

- y BYERS, H. R. (1977): Spearhead echo and downbursts in the crash of an airliner. *Mon. Wea. Rev.* **105** págs. 129-146.
- y CARACENA, F. (1977): An analysis of three weather-related aircraft accidents. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **58** págs. 1164 a 1181.
- HALL, F. y BREWER, R. D. (1959): A sequence of tornado damage patterns. *Mon. Wea. Rev.* **87** págs. 207 a 216.
- SMITH, M. (1986): Visual observations of Kansas downbursts and their relation to aviation weather. *Mon. Wea. Rev.* **114** págs. 1612 a 1616.
- WILSON, J. W., ROBERTS, R. D., KESSENGER, C. y MCCARTHY, J. (1984): Microburst wind structure and evaluation of Doppler radar for airport wind shear detection. *J. Climate Appl. Meteor.* **23**] págs. 898 a 915.

## LA OMM Y LA ANTARTIDA

Por N.A. STRETON \*

El continente antártico y los mares que lo rodean es una zona de creciente interés y actividad de la meteorología, tanto por lo que respecta a la ciencia como a las operaciones. La *figura 1* muestra la distribución actual de las estaciones meteorológicas de observación pertenecientes a las naciones que forman parte del Tratado del Antártico; representa la evolución de un ideal que tuvo sus orígenes en el Año Geofísico Internacional (AGI) 1957/1958, cuando llegó a hacerse realidad el antiguo sueño de disponer de una red de estaciones científicas en las regiones australes. Aparte de las observaciones que se realizan en las estaciones casi permanentes, que aparecen en la *figura 1*, se dispone de muchas más procedentes de los lugares en que acampan las expediciones durante semanas o meses, de las estaciones meteorológicas automáticas instaladas en la capa de hielo, en los témpanos y en el océano, así como de los buques y aviones que participan en las expediciones o que desarrollan actividades comerciales.

Aunque la estructura de las asociaciones regionales de la OMM termina formalmente a la latitud de 60° S, en la época del AGI quedó reconocido claramente que la coordinación de los aspectos operativos de la meteorología antártica constituía una misión para la que la OMM era la única organización adecuada. Dado que el Tratado del Antártico firmado en 1959 "congeló" prácticamente las reclamaciones nacionales sobre territorios situados al sur de 60° S (ni aprobándolas ni denegándolas), la manera más adecuada de coordinar las actividades meteorológicas fue a través de un grupo de trabajo con representantes de todas las naciones que fueran parte del Tratado y que desarrollaran programas en la Antártida. El grupo de trabajo sobre meteorología antártica se estableció inicialmente para informar al Comité Ejecutivo de la OMM (ahora Consejo Ejecutivo), y celebró su primera reunión en Melbourne, en 1966, bajo la presidencia del Dr. W.J. Gibbs (Australia). El Comité Científico del CIUC para las investigaciones antárticas (SCAR) disponía también de un grupo de trabajo sobre meteorología, que facilitaba asesoramiento, a petición, a las reuniones consultivas del Tratado del Antártico; pero este grupo fue disuelto por el SCAR en 1986 y su misión en meteorología operativa ha sido asumida en gran manera por el grupo de la OMM.

Este último grupo desarrolla su labor según instrucciones precisas del Consejo Ejecutivo, y está compuesto por miembros designados por los representantes permanentes de los

---

\* Oficina Meteorológica Australiana. El Dr. Stretton es el presidente del grupo de trabajo del Consejo Ejecutivo sobre meteorología antártica.

