901 y el 31 de marzo de 1903 para la realización de las mediciones meteorológicas y magnéticas de las expediciones antárticas, así como de todos los barcos mercantes y de la Marina que siguieran un curso al sur de 30°S. Además de la expedición de Drygalski (1901-1903), que llegaría hasta aproximadamente 90°E al sur de las Kerguelen en el Océano Índico, y la expedición de Scott hacia la Tierra Victoria (1901-1904), finalmente también participaron la expedición sueca hacia la Tierra de Graham (1902-1903) al mando de Otto Nordenskjöld (1869-1928) y la expedición escocesa hacia el Mar de Weddel oriental (1902-1904) al mando de William Speirs Bruce (1868-1921). Adicionalmente, se crearon con fines de comparación estaciones filiales que no estuvieran influidas por el clima de la Antártida. Éstas se localizaron en la Isla de los Estados en Cabo de Hornos para Nordenskjöld, en las islas Malvinas para Bruce, en las Kerguelen para Drygalski y en Christchurch (Nueva Zelanda) para Scott. Cuando Scott quiso invernar un segundo año y estaba en marcha una quinta expedición francesa (1903-1905) al mando

de Jean-Baptiste Charcot (1867-1936), la cooperación internacional se prolongó un año más. Por desgracia, el *Antarctic* de Nordenskjöld quedó atrapado por la banquisa en la salida noroeste del Mar de Weddel y finalmente fue aplastado por ésta, por lo que naufragó. Los miembros de la expedición invernarón en tres distintos lugares en los que realizaron investigaciones científicas hasta donde les fue posible. Es de destacar el primer hallazgo de restos fósiles de plantas terciarias y la exposición derivada de los hallazgos geológicos posteriores de Nordenskjöld, que se extendieron a los Andes sudamericanos en la Península Antártica.

A diferencia de Scott y Nordenskjöld, Drygalski y Bruce encontraron toda una tierra virgen y cada uno realizó fácilmente una amplia investigación que llevó a interesantes resultados. De acuerdo con las ideas de Humboldt, Drygalski planeó la investigación integral de los cuatro elementos (tierra, agua, aire, fuego) en la desconocida Antártida. Por esa razón, además de él, que quería realizar investigaciones geográficas y oceanográficas, y de un geólogo, que era experto en tierra firme y volcanes, había también un físico, que debía realizar mediciones meteorológicas y magnéticas. Un biólogo completaba la investigación del entorno vital (fauna y flora). Todo lo nuevo que se manifestara en la región antártica se registraba y se ponía en una exposición conjunta (Drygalski, 1904). Así, Drygalski realizó mediciones de temperatura hasta 500m de altura durante su ascenso en un globo cautivo, a diferencia de Scott que un mes antes ya había sido el primero en subir en un globo.

Los resultados llenan un total de 22 volúmenes, doce de los cuales contienen resultados zoológicos (Drygalski, 1905-1931). El concepto de investigación tipo Humboldt ampliamente aplicado por Drygalski en su expedición era único y nunca más sería seguido, ya que las expediciones se fueron especializando en aspectos de investigación particulares.

Para sus propios estudios, Drygalski eligió una forma que, por ejemplo, todavía aplica hoy día el Instituto Alfred Wegener de Alemania en la investigación polar y marítima (Drygalski, 1898):

- mediciones tomadas en el barco durante el viaje de Europa a la Antártida,
- mediciones tomadas en la estación durante la internada,
- viajes de exploración por los alrededores de la estación en primavera,
- mediciones tomadas en el barco durante el viaje de regreso.

Lamentablemente, los frutos de la cooperación internacional no produjeron el resultado que se había esperado. Las mediciones magnéticas durante el viaje de ida y vuelta a la Antártida a bordo del barco alemán *Gauss* y del británico *Discovery* mejoraron los mapas marítimos sólo en la zona de las rutas de viaje respectivas. La colección de datos meteorológicos asciende en total a aproximadamente 600,000 observaciones individuales. Sin embargo, la red de mediciones alrededor de la Antártida no fue lo bastante cerrada para la construcción diaria de mapas meteorológicos. Únicamente entre Cabo de Hornos y la Península Antártica hubieron suficientes datos que permitieron trazar la distribución diaria de la presión atmosférica. Los descubrimientos geográficos sugirieron la conclusión de que la Antártida es un continente cubierto de hielo. Además, a partir de las mediciones del viento y de la presión atmosférica, se pudo determinar la altura promedio del continente antártico en $2,000 \pm 200\text{m}$ (Meinardus, 1909). La estación meteorológica establecida por Bruce en la Isla Laurie (Islas Orcadas del Sur) fue entregada a Argentina en 1904 y, desde entonces, sigue funcionando con el nombre de Base Orcadas y, con su ininterrumpido margen de mediciones, proporciona un valioso valor básico para posteriores investigaciones climatológicas.

