

# ACCION SOBRE LOS HIELOS

Por W. F. GANONG y W E. MARKHAM\*

## *Introducción*

Con poco eco, a través de varias décadas, diversas naciones han venido suministrando servicios de información sobre los hielos a los usuarios marinos. Argentina, Canadá, EE. UU., Japón, el Reino Unido, la U. R. S. S. y los países ribereños del Báltico han sido los más activos. Dichos servicios han surgido de una necesidad económica operativa para el apoyo a la navegación en aguas infestadas de hielos. Las demandas para servicios de hielos han ido aumentando con las crecientes actividades marítimas en las aguas árticas y con las perforaciones de petróleo y gas natural que se efectúan en el límite de estas zonas. En la séptima reunión de la Comisión de Meteorología Marina (Ginebra, 29 de noviembre — 10 de diciembre de 1976) se inició un renovado impulso hacia la cooperación internacional con respecto a la información sobre los hielos. Parece, por tanto, lógico revisar la naturaleza de los servicios sobre esta información, de manera que todos los Miembros puedan tener un conocimiento básico de lo que les atañe. Aunque se intenta que el alcance de este artículo sea general, es inevitable que en él se encuentren más referencias a las actividades norteamericanas que a las demás, simplemente porque los autores están implicados en aquéllas y se dispone de los pertinentes datos técnicos y fotografías con mayor facilidad. Los autores presentan sus excusas por esta parcialidad.

Vistos con una perspectiva amplia, los sistemas de información sobre los hielos son similares a los de información meteorológica y comprenden la obtención y transmisión de datos, la predicción, el tratamiento climatológico y la distribución de los datos. Además, los parámetros meteorológicos son los factores variables diarios de mayor significación que se introducen en la predicción de los hielos, pudiéndose utilizar en muchos casos enlaces comunes de comunicación. Por ello, no es sorprendente que los servicios de información para los hielos sean suministrados prioritariamente por los Servicios Meteorológicos o Hidrometeorológicos nacionales. De este hecho se sigue, naturalmente, el interés y el activo estímulo de la OMM en una coordinación internacional.

## *Antecedentes*

En los climas más fríos el hielo ha presentado históricamente una barrera a la navegación en las zonas marinas y lagos navegables. En los primeros tiempos, los informes sobre los hielos se registraban simplemente en los cuadernos de bitácora de a bordo y los navegantes experimentados conocían las zonas en que usualmente se encontraban hielos. Desde los faros y posiciones elevadas se observaba el hielo próximo a la costa y se ponían a disposición de los intereses de la navegación informes por medio de métodos relativamente lentos. Hacia la década

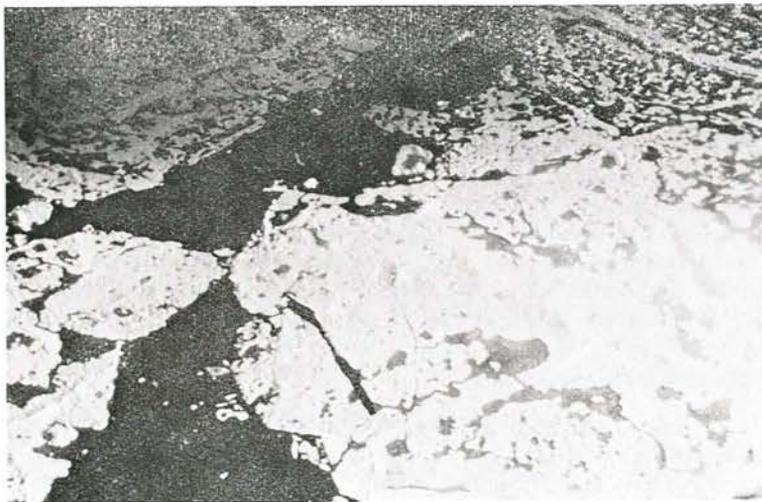
---

\* El Sr. Ganong fue director del Departamento de los Hielos del Servicio del Medio Ambiente Atmosférico del Canadá, hasta su jubilación en 1977. El Sr. Markham es su sucesor.