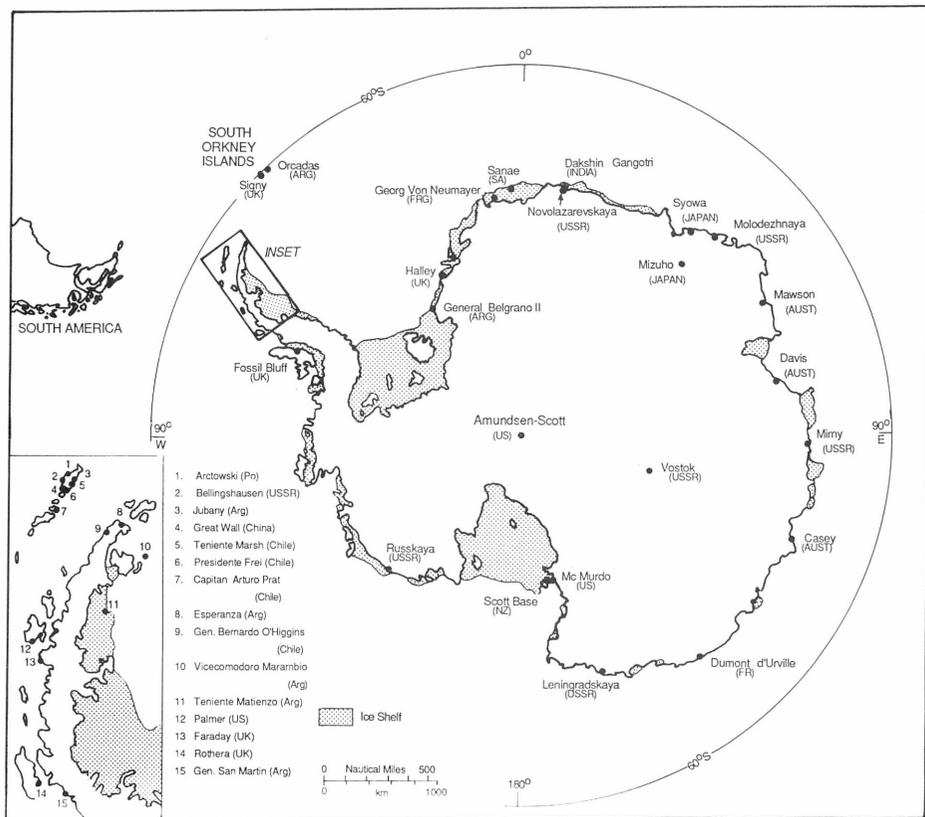


Figura 1 - Situación de las estaciones que constituyen la red sinóptica básica al sur de 60° S, en 1986. En el recuadro aparece parte de la Península Antártica e islas adyacentes donde la densidad de estaciones es mayor.

países signatarios del Tratado del Antártico y por expertos nombrados por los representantes permanentes de otros Miembros que, aunque no forman parte del Tratado, desarrollan programas meteorológicos en la Antártida. Es de justicia rendir tributo al mecanismo del Tratado, al sistema de la OMM y a los delegados de las naciones por el hecho de haberse celebrado una reunión amistosa y constructiva en 1982, justamente cuando se mantenían hostilidades en el Atlántico Sur entre Argentina y el Reino Unido. El Consejo Ejecutivo tiene previstas reuniones más frecuentes del grupo de trabajo, y los países que organizan expediciones al sur de 60° S se pueden ahora identificar de forma más clara y directa con las actividades generales de la OMM, así como hacer consultas e intercambiar información operativa con mayor eficacia. La última reunión del grupo fue en septiembre de 1986 con la asistencia de representantes de los grupos de operación e investigación del SCAR (*Boletín de la OMM* 36 (2) pág. 121).

Con la ampliación a todo el mundo de la observación, el análisis y la modelización meteorológicas, cada vez se siente más la necesidad de disponer de datos de observaciones, de buena calidad y oportunamente, de las altas latitudes australes, para su transmisión a través del SMT a todos los Miembros de la OMM, como parte de la Vigilancia Meteorológica Mundial. Análogamente, los estudios de modelización numérica del clima que indican la extremada sensibilidad de las regiones polares al posible calentamiento global por el efecto invernadero, así como el reciente descubrimiento de la existencia en la Antártida de

una región, en la que, en primavera, se repite la pérdida de ozono atmosférico (el llamado “agujero” de ozono), han demostrado la importancia que, para el estudio del clima mundial, tienen las observaciones meteorológicas a largo plazo y las observaciones de los constituyentes atmosféricos sobre la Antártida. En las secciones que siguen se tratan brevemente algunos de los temas que atañen especialmente a la meteorología antártica.