EL ATRACTIVO DE LOS POLOS EN 1911-1912

El llamado “Periodo del atractivo de los polos” estuvo determinado por pautas personales y representado por el francés Jean Charcot (1908-1920), Scott y su antiguo acompañante Ernest Shackleton (1874-1922), el noruego Roald Amundsen (1872-1928) y el alemán Wilhelm Filchner (1877-1957), así como por el japonés Nobu Shirase (1861-1946) y el australiano Douglas Mawson (1822-1958) (Headland, 1993). Charcot y Filchner constituyeron, en realidad, una excepción, ya que sus expediciones, además de descubrimientos geográficos, llevaron a cabo un amplio programa científico. Las demás contribuyeron en su mayoría a alcanzar los objetivos geográficos como el Polo Sur, incluso a riesgo de su propia vida. Mientras que durante su expedición en 1909 Shackleton prefirió regresar cuando estaba a sólo unos 180 km del Polo Sur para escapar de un desastre causado por la escasez de alimentos, Scott y sus cuatro acompañantes murieron en 1912 a

causa de una serie de acontecimientos adversos durante una larga tormenta de nieve en su camino de regreso del polo. La expedición japonesa tuvo que invernar en Sydney en condiciones precarias y explorar a continuación la Tierra de Eduardo VII en las cercanías de la estación noruega de invernada de la Bahía de las Ballenas en la orilla occidental del Mar de Ross, mientras que Amundsen fue el primero en llegar al polo.

La expedición australiana determinó por primera vez la ubicación exacta del polo magnético. Sin embargo, también tuvieron que lamentar dos víctimas mortales durante un viaje en trineo. La Expedición Transantártica Imperial Británica de Shackleton también corresponde a este periodo. Se componía de dos grupos. Shackleton dirigía la División del Mar de Weddell (1914-1916), cuyo barco *Endurance* fue aplastado por los bloques de hielo y se hundió a finales de 1915. No obstante, los miembros de la expedición pudieron salvarse gracias a la osada travesía de Shackleton en un pequeño bote de remos a las Islas Georgias del Sur. La División del Mar de Ross (1914-1917), que debería preparar los almacenes para la travesía en la meseta de hielo, invernaó en Cabo Evans en condiciones precarias cuando el barco de la expedición se desvió de rumbo prematuramente durante una ventisca y quedó a la deriva durante diez meses entre los bloques de hielo del Mar de Ross. Dos miembros de la expedición fallecieron. Puesto que las expediciones de este periodo no cooperaron entre sí para nada y sólo por casualidad las expediciones noruega y japonesa se encontraron en la Antártida (Amundsen, 1912; Hamre, 1933), los diferentes resultados científicos de estas expediciones deben considerarse como individuales e independientes; sin embargo, fueron percibidos en parte como totalmente extraordinarios. Así, durante la travesía de nueve meses del *Deutschland* de Filchner se detallaron por primera vez medidas oceanográficas y se llevaron a cabo sondeos (Brennecke, 1921). Pero sobre todo, también se analizaron continuamente las condiciones meteorológicas de las capas de aire con cometas y globos a los que se fijaron aparatos de registro. Estas mediciones todavía son representativas y no han perdido su valor (Barkow, 1924). Las investigaciones glaciológicas de icebergs y de la Barrera de Hielo de Ross, realizadas por Charles Seymour Wright (1887-1975) durante la expedición de Scott, produjeron incluso una bibliografía básica sobre glaciología (Wright y Priestley, 1922).

AVIONES EN LA ANTÁRTIDA DESDE 1928

Después de la Primera Guerra Mundial, la técnica aeronáutica se desarrolló a tal grado que fue posible pensar en utilizarla para fines de exploración en la Antártida. Los descubrimientos y cartografías hechos para el aire se utilizaron a menudo en esa época para justificar los reclamos territoriales en la Antártida. Todavía hubo jefes de expediciones individuales que se lanzaron hacia el Sur para alcanzar objetivos principalmente privados. El australiano Hubert Wilkins (1888-1958) fue el primero en utilizar aviones durante su expedición (1928-1929) para la exploración de la costa este de la Tierra de Graham (Headland, 1993). En 1928-1930, el estadounidense Richard Evelyn Byrd (1888-1957) había establecido en la Bahía de las Ballenas, cerca de la antigua estación de invernada de Amudsen, una estación con el programático nombre de Little America I, desde la que supuestamente el 20 de diciembre de 1929 quería sobrevolar el Polo Sur. Reconocimientos geológicos de campo complementaron la exploración aeronáutica.