de los veinte, comenzó una limitada recopilación de datos sobre hielos por los aviones, que fue incrementándose lentamente, en respuesta a las crecientes demandas económicas de la navegación en las aguas en que los hielos constituían una amenaza. Los intereses económicos y la densidad de población fueron tales que la zona del Mar Báltico y la ruta marítima del norte de Rusia se vieron entonces implicadas al máximo a este respecto. Hasta los comienzos de la década de los cincuenta no tuvo lugar en la zona norteamericana la obtención organizada de datos de hielos desde aviones o mediante reconocimientos. Considerando que las observaciones de los hielos eran útiles por sí mismas, pero que sus características están sujetas a cambios, como ocurre con las meteorológicas, pronto se reveló la necesidad de predicciones de los hielos. Los buques se mueven mucho más despacio que los aviones y, afortunadamente, los cambios de los hielos son usualmente mucho más lentos que los meteorológicos.

#### *La naturaleza de la variación de los hielos*

Aunque el hielo temprano (del primer año), formado durante una estación solamente, constituye un obstáculo a la navegación, el hielo viejo (de varios años), que ha eliminado mucho de su contenido de salmuera, es mucho más resistente que aquél y más difícil a su penetración por los buques, incluso con la ayuda de rompehielos. No es siempre fácil la distinción aparente entre el hielo viejo y el hielo temprano, pero para un observador entrenado existen muchas características que pueden ayudarle a distinguir entre ambos (véase *Figura 1*). Los campos de hielo pueden



*Figura 1.*—Un buen ejemplo de la diferencia entre el hielo temprano y el de más edad. En primer término aparece un témpano viejo con contornos suaves y charcos de coloración clara (azulada) intercomunicados por pequeñas corrientes. Al fondo, los fragmentos tempranos presentan charcos más oscuros (verdosos) y un aspecto más anguloso.

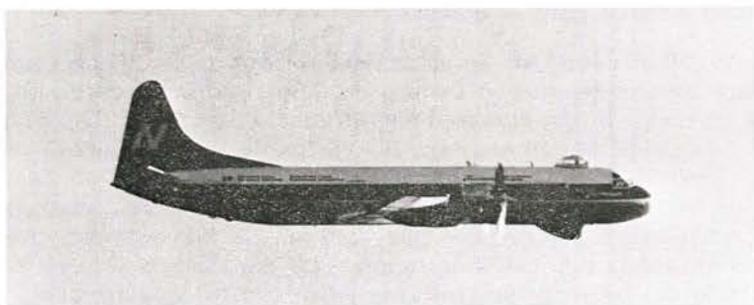
constar tanto de hielo temprano como de hielo viejo, pero éste se encuentra, con mayor frecuencia, más próximo a los polos, en tanto que aquél

predomina en las proximidades de las latitudes templadas. Las islas originan frecuentemente una distribución irregular de los hielos en la estación del deshielo, variando el grado de éste y, por consiguiente el de aclaramiento, de un año a otro. En las zonas costeras abiertas, tales como a lo largo de las costas septentrionales de Alaska y de la U. R. S. S., los hielos se funden generalmente en verano, permitiendo la navegación junto a la costa y quedando el casquete ártico helado a alguna distancia al norte; el régimen estival de vientos tiene un marcado efecto para estas condiciones. Más al sur, sobre áreas tales como el Golfo de San Lorenzo, el Mar Báltico y el Mar de Okhotsk y el Mar del Japón, sólo se encuentra hielo temprano.