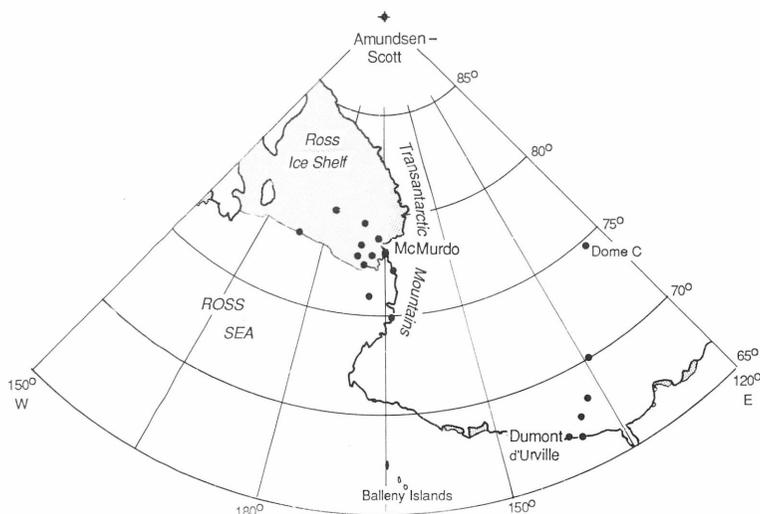


Figura 2 – El sector del Mar de Ross, en que se muestra la situación en 1985 de las estaciones meteorológicas automáticas de los EE.UU. También aparecen las estaciones utilizadas en un experimento sobre el viento catabático emprendido conjuntamente por Francia y los EE.UU. (Datos facilitados por la Universidad de Wisconsin)

### Observaciones

La realización de las observaciones convencionales de superficie en la Antártida está cuajada de problemas, debidos principalmente a las temperaturas tan extremadamente bajas, a la baja humedad absoluta y a la frecuencia de vientos muy fuertes y de densas ventiscas de nieve. Las medidas convencionales de la precipitación son, en particular, muy poco fiables. La OMM organizó recientemente un análisis internacional de los problemas (y de las posibles soluciones) de las observaciones en el Antártico; los resultados de este estudio facilitaron valiosa información, especialmente para las nuevas expediciones organizadas por países sin experiencia polar previa.

También a través de la CIMO se trata de buscar la asesoría de expertos para los principales problemas de la observación. La utilización masiva de las estaciones meteorológicas automáticas (AWS) es claramente esencial en un medio ambiente como el de la Antártida. En los años recientes se han logrado muchos progresos, desde las primeras experiencias con las primitivas y poco fiables AWS del decenio de 1960, y actualmente se utiliza una importante red operativa por los EE.UU. en el sector del Mar de Ross (Figura 2), y por otras naciones (generalmente en plan de investigación) en otras partes del continente. De forma análoga, el éxito de la adquisición de datos de las boyas a la deriva en los océanos del sur, durante el Experimento Mundial del GARP, ha conducido al desarrollo de una red operativa de boyas, muchas de ellas situadas a altas latitudes y dentro de la zona del hielo, especialmente con fines de investigación en el sector del Mar de Weddell.