Al mismo tiempo, en otra parte del continente, la primera expedición noruega (1929-1930), patrocinada por el cónsul Lars Christensen (1884-1965) y bajo la dirección de Nils Larsen (nacido en 1900), realizó un sondeo aéreo de la Tierra de Enderby. Wilkins regresó a la Antártida en 1929-1930 para seguir persiguiendo su objetivo de volar desde las dependencias de las Islas Malvinas (Isla Decepción) hacia el Oeste a lo largo de la costa de la Península Antártica hasta el Mar de Ross. Durante su segunda expedición (1929-1931), Mawson cartografió la costa entre 75°E y 45°E tanto desde barco como desde avión. Esto se consideró como frontera entre las actividades británicas y noruegas y las correspondientes aspiraciones a los reclamos territoriales. Lincoln Ellsworth (1880-1951) apareció en escena en 1933-1934 como otro competidor para ser el primero en sobrevolar el continente antártico desde el Mar de Ross hacia la Península Antártica, pero su avión se dañó ya desde el inicio al aterrizar en el hielo marítimo en la Bahía de las Ballenas. Su segundo intento en 1934-1935 en dirección opuesta fracasó debido a las malas condiciones meteorológicas.

En 1933-1935, desde su estación ampliada Little America II, Byrd continuó la cartografía aérea de la Tierra de Marie Byrd hasta la Cordillera de la Reina Maud. La expedición británica a la Tierra de Graham (1934-1937),

bajo la dirección del inglés John Rymill (1905-1968), inverró dos años y exploró la Península Antártica Occidental desde avión y con trineos tirados por perros y comprobó que la Tierra de Graham está unida al continente Antártico. Por primera vez se combinaron aquí técnicas modernas con medios de locomoción tradicionales, para lo que no había ningún equivalente en esa época, aunque Scott ya había experimentado con trineos de motor en 1910. Asimismo, la expedición de Rymill siguió un programa intensivo meteorológico, geológico, glaciológico y biológico. Finalmente, en noviembre de 1935, Ellsworth logró completar, con cuatro aterrizajes intermedios, el primer vuelo sobre la Antártida desde la Isla Dundee (Península Antártica) hasta Bahía de las Ballenas y realizó nuevos descubrimientos como las montañas de la cordillera Eternity. Una de las numerosas expediciones antárticas del noruego Christensen realizó extensos vuelos de fotografía sobre la costa antártica entre la Tierra del Emperador Guillermo II y la Tierra de Enderby, así como a lo largo de la Costa del Príncipe Harald descubierta por ellos, cuya posesión fue reclamada por Noruega.

Finalmente, en el verano austral de 1938/1939 la expedición alemana en el buque-catapulta *Schwabenland*, bajo el mando de Alfred Ritscher (1879-1963) llevó a cabo una eficiente campaña de verano, durante la cual, mediante fotogrametría aérea desde dos aviones, se llevó a cabo un reconocimiento detallado de una región hasta entonces desconocida entre 14°O y 20°E con el propósito de tomar posesión de este territorio por seguridad de la floreciente pesca de ballenas alemana (Ritscher, 1942). La expedición descubrió ahí Nueva Suabia junto con sus cordilleras y, con las tomas fotogramétricas, construyó una de las cartas más informativas del interior de la Antártida de esa época, la cual cubre aproximadamente 350,000 km². Sin embargo, la Segunda Guerra Mundial impidió la continuación de las investigaciones planeadas sobre el territorio. A diferencia de la expedición alemana, la tercera empresa de Byrd (1939/1940) estudió los alrededores con aviones y trineos jalados por perros desde dos estaciones de internada (East Base en la costa este de la Tierra de Graham y Little America III), y amplió así de manera decisiva los conocimientos de las expediciones anteriores. Esta expedición también dejó tras de sí en el continente blanco banderas y documentos que debían documentar la reclamación territorial de Estados Unidos.