Las corrientes oceánicas son causa de algunas anomalías. Las dos más notables son, quizás (a) El movimiento de los hielos extensos y viejos y de los icebergs costa abajo del Labrador, hasta constituir una amenaza a una navegación tan meridional como la de las aguas de Terranova; (b) La Corriente del Golfo y los vientos dominantes que dejan las costas noruegas virtualmente libres de hielos. Los icebergs se desprenden de los glaciares y derivan con las corrientes oceánicas casi superficiales predominantes, modificándose un tanto con los vientos en superficie. Los glaciares de Groenlandia originan anualmente miles de icebergs, muchos de los cuales derivan hacia el Atlántico Norte occidental. Los hielos flotantes antárticos producen también un número notable de icebergs. Las islas de hielo tienen un origen análogo, pero presentan dimensiones horizontales mucho mayores y una cima más o menos achatada.

#### *Obtención de datos*

Prescindiendo de las observaciones locales desde buques y emplazamientos costeros (que se efectúan rutinariamente), el método principal para la obtención de datos de hielo es el reconocimiento aéreo. El servicio canadiense emplea actualmente el avión Electra (véase *Figura 2*) que está



*Figura 2.*—Un avión Lockheed Electra, utilizado por el Canadá para el reconocimiento de los hielos. Las extensas modificaciones incluyen la adición de una cúpula de observación arriba y otras menores a los lados. El alojamiento de la antena del radar cartografía del suelo se ve claramente en la parte inferior, pero otros sensores son completamente internos. Los depósitos suplementarios de combustible en el fuselaje del avión le permiten una autonomía de vuelo de 11-12 horas.

equipado con sistemas de observación visual, radar para cartografía del suelo, un dispositivo de cámara, un termómetro de radiación, un trazador térmico o explorador de línea infrarrojo, un perfilómetro laser y, en uno

de los aviones, un Radar Aerotransportado de Visión Lateral (SLAR). Con todo ello, un observador experimentado de hielos puede preparar un mapa detallado de la cobertura del hielo, incluyendo la cantidad, distribución, edad, forma de los témpanos, espesor estimado, y extensión de las crestas y los charcos. Todos estos factores se requieren para un barco que navegue entre los hielos. Es de importancia fundamental que las marcaciones para la navegación y posición se determinen con gran exactitud. El avión canadiense emplea sistemas duplicados de navegación inercial (INS) y Omega, para asegurar la exactitud requerida, incluso en altas latitudes.

Obviamente, en las zonas fronterizas, donde hay pocos aeropuertos, muy distantes unos de otros, se requieren aviones de gran radio de acción y que puedan patrullar a niveles relativamente bajos, de manera que la visión entrenada de un observador de hielos cualificado, suplementada por su equipo de control remoto, pueda obtener los datos necesarios. En general, los vuelos de reconocimiento de los hielos tienen lugar a altitudes comprendidas entre 2000 y 5000 pies (600-1500 m), dependiendo de las condiciones meteorológicas y de la escala requerida de los datos. En presencia de nubes bajas, las patrullas vuelan frecuentemente a altitudes menores, para que el observador pueda ver los hielos. Si la cobertura geográfica es limitada y se dispone de varios aeropuertos, como es el caso de los Grandes Lagos de Norteamérica y del Mar Báltico, pueden relizar las observaciones aviones más pequeños.