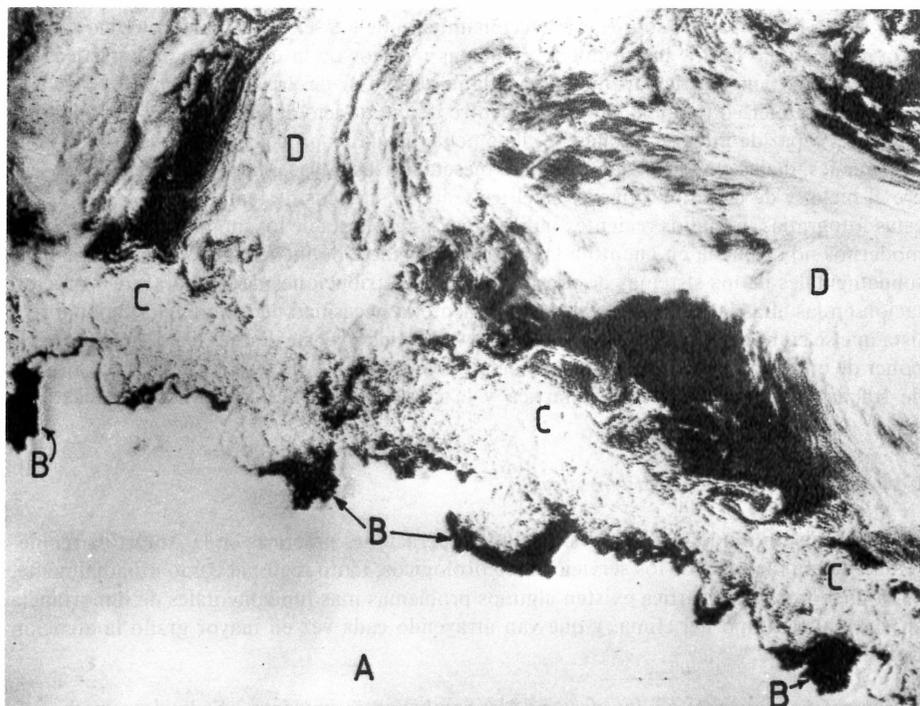
En algunas estaciones antárticas se reciben las imágenes de los satélites de órbita po-

lar de las series "NOAA" de los EE.UU. y "METEOR" de la URSS, que facilitan valiosa información sobre los sistemas meteorológicos activos de las regiones costeras y sobre la distribución y dinámica del hielo marino. Esto último es particularmente importante para la navegación (*Figura 3*). Los modernos sistemas de sondeos aerológicos que pueden manejarse por un solo observador con experiencia, y los sondeos más precisos de la temperatura de la atmósfera a partir de los satélites, marcan el camino hacia la mejor cobertura de datos en las regiones antárticas.

### Comunicaciones

Uno de los principales problemas de la meteorología operativa en la Antártida ha sido siempre el de las comunicaciones, inicialmente en lo relativo a la transmisión de datos a los usuarios fuera de la región y, posteriormente, a la transmisión a otras estaciones del propio continente que necesitan la información para los análisis locales y con fines logísticos. La alta cúpula de la Antártida, que alcanza más de los 4.000 m, y la proximidad de la zona más activa de auroras, dificultan la comunicación eficaz en VHF; las extensas zonas de sombra de radio han supuesto dificultades desde el comienzo de las redes meteorológicas antárticas.

Más recientemente, sin embargo, la progresiva introducción de las comunicaciones vía satélite (INTELSAT o INMARSAT, por ejemplo) permite el optimismo en lo que se refiere a la transmisión puntual de datos al SMT. El problema inverso, que tiene la misma importancia, de facilitar datos más complejos a las estaciones antárticas, se resuelve retransmitiendo a los usuarios de la región, vía satélite, desde centros del exterior. En 1983,



*Figura 3* - Fotografía tomada por el satélite soviético "Meteor" de parte de la costa de la Antártida Mayor, en la que se ve: **A** = la plataforma antártica; **B** = polinias costeras; **C** = hielo marino; **D** = estructura de las nubes.

la OMM organizó una reunión de expertos en telecomunicación antártica, y se efectúan frecuentes controles de recepción de datos para tratar de identificar y resolver los problemas que se presentan en la red.