OPERACIONES MILITARES EN LA ANTÁRTIDA DESDE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Durante la Segunda Guerra Mundial, Gran Bretaña envió la primera expedición de la Armada (operación Tabarin I, 1934-1944), a la que la siguió una segunda expedición (operación Tabarin II) en 1944-1946 (Fuchs, 1982; Headland, 1993). En 1944 se construyó la estación Puerto Lockroy, que en la actualidad constituye un museo muy popular entre el turismo de cruceros.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la operación Tabarin fue continuada por la recién fundada Falkland Island Dependencies Survey (FIDS), asociada a la Colonial Office y que hoy actúa con el nombre de British Antarctic Survey. Desde 1944, Gran Bretaña mantiene a lo largo de la Península Antártica varias bases en las que, entre otras cosas, además de exploraciones del territorio, se llevan a cabo investigaciones geológicas y biológicas y, en particular, mediciones meteorológicas continuas. Por esta razón, en muchos lugares Gran Bretaña ha pasado por alto los reclamos territoriales interpuestos por Argentina. Sin embargo, con mucho, la expedición militar más grande fue el United States Navy Antarctic Development Project (operación Highjump, 1946/1947) bajo el mando de Byrd, cuyo propósito era no sólo probar en los alrededores de la base Little America IV nuevos equipos y métodos en relación con la Guerra Fría, sino que también debía entrenar durante una campaña de verano a 4,700 hombres en las condiciones de las regiones polares, a fin de prepararlos para un posible conflicto bélico con la Unión Soviética durante la Guerra Fría. Además, se realizaron exitosamente 25 vuelos de reconocimiento fotogramétrico, en los que se descubrió el oasis de Bunger, una zona libre de hielo, a 66°E a unos seis kilómetros de la costa de la Antártida oriental. Sin embargo, después de que se dejaron de lado los trabajos científicos durante esta expedición de la armada, también se pasó completamente por alto el significado de este descubrimiento. La siguiente expedición de la armada (operación Windmill, 1947/1948) debía continuar el entrenamiento del verano anterior y medir los puntos de control del suelo para la medición aérea con fines de futuras reclamaciones territoriales. También la expedición meteorológica y geológica (1946-1948) a la East Base de Byrd, organizada por Estados Unidos bajo el mando de Finn Ronne (1899-1980), tenía los mismos propósitos de toma de posesión territorial.

INVESTIGACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL ALREDEDOR DE 1950

Además de Gran Bretaña, también Argentina y Chile mantuvieron desde 1947 estaciones permanentes en diferentes lugares de la península antártica, en las que se establecieron bases de medición meteorológicas. La continua presencia científica del llamado grupo de países ABC (Argentina, Gran Bretaña y Chile) también tuvo que insistir en las correspondientes reclamaciones territoriales parcialmente superpuestas (Howkins, 2006).

La expedición noruega-británica-sueca a la Antártida (NBSX, 1949-1952), bajo la dirección del noruego John Gjøver (1901-1970), fue la primera en la que cooperaron oficialmente a nivel internacional varios países a fin de llevar a cabo investigaciones científicas en el Occidente de Nueva Suabia. Vuelos de reconocimiento para fotografía aérea conformaron los trabajos de medición en verano y el extenso programa de investigación meteorológica (radio-sondeos), geofísica y glaciológica en la estación de internada Maudheim (Gjøver, 1956). Aquí también hubo tres víctimas mortales en un accidente de un trineo motorizado (Weasel) en el agua. Los resultados de la medición sísmica del grosor del hielo proporcionaron el primer perfil de la superficie del hielo y del fondo rocoso entre la costa y la placa de hielo. La NSBX dejó claro que se podía realizar con mucho éxito investigación conjunta en la Antártida a nivel internacional con científicos de ideas similares. Las experiencias fueron tan profundas, que algunos de los participantes de la expedición de aquella época, como el glaciólogo Valter Schytt (1919-1985), el asistente inglés de glaciología Charles Swithinbank (nacido en 1926), el físico australiano Gordon de Quetteville Robin (1921-2004) y el meteorólogo sueco Gösta H. Liljequist (1913-1995), se convirtieron en representantes notables de su ramo.

Australia tampoco quiso quedarse atrás y finalmente en 1953-1954 abrió su primera base antártica permanente, Mawson, a 60°O en la Tierra de Robertson.

INVESTIGACIÓN POLAR MODERNA DURANTE EL AÑO GEOFÍSICO INTERNACIONAL (1957-1958)

Uno de los objetivos principales del Año Geofísico Internacional (AGI, 1957-1958) fue la exploración intensiva de la Antártida no sólo en la zona

costera, sino también tierra adentro. Muchos programas de investigación globales aplicados recogieron datos de medición e información para el planteamiento de nuevos problemas: por ejemplo, para la luz polar o para la comprobación de nuevas teorías como la circulación general del aire. Según Fogg, en total cooperaron once países (Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Japón, Noruega, Nueva Zelanda y la URSS), los cuales más adelante también elaborarían conjuntamente el Tratado Antártico (Fogg, 1992). El número de bases permanentes aumentó de 20 a 48. Además de las mediciones habituales de parámetros meteorológicos y magnéticos realizados por las bases con aparatos de medición (como radiosondas para explorar las capas de aire superiores y cohetes para la atmósfera alta), así como investigaciones geológicas y biológicas según las posibilidades del lugar, también se llevaron a cabo estudios especiales sobre luz polar, glaciología o investigación sísmica. En tres días al mes, llamados días mundiales, se realizan distintas mediciones simultáneas. Además de las mediciones rutinarias, también se hicieron observaciones meteorológicas especiales con una cadencia de diez días. Los datos se guardaron posteriormente en tres bancos de datos mundiales (en EUA, URSS y el tercero se repartió entre Europa, Australia y Japón) y están a la libre disposición de cualquier interesado para su análisis. Los datos meteorológicos, que al principio fueron recopilados en la central meteorológica de Little America V, hicieron posible por primera vez un estudio completo de las trayectorias de las tormentas y el desplazamiento de las zonas de alta presión a través de la Antártida en el invierno austral de 1958.