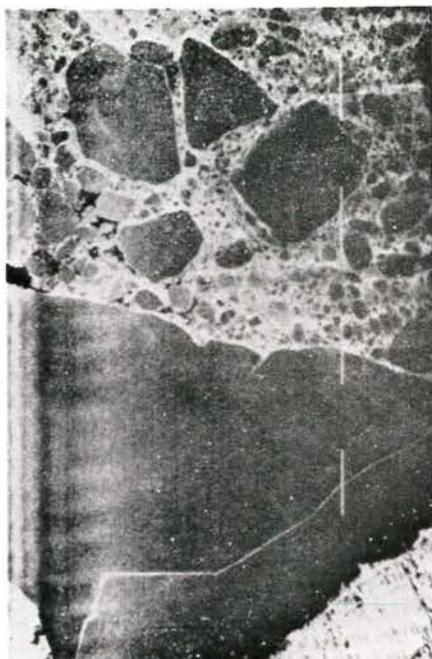
Actualmente, se empieza a disponer de un potente y nuevo dispositivo para el reconocimiento de los hielos; se trata del Radar Aerotransportado de Visión Lateral. El SLAR puede registrar imágenes radar, con una resolución de hasta 20 m, de los hielos sobre una franja de rastreo de 100 km a cada lado de la trayectoria de vuelo, incluso en la oscuridad y con mal tiempo. Supone, por lo tanto, una verdadera novedad en la obtención de los datos de hielos. Aunque el SLAR es caro, debido a su amplia cobertura y a sus posibilidades en todo tiempo, presenta actualmente menores costes por unidad de área para la obtención de datos.

La utilización del SLAR en el reconocimiento de los hielos, aunque todavía está principalmente en la fase de desarrollo, ha comenzado a utilizarse ya en varios programas norteamericanos. Los EE. UU. han desplegado aviones equipados con SLAR para los vuelos de reconocimiento sobre los Grandes Lagos y las patrullas de icebergs de la Costa Oriental. Este año se instaló un sistema SLAR en uno de los aviones Electra canadienses. La amplia cobertura y los detalles que resultan de las imágenes del SLAR, así como los enlaces de datos en tiempo real para la transmisión directa a los usuarios de las imágenes interpretadas, constituyen promesas de una mejora sustancial en la calidad de los servicios de que dispondrá la comunidad marítima. La *Figura 3* ilustra sobre la naturaleza y calidad de los datos que se obtienen con el SLAR.

Otro logro de la moderna tecnología que se está utilizando cada vez más en la obtención de datos de hielos, son los satélites. Para usos operativos, las observaciones desde satélites están todavía restringidas por la niebla, la nubosidad y, en menor grado, por la oscuridad. Sin embargo, con el continuado desarrollo y refinamiento de los sensores de microondas, hacia mediados o finales de la década de los ochenta, los satélites estarán en

condiciones de suministrar muchos de los datos de hielos que hoy se obtienen desde los aviones.

Incluso en su forma actual, los satélites pueden complementar mucho los datos de hielo obtenidos desde aviones. En días despejados, la información del Radiómetro de Muy Alta Resolución del satélite de la NOAA,



*Figura 3.*—Imagen SLAR de hielos tempranos en Chaleur Bay tomada a mediados de invierno. Obsérvese la estela del buque a través de los hielos cerca del límite inferior (línea blanca) y las áreas de aguas abiertas (negro) entre los fragmentos helados. La imagen cubre un área de 25 Km  $\times$  50 Km, aproximadamente

*(Las fotografías que acompañan a este artículo son cortesía del Canadian AES)*

proporciona una excelente imagen de la distribución a gran escala de los hielos. La *Figura 4* es un ejemplo. De modo análogo, con buen tiempo, el LANDSAT puede proporcionar información más detallada sobre una zona menor, ya que su resolución es mayor en un orden completo de magnitud. Desgraciadamente, y como corolario, la frecuencia de la cobertura es menor.

Actualmente, pues, las imágenes de satélites son excelentes con buen tiempo, para determinar dónde hay hielo y dónde no, pero no proporcionan detalles sobre la edad, espesor y características de las crestas, que son necesarios para guiar a los buques a través de los campos de hielo. Ello debe efectuarse por medio del reconocimiento aéreo. La inserción de datos de satélite en la imagen total mejora sustancialmente la utilización de los aviones de reconocimiento de hielos. Como éstos resultan caros, la forma más eficiente de operar es la integración de todos los datos.