### *Predicciones y avisos*

A medida que aumenta el número de viajes a la Antártida y dentro de ella, se pone cada vez más de manifiesto el valor de las predicciones operativas y avisos para el continente y sus zonas marítimas adyacentes. Ejemplos de los riesgos de los viajes antárticos son la trágica pérdida de 257 vidas humanas al estrellarse el DC-10 de la Air New Zealand contra el monte Erebus en 1979, así como los bastante frecuentes bloqueos de barcos en la masa de hielo, que han provocado la pérdida de varios buques en los últimos años. Además, los viajes por la capa de hielo o por el hielo marino, así como la logística de los programas de investigación sobre el terreno, los trabajos de construcción y las misiones sanitarias de urgencia, están influenciados en gran manera por los efectos de la característica crudeza y la gran variabilidad del tiempo en la Antártida.

Actualmente, al menos durante el verano, se realizan emisiones, de manera informal aunque regular, de información y predicciones sobre la Antártida, por algunos centros tanto dentro como fuera del continente; sin embargo, la cantidad y la calidad de estas emisiones es limitada. Dentro del Plan a Largo Plazo de la OMM, se trata de que uno o más centros de entre los que producen y difunden información de nivel aceptable sean designados formalmente por la OMM, de acuerdo con las partes del Tratado del Antártico. Más aún, es evidente que el valor de estos centros aumentaría en gran manera si dispusieran de facilidades no solamente para suministrar datos, predicciones y avisos, sino también para dedicarse a la investigación sobre el perfeccionamiento de los servicios meteorológicos antárticos y al estudio de los importantes problemas teóricos de la meteorología antártica. En este contexto, tiene particular importancia la necesidad de desarrollar un modelo adecuado de análisis numérico regional "anidado" dentro de un modelo del hemisferio sur o mundial que fuera capaz de integrar y analizar plenamente los datos procedentes de las fuentes convencionales, de las AWS situadas en la alta meseta, de las boyas a la deriva del océano y sobre el hielo, y de las fotografías de satélites y de los sondeos de temperatura derivados de estas fotografías. Estudios recientes indican que la respuesta de los modelos numéricos más modernos no es buena en cuanto a la descripción exacta de incluso las características más fundamentales de los sistemas de presión y de las distribuciones de temperatura y precipitación en las altas latitudes australes. Es evidente la necesidad de un modelo regional realista que se concentre en las necesidades de la Antártida. Aparte de esto, para conseguir disponer de unos servicios meteorológicos de nivel aceptable, es preciso realizar gran cantidad de trabajo sobre la predicción antártica y la climatología local de zonas significativas.

### *Control e investigación de la atmósfera*

Del mismo modo que la investigación y operaciones prácticas en la Antártida requieren la mejora día a día de los servicios meteorológicos, tanto regional como mundialmente, en la meteorología antártica existen algunos problemas más fundamentales de importancia en el amplio campo del clima, y que van atrayendo cada vez en mayor grado la atención científica.

*El control de la atmósfera y los efectos de los componentes en trazas.*— Se ha despertado considerable interés en los años recientes sobre los posibles efectos del aumento observado de los gases con efecto invernadero (anhídrido carbónico, metano u óxidos de nitrógeno, por ejemplo). La Antártida es particularmente importante para estos estudios, ya que supone

un laboratorio de múltiples emplazamientos en aire limpio, bien apartado de las fuentes locales de contaminación, en el que se pueden controlar fácilmente los componentes en trazas. Además, en la Antártida adquieren particularmente significación las consecuencias de un posible calentamiento mundial, debido a los efectos climáticos que producirían las variaciones en la extensión de hielo marino y a la posible aparición de inestabilidad de la capa y el casquete de hielo, lo que a su vez provocaría cambios en el nivel mundial del mar.

*Los efectos climáticos del hielo marino.*— Es de sobra conocido que las variaciones en la zona de los grandes hielos marinos del hemisferio sur pueden ser importantes por su influencia en el clima local e incluso en el mundial. La concentración, el espesor y las características físicas de la capa del hielo marino determinan el balance de radiación y los intercambios de calor océano-atmósfera en una parte significativa del globo, y esta capa de hielo está influida por la circulación oceánica y a su vez ejerce influencia sobre ésta. Se ha iniciado un estudio del proceso físico detallado y sus variaciones en una zona de hielo en mar abierta y alejada de la costa, mediante expediciones organizadas internacionalmente en la zona del mar de Weddell, pero aún queda mucho trabajo por realizar para examinar y modelizar las realimentaciones climáticas y sus efectos en el clima a gran escala.