La expedición más notable fue la Expedición Transantártica del Commonwealth (1955-1958) bajo el mando de Vivian Fuchs (1908-1999), quien en un lapso de 99 días recorrió 3, 473 km entre el mar de Weddell y el Mar de Ross y realizó mediciones gravimétricas y mediciones sísmicas del grosor del hielo.

Fuchs fue apoyado por Edmund Hillary (1919-2008), que estableció los almacenes para Fuchs entre el Mar de Ross y el Polo Sur. Los resultados de este travesaño respondieron a las preguntas aún abiertas acerca de la conexión entre la Antártida oriental y la Antártida occidental que habían postulado tanto Filchner como Bruce y Shackleton. ¿Estaban separadas ambas

partes por agua o hielo, o existía entre ellas un puente terrestre cubierto de hielo? Las mediciones sísmicas mostraron que el fondo rocoso entre la Antártida oriental y la Antártida occidental descende varias veces bajo el nivel del mar y que la parte oriental de la Antártida es, por lo tanto, un continente, mientras que la parte occidental representa un archipiélago.

Las mediciones sísmicas serían continuadas más tarde por otros países en otros lugares y aportarían, por ejemplo, que bajo la capa de hielo del polo de frío, el cual se encuentra a la misma distancia de todas las costas, se extiende una cordillera con una cumbre de más de 2,600 m de altura. También en las cercanías de la travesía rusa a la base en el polo de frío se descubrieron lagos entre el hielo y el fondo rocoso, el mayor de los cuales es el Lago Vostok. Además, en pozos de nieve se determinó la acumulación anual de precipitación y el equilibrio de masa de la capa de hielo antártica, que arrojó un incremento de 1.7×10^{15} kg de agua por año, por lo que la pérdida de nieve que es arrojada al mar por vientos extremadamente fuertes se calcula en 1 a 2×10^{14} kg de agua por año. La pérdida calculada en 5.7×10^{14} kg de agua por año por el nacimiento de icebergs fue aproximadamente tres veces igual de alta. En la base estadounidense Byrd incluso se remolcó un núcleo de hielo de 309 m de longitud en el que estaban encerradas a alta presión pequeñas burbujas de aire cuya composición pudo estudiarse. Además de impurezas y componentes sólidos, presentaron productos de fisión radioactiva. Los resultados mostraron que la atmósfera antártica no está de ninguna manera aislada del resto del mundo. A diferencia de estos nuevos conocimientos, los procesos debajo de la barrera de hielo siguieron siendo desconocidos.

Sin embargo, el AGI siempre se asocia con el primer lanzamiento de los primeros satélites. El asombroso resultado del programa satelital estadounidense fue el descubrimiento de la magnetosfera con los dos cinturones de Van Allen incluidos en ella, los cuales protegen a la Tierra de los rayos cósmicos provenientes del viento solar. El uso de satélites constituyó un gran progreso, ya que de ahí en adelante toda la Tierra podía ser vigilada permanentemente desde el espacio sideral con distintos sensores y métodos, lo que proporcionaría conocimientos totalmente nuevos a través de un monitoreo de larga duración.

MEDICIONES CONTINUAS DE ACUERDO CON EL TRATADO ANTÁRTICO DESPUÉS DE 1960

Después del AGI, la mayoría de las bases continuaron funcionando y cada país siguió a menudo sus propios objetivos de investigación que habían surgido de los intereses nacionales de los equipos de investigadores. Muy pronto se produjo una repartición de las tareas científicas en las bases permanentes y durante las expediciones temporales, es decir, las campañas de verano coordinadas y asesoradas por el Comité Científico para la Investigación Antártica (SCAR, por sus siglas en inglés) en el marco del Tratado Antártico a nivel internacional. Más allá de la cooperación internacional, surgen cada vez más tareas interdisciplinarias. La teoría de la deriva continental propuesta por Alfred Wegener (1880-1930) durante la Primera Guerra Mundial sigue fomentando, aún en el siglo XXI, más investigaciones sobre la composición de la Antártida en el ámbito de la cuestión del continente Gondwana, en la que participan muchos países. Además, también es de gran interés la investigación detallada de los valles “secos” sin hielo que se encuentran al final de la cordillera Transantártica (Mar de Ross occidental) y los lagos que ahí existen.