Para mejorar más el reconocimiento aéreo de los hielos, necesita desarrollarse todavía un importante sensor. Se trata de un sistema para medir el espesor del hielo desde un avión en movimiento. Aunque se han efectuado algunos progresos a este respecto, midiendo hielos de agua dulce, el contenido de salmuera de los hielos marinos hace más difícil el problema,

puesto que puede resultar casi imposible distinguir un cambio de espesor debido a un cambio en el contenido de salmuera, dependiendo este último de la edad del hielo.



*Figura 4.*—Fotografía de satélite del Golfo de San Lorenzo a mediados de marzo. Esta imagen de Radiómetro de Muy Alta Resolución desde un satélite de los EE. UU. muestra fuertes concentraciones de hielo temprano en el área meridional del Golfo, formándose hielo joven a lo largo de la costa septentrional. El resto se presenta relativamente libre de hielos.

#### *Tratamiento de los datos (predicción)*

Hasta la fecha, gran parte de las predicciones de los hielos son el resultado de procesos subjetivos a partir de consideraciones de la configuración presente de éstos y de su comparación con las condiciones normales: temperaturas y corrientes oceánicas y condiciones meteorológicas pasadas, presentes y futuras, haciendo especial hincapié en los vientos y la transferencia de calor de la atmósfera a la superficie terrestre, o viceversa.

La interrelación de los hielos con las condiciones meteorológicas es ciertamente grande en todo momento. La diferencia esencial es que los cambios de los hielos son generalmente más lentos que los meteorológicos; el intervalo de la actuación para aquéllos es aproximadamente un orden de magnitud más lento que para éstos.

Se han utilizado algunas veces métodos numéricos para el análisis y predicción de los mapas meteorológicos, pero la predicción, detallada de

los fenómenos meteorológicos locales todavía es prerrogativa del predictor profesional, aunque su función pueda reemplazarse ampliamente en el futuro por máquinas, cuando los altos niveles actuales de investigación y desarrollo hayan dado sus frutos.

La predicción de los hielos está ya alcanzando el punto en que la automatización puede irse introduciendo gradualmente para reemplazar algunas de las funciones a gran escala del predictor de hielos humano. Sin embargo, pasará mucho tiempo antes de que la pericia de los predictores experimentados de los hielos pueda ser reemplazada por completo.

#### *Tratamiento de los datos (climatología)*

Además de la disponibilidad de datos en tiempo real, aparece una necesidad creciente de información sobre las condiciones normales de los hielos y de sus desviaciones de éstas. Ello ha surgido de los desarrollos en el Artico, requiriéndose en conexión con el diseño de los buques, incremento de los puertos, trazado de oleoductos, etc. La concentración de los hielos en función de sus tipos puede publicarse en atlas. Sin embargo, son también significativos la presencia, orientación y forma de las dorsales de presión y otras características que deben tratarse también. El problema consiste en hallar un sistema de archivo y recuperación capaz de obtener datos de fuentes diferentes, incluyendo sensores, y archivándolos de manera que puedan obtenerse cuando sea necesario. Ello sólo puede llevarse a cabo eficientemente por medio de ordenadores. Debido a ésto, parece que nos dirigimos hacia una mezcla de atlas normales para las presentación de datos a gran escala y un sistema de recuperación por ordenador para la información más detallada. La climatología de los hielos no sólo constituye una importante base de datos para la predicción de éstos, sino que será tenida cada vez más en cuenta en las decisiones sobre construcciones y operaciones en las regiones que confinan con los hielos.