*Figura 4* – Un miembro de una expedición australiana muestra un núcleo de hielo profundo tomado en la plataforma antártica al sur de la estación Casey.

*Fotografía: J. Wilson*

*Los paleoclimas registrados en los núcleos de hielo, en los sedimentos de los lagos y en las características geomorfológicas.*— Los núcleos de hielo extraídos de las profundidades del casquete antártico (*Figura 4*) suponen uno de los mejores registros de las temperaturas del pasado (que se interpretan a través de medidas del isótopo del oxígeno) y de las concentraciones pasadas de los componentes gaseosos de la atmósfera (que se determinan mediante el análisis químico de las burbujas de aire atrapadas). Los estudios de estos núcleos y la correspondiente modelización del balance de masa y del flujo del propio casquete de hielo son de importancia fundamental para deducir la historia de la atmósfera terrestre y, por consiguiente, para lograr una mejor apreciación de las posibles tendencias futuras. Se pueden obtener datos suplementarios mediante investigaciones geomorfológicas en algunas de las pe-

queñas zonas del continente donde las rocas están al descubierto, así como de núcleos extraídos de los sedimentos de los lagos.

### *Cooperación con otras organizaciones*

La investigación en muchos aspectos de la climatología del Antártico se ha iniciado y planificado por varios organismos internacionales. La OMM y el CIUC iniciaron conjuntamente el Programa Mundial de Investigación Climática, que tiene una importante componente para el Antártico, especialmente con respecto al hielo marino como “memoria” climática y sistema de realimentación. La CCA copatrocinó en 1982 un estudio del hielo marino con el CCM y el CCCO. Más recientemente, la COI y el SCOR ampliaron el área de acción del Experimento Mundial sobre la Circulación Oceánica (WOCE) para incluir las interacciones entre el hielo y el océano en las altas latitudes australes.

El SCAR mantiene grupos de trabajo para la investigación tanto del clima como del hielo marino, y la AIMFA tiene su comisión sobre meteorología polar. El grupo de trabajo del Consejo Ejecutivo sobre meteorología antártica trata de mantenerse en estrecho contacto con estos organismos, con objeto de estar en condiciones de facilitar al Consejo Ejecutivo el asesoramiento adecuado sobre la política futura de la OMM en lo referente a investigación y operaciones en la Antártida.

### *Conclusión*

El amplio reconocimiento que se da a la Antártida como componente geográfico importante en programas internacionales tales como la VMM, el PMIC y el WOCE, y la dependencia de la logística en la región del tiempo y el clima, aseguran a la meteorología antártica un lugar importante dentro del amplio espectro de las ciencias de la atmósfera. La OMM coopera activamente con otros organismos internacionales y con las naciones del Tratado del Antártico en la ampliación de nuestros conocimientos sobre el clima y la meteorología del continente y sobre las aplicaciones prácticas de estos conocimientos.

## **DEFINIENDO EL CLIMA**

*Por W. J. GIBBS\**

### *La noción del clima*

En cualquier campo de estudio es útil, de tiempo en tiempo, volver a examinar los conceptos ligados a palabras aparentemente sencillas, que se utilizan con frecuencia por los especialistas de ese campo en particular y por el público en general. A menudo quedamos sorprendidos por las importantes diferencias de concepto que se ponen así de manifiesto.

Una investigación sobre la interpretación de términos tan comunes como “tiempo” y “clima” pueden parecer un ejercicio de pedantería semántica. Sin embargo, si se ha creado

---

\* El Dr. Gibbs fue Representante Permanente de Australia ante la OMM, desde 1962 a 1978, y presidente del Grupo de Expertos del Comité Ejecutivo sobre el cambio y la variabilidad climáticas, desde 1976 a 1978. Puede encontrarse una entrevista con él en el Boletín de la OMM **34** (3), págs. 213-216.