Algunos lugares ofrecen diversas posibilidades de investigación zoológica (por ejemplo, sobre las condiciones de vida de los págalos, pingüinos o focas) y/o trabajos botánicos (por ejemplo sobre líquenes). En este aspecto, la Península Antártica es de especial interés. En 2008, un total de nueve naciones (Alemania, Argentina, Brasil, Chile, China, Corea del Sur, República Checa, Rusia y Uruguay) mantienen en parte varias estaciones de invernada iguales, sobre todo en la Isla Rey Jorge, a la que es logísticamente fácil llegar. Perú establece ahí anualmente una estación de verano durante aproximadamente dos meses cada vez. Los estudios biológicos a menudo van acompañados de investigaciones micrometeorológicas de las condiciones medioambientales. Por último, las observaciones de largo plazo permiten identificar los cambios medioambientales en la flora y la fauna causados por el cambio climático.

Las fotografías periódicas satelitales ayudan a monitorear las transformaciones estacionales en la cubierta de hielo marino. Con ayuda de teledetección, también se pueden observar y analizar de manera excelente la ruptura

y el desplazamiento de los campos de hielo, una posibilidad que antes no se podía siquiera imaginar. Asimismo, se puede registrar el cambio de los glaciares y sus descargas. Con ayuda del posicionamiento Doppler, los satélites determinan el movimiento de los glaciares y posibilitan las declaraciones de retroceso o crecimiento.

Mediante ecosondeos realizados por aviones y con ayuda del monitoreo satelital, se determinó el volumen de la capa de hielo de la Antártida, incluidas las barreras de hielo, en $30.11 \pm 2.5 \times 10^6 \text{ km}^3$. En conjunto, las investigaciones glaciológicas de la capa de hielo de la Antártida tienen cada vez mayor importancia en relación con el cambio climático. Especialmente cuando se toma en consideración la investigación química de los núcleos de hielo en distintos lugares de la Antártida. Los análisis proporcionan un valor de referencia frente a la atmósfera contaminada por la industria y, de paso, una magnífica mirada al pasado de la historia de la Tierra.

Ya desde 1957, algunas bases, como la Faraday (actualmente Vernadsky) y la Halley, miden en parte continuamente con un espectrómetro Dobson el contenido total de ozono en la atmósfera y, en la década de 1960, se sumaron a ellas más bases de medición. En 1985, en la base rusa de Novolasarewskaja (más tarde llamada Georg Forster), cerca del oasis Schirmacher en Nueva Suabia, meteorólogos de la República Democrática Alemana empezaron la determinación continua de la distribución vertical de ozono con ozonosondas.

Aunque ya desde mediados de los años 1970 la British Antarctic Survey observó una disminución del contenido de ozono a finales del invierno austral, el llamado “agujero de ozono”, es decir, la región con contenido reducido de ozono en primavera sobre la Antártida, se convirtió en tema de discusión por primera vez en 1985 y se comprobó mediante una revisión de las mediciones con el Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS; espectrómetro para mapear el ozono total) de los satélites meteorológicos de órbita polar.

LA ASTROFÍSICA COMO NUEVA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Después de que en 1912 se descubrió el primer meteoro en la superficie helada de la Tierra Adelia, al que siguieron un gran número de nuevos hallazgos durante el AGI, se desarrolló principalmente en la Antártida la nueva

rama científica de la astrogeología, que se ocupa del análisis de objetos extraterrestres, es decir, meteoros. Ésta prosperó, porque en muchos lugares de la Antártida y en circunstancias topográficas especiales, en los campos helados azules aparecen con relativa frecuencia meteoritos bastante visibles que se pueden recoger fácilmente.

A principios de los años 1930 ya se habían medido rayos cósmicos en la base Little America II, pero apenas durante el AGI se empezaron a colocar sistemáticamente detectores de alta energía (Indermühle, 2006). Desde la década de 1980 se agregaron nuevos programas de investigación como SPACE (South Pole Air Shower Experiment) y GASP (Gamma Astronomy at the South Pole), que se ampliaron considerablemente a mediados de la década de 1990 con el equipo de AMANDA (Antarctic Muon and Neutrino Detector Array). Cientos de tubos fotomultiplicadores fueron sumergidos en el hielo para medir la radiación producida cuando los neutrinos chocan con la materia.

Después de que la atmósfera sobre la planicie helada del Polo Sur mostró características ópticas excelentes, en 1979 se inició un programa astronómico especial para el estudio de estrellas variables y física solar. Mediciones en el campo submilimétrico llevaron, por ejemplo, a la idea de que la geometría del universo es plana.