#### *Transmisión de los datos y distribución de la información*

Parece apropiado difundir al mismo tiempo la transmisión inicial de los datos obtenidos y la distribución de información a los usuarios del servicio. En algunos aspectos ésto es adecuado, pero en otros se revela como el eslabón más débil en el sistema de información de los hielos. Por lo general, éstos aparecen con configuraciones complejas, que son, frecuentemente, difíciles de describir apropiadamente por medio de palabras o en forma cifrada para una zona pequeña. Añádase a ésto, la necesidad de presentar las características de dirección, espesor, edad, presión y condiciones de las crestas, y para ello resulta esencial un método gráfico. Los sistemas de facsímil y telecopia actualmente en uso permiten la transmisión de datos de los mapas de hielos que han sido tratados por el observador o el predictor. Los hay excelentes, para la transmisión de mapas de hielo observados en tránsito con propósitos tácticos desde un avión al buque que está apoyando. No obstante, si la zona de cobertura aumenta en extensión, debe llegarse a un compromiso entre la amplitud de ésta y el detalle obtenido. Los datos de satélites y las imágenes SLAR podrán suministrar esta información tan detallada, que debe efectuarse un esfuerzo para integrar esta información directamente en el sistema de tratamiento de datos. Se han utilizado en determinados casos sistemas de fotofacsímil, pero el método más prometedor, al menos para las imágenes SLAR, parece ser

la digitalización de los datos y su transmisión en esta forma. La transmisión de la información detallada de los hielos al usuario en tiempo casi real constituye actualmente el eslabón más débil en Norteamérica, y así continuará probablemente por algún tiempo. Ello se debe, ante todo, a que el usuario que más la necesita es el buque que opera entre los hielos. Aunque el equipo de tierra es caro, actualmente se revela prometedora la retransmisión por medio de satélites de comunicaciones. Se ha seguido con interés la transmisión directa de imágenes SLAR a los buques desde un avión de reconocimiento de hielos de los EE. UU.

### *La OMM y los servicios para los hielos*

Hace algunos años, la Comisión de Meteorología Marina (CMM) de la OMM coordinó la preparación de una nomenclatura para los hielos marinos y el desarrollo de una clave numérica común para la transmisión de los datos analizados de hielos. La *Nomenclatura de hielos marinos de la OMM* (OMM — n.º 259) se publicó en 1970, bajo la forma de un glosario internacional ilustrado de los hielos. La clave para el análisis de éstos (FM 44 V ICEAN) está en uso desde 1974. A finales de 1976, la séptima reunión de la CMM llegó a un acuerdo sobre la necesidad de símbolos de hielo uniformes para la difusión de los mapas de hielo por radiofacímil. Ya en marzo de 1977, el Grupo de Trabajo para Hielos Marinos de la CMM colaboró en el desarrollo operativo y en las pruebas de una simbología internacional para los hielos en Gander, Terranova y, en la actualidad, se está revisando, para satisfacer las necesidades de todos los Miembros, antes de su adopción oficial.

El renovado impulso de la OMM en los problemas de la navegación entre hielos ha conducido también a la decisión de patrocinar un cursillo práctico sobre sensores remotos de los hielos marinos y de preparar una bibliografía de la OMM sobre gráficos de los hielos.

Podemos decir, como conclusión, que «¡Esta es la acción sobre los hielos!».

## **EL EXPERIMENTO DE SUPRESION DEL GRANIZO EN HUNGRIA**

Por R. CZELNAI y E. WIRTH

### *Antecedentes del experimento (HEX)*

En enero de 1976, el Gobierno de la República Húngara decidió realizar un Experimento de supresión del granizo (HEX), durante un período de tres años, empleando el método «Moldavian» (U. R. S. S.) convenientemente adaptado. El experimento comenzó en mayo de 1976.

La razón básica para la anterior decisión fue el hecho de que, cada año en Hungría, el granizo produce considerables daños. Debido al reciente y muy importante aumento de la productividad agrícola, el valor absoluto de los daños aumentó proporcionalmente, llegando a alcanzar un nivel tan alto que causa gran preocupación tanto a las autoridades estatales como al público en general. Estas graves pérdidas afectan particularmente a los históricos viñedos de las regiones de Villány, en el sur del país, y de Tokaj, en el noreste, donde están prácticamente concentradas las actividades de producción de vino del país.