LA “BIG SCIENCE” A PRINCIPIOS DEL SIGLO XXI

En el siglo XXI, además de las permanentes, también se abrirán bases temporales especiales para varios años, a fin de llevar a cabo en el marco de la cooperación internacional programas costosos y/o logísticamente caros que no podrían ser realizados por una sola nación. Por ejemplo, el programa astronómico AMANDA es un desarrollo de científicos de 19 institutos de seis naciones (Alemania, Bélgica, Estados Unidos, Inglaterra, Suecia y Venezuela) y representa el mayor programa internacional de investigación. Hacia 2010 dará inicio en el Polo Sur un programa sucesor aún más grande: el IceCube. Se trata de un tipo de telescopio, cuyos detectores para mediciones imparciales de neutrinos se colocan dentro de un kilómetro cúbico a una profundidad de entre 1,500 y 2,500 m bajo la superficie del hielo. Otras tareas logísticas grandes son las bases internacionales de perforación que extraen núcleos de hielo del sustrato de hielo desde hasta más de 3,000 m.

En la temporada 1996-1997 empezó la perforación en la base Dome Concordia (Dome C) en la meseta antártica a 75°06' Sur y 123° Este como proyecto conjunto de Francia e Italia. Allí se extrajo en 2004 un núcleo de hielo de 900,000 años de antigüedad desde una profundidad de 3,260 m cerca del fondo rocoso. En 2000, el European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA) inició la perforación en la Tierra de la Reina Maud, la cual alcanzó una profundidad de 2,665 m en 2006 y proporcionó datos de alta resolución sobre las relaciones de temperatura y la variación de los gases invernadero a lo largo de 200,000 años. EPICA es un programa de la Comunidad Europea en el que participan diez agencias nacionales de Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Gran Bretaña, Italia, Noruega, Países Bajos, Suecia y Suiza.

Durante el cuarto Año Polar Internacional en 2007/2008, el cual se prolongó hasta 2009 para que se pudieran realizar mediciones que cubrieran por lo menos un año en ambas zonas polares, se realizaron diferentes travesías (Trans-Antarctic Scientific Traverses Expeditions – Ice Divide of East Antarctica, TASTE-IDEA) a través del interior de la Antártida. En ellas se determina el grosor del hielo en lugares previamente definidos y se investiga, mediante pequeñas perforaciones, la composición del hielo a diferentes profundidades.

Sólo a principios del siglo XXI se puede pensar en la exploración del Lago Vostock, que se encuentra a aproximadamente 4,000 m por debajo de la capa de hielo. Su exploración contribuirá mucho a la comprensión de la historia de la Tierra y del desarrollo de la vida. Aunque hasta ahora aún no se ha aclarado cómo se puede investigar sin que haya contaminación.

PERSPECTIVA

Con excepción de unas cuantas bases de investigación, la Antártida se representa como un continente despoblado de clima extremo que, debido a la estructura relativamente sencilla de su superficie de hielo y roca, se presta excelentemente como laboratorio para el planteamiento de problemas meteorológicos o como indicador de los cambios climáticos (Heinemann, 2009). El actual agujero de ozono y el análisis de núcleos de hielo de tiempos pasados representan puntos angulares importantes para la investigación

moderna respecto a la Tierra. Las investigaciones actuales proporcionan valiosas indicaciones sobre el pasado como la ruptura del continente Gondwana o el futuro de nuestro planeta con respecto al desarrollo climático. Las futuras investigaciones del Lago Vostok y los resultados del gran proyecto IceCube ampliarán la comprensión de la historia de la Tierra y de la integración de nuestro planeta en el universo.

Sin embargo, todos los proyectos deben tener en cuenta que la distancia y las condiciones meteorológicas extremas de la Antártida no sólo condicionan el desarrollo de nuevos métodos de medición, sino que también implican expediciones muy costosas que no todos los países pueden permitirse. De ahora en adelante, al igual que como ya se hizo muchas veces durante el cuarto Año Polar Internacional 2007-2009, habrá más programas de investigación financiados por varios países. También está ya en discusión la instalación de bases antárticas multinacionales. Este desarrollo suspende evidentemente las expediciones nacionales de la época heroica y el afán de reclamaciones territoriales y permite que el mundo se acerque al investigador antártico cada vez más en un plano pacífico. Las bases para esto fueron aportadas por el Tratado Antártico a finales del AGI. ❧

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amundsen, R., 1912, *Die Eroberung des Südpols*, J.F. Lehmann's Verlag, Munich, vol. 1., 490p., vol. 2, pp. 500-980.
- Arctowski, H., 1904, *Rapport sur les observations météorologiques horaires faites pendant l'hivernage antarctique de la "Belgica"*, *Rapports scientifiques, Expédition Antarctiques Belge, Rés. voy. S.Y. Belgica, Météorologie*, Amberes.
- Barkow, E. (póstumo), 1924, "Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911/1912", K. Knoch (ed.), *Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts*, Berlín, núm. 325, recopilados en vol. VII, núm. 6, 166p.
- Bernacchi, L.C., 1901, "Meteorological observations on the 'Southern Cross' expedition to the Antarctic, 1899-1900", en G. Murray (ed.), *The Antarctic Manual*, Royal Geographical Society, Londres, pp. 50-56.
- Borchgrevink, C., 1901, *First on the Antarctic Continent being an account of British Antarctic Expedition, 1898-1900*, Newnes, Londres, 333p.

- Brennecke, W., 1921, "Die ozeanographischen Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition, 1911-1912", *Archiv der Deutschen Seewarte*, vol. 39, núm. 1, pp. 1-192.
- Declair, H. y C. de Broyer (eds.), 2001, *The BÉLGICA Expedition Centennial: Perspectives on Antarctic Science and History*, Bruselas, Brussels University Press, pp. 161-169.
- Drygalski, E. v., 1898, "Plan einer Deutschen Expedition in das Südpolargebiet", en E. Oberhummer, *Die Deutsche Südpolarexpedition*, Informe sobre los escritos preparatorios y la reunión del 13 de marzo de 1898 en Munich, 17° informe anual de la Geographische Gesellschaft de Munich, pp. 38-40.
- _____, 1904, *Zum Kontinent des eisigen Südens*, Georg Reimer, Berlín, 668p.
- _____ (ed.), 1905-1931, *Deutsche Südpolar-Expedition 1901-1903 im Auftrage des Reichsamtes de Innern*, 2 vols., 2 atlas, Georg Reimer, Berlín.
- Fogg, G.E., 1992, *A History of Antarctic Science. Studies in Polar Research*. Cambridge: Cambridge University Press, 483p.
- Fuchs, V., 1960, *Quer über den Südpol. Die Bezwingung des sechsten Kontinents*, Ullstein, Berlín, Francfort del Meno, Viena, 160p.
- Fuchs, Sir V., 1982, *Of Ice and Men: The Story of the British Antarctic Survey, 1943-1973*, Anthony Nelson, Oswestry, 383p.
- Gerlache de Gomery, A. de, 1902, *Le voyage de la Belgique. Quinze mois dans l'Antarctique*. Bruselas: Imprimerie Scientifique Ch. Bulens, 303p.
- Germandt, H., 1984, *Erlebte Antarktis*. Berlín; Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 284p.
- Giæver, J., 1956, *Station im Eis: zwei Jahre in der Antarktis. Die norwegisch-britisch-schwedische wissenschaftliche Antarktisexpedition, 1949-1952*, Haack, Gotha, 388p.
- Hamre, I., 1933, "The Japanese south polar expedition of 1911-1912: A little-known episode in Antarctic expedition", *Geographical Journal*, vol. 82, núm. 5, pp. 441-423.
- Headland, R.K., 1993, *Chronological list of Antarctic expeditions and related historical events*. Cambridge: Cambridge University Press, 730p. (Reimpresión de la primera edición de 1989.)
- Heinemann, G., 2008, "The Polar Regions: a natural laboratory for boundary layer meteorology —a review", *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 17, núm. 5, pp. 589-601.

- Howkins, A., 2006, "Icy Relations: The Emergence of South American Antarctica during the Second World War", *Polar Record*, vol. 42, núm. 2, pp. 153-165.
- Indermühle, B., 2007, "The History of Astrophysics in Antarctic", en C. Lüdecke (ed.), *Steps of Foundation of Institutionalized Antarctic Research. Proceedings of the 1st. SCAR Workshop on the History of Antarctic Research, Munich 2-3 June 2005. Reports on Polar and Marine Research*, núm. 560, pp. 188-194.
- Lüdecke, C., 2003, "Scientific collaboration in Antarctica (1901-1903): a challenge in times of political rivalry", *Polar Record*, vol. 39, núm. 208, pp. 25-48.
- Meinardus, W., 1909, *Die mutmaßliche Höhe des antarktischen Kontinents. Petermanns Geographische Mitteilungen*, tomo I: (9) pp. 304-309; tomo II: (12), pp. 355-360.
- Neumayer, G. v., 1901, *Auf zum Südpol! 45 Jahre Wirkens zur Förderung der Erforschung der Südpolarregion, 1855-1900*. Berlín: Vita Deutsches Verlagshaus, 485p.
- Ritscher, A., 1942, "Wissenschaftliche und fliegerische Ergebnisse der Deutschen Antarktischen Expedition, 1938/1939", publicado por encargo de la Deutschen Forschungsgemeinschaft, Amelang y Koehler, Lipzig, vol. 1 – volumen de texto, 304p.
- Wright, C.S. y R.E. Priestley, 1922, *Glaciology. British (Terra Nova) Antarctic Expedition, 1910-1913*. Londres: Harrison and Sins.