

Vigilancia de la Criosfera Global: información sobre hielo marino con fines científicos y operativos

por Petra Heil¹, Penelope Wagner², Nick Hughes³, Thomas Lavergne⁴ y Rodica Nitu⁵

El hielo marino es un indicador fundamental del cambio climático. Aunque los cambios en el hielo marino influyen en las condiciones de acceso a océanos polares, mares circundantes y sus recursos, constituyen un factor importante para garantizar la seguridad de la navegación en las latitudes altas. Además, el cambio de la capa de hielo marino afecta a la circulación oceánica y a los patrones meteorológicos, a nivel local y en las latitudes medias y bajas.

La Vigilancia de la Criosfera Global (VCG) de la OMM ofrece un enfoque que se centra en abordar las necesidades de los Miembros y sus asociados de observar la criosfera como un componente fundamental del sistema de Tierra. A través de la VCG, se puede acceder a los datos criosféricos y utilizarlos para satisfacer las necesidades de información. Los análisis e indicadores de valor añadido pueden basarse en observaciones realizadas *in situ*, desde el espacio y desde aeronaves, y en modelos de la criosfera, todos ellos disponibles en la VCG, para desarrollar productos y servicios.

El hielo marino es una actividad de alta prioridad de la VCG, que presta una especial atención en fomentar la coherencia de las observaciones de la citada variable en las regiones polares y en mantener el acceso a unos datos y productos satelitales de hielo marino que resulten claramente comprensibles, aportando información indispensable para la predicción numérica del tiempo,

la vigilancia del clima y los servicios operativos. Estas actividades de la VCG relativas al hielo marino se coordinan con las demás actividades oceánicas de las comisiones técnicas de la OMM. En 2020, la VCG se convirtió en uno de los administradores conjuntos del Grupo de Expertos sobre Observaciones Oceánicas con Fines Físicos y Climáticos⁶, que monitorea la variable oceánica esencial y la variable climática esencial del hielo marino.

Observar el hielo marino no resulta trivial debido a la escala, el acceso remoto, las condiciones operativas extremas y los altos costos asociados. Las adquisiciones de datos y las evaluaciones posteriores a menudo están fragmentadas entre entidades científicas, académicas y operativas. Además, hay algunos problemas relacionados con las observaciones del hielo marino, la normalización y el uso de datos que no están completamente resueltos. Sin embargo, cada vez es mayor la demanda de información en tiempo casi real y con resolución espacial aumentada sobre concentración, grosor, presión, estado de desarrollo, presencia de icebergs y otros parámetros del hielo marino; esta demanda viene impulsada por los pronósticos y las decisiones en materia de navegación, búsqueda y rescate, y servicios climáticos y relativos a los ecosistemas en las regiones polares.

1 Investigador científico, División Antártica Australiana y Universidad de Tasmania (Australia)

2 Investigador científico, Instituto Meteorológico Noruego (Noruega)

3 Jefe del Servicio de Hielo Noruego, Instituto Meteorológico Noruego (Noruega)

4 Investigador científico, Instituto Meteorológico Noruego (Noruega)

5 Secretaría de la OMM

6 El Grupo de Expertos sobre Observaciones Oceánicas con Fines Físicos y Climáticos está copatrocinado por el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) de la OMM, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Consejo Internacional de Ciencias y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), por el Sistema Mundial de Observación del Océano (GOOS) de la COI-UNESCO, y por el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) de la OMM, la COI-UNESCO y el Consejo Internacional de Ciencias



El muestreo in situ del hielo marino y la nieve, junto con las observaciones oceanográficas, atmosféricas y biogeoquímicas coordinadas, proporciona información fundamental y puntos de anclaje para obtener productos a partir de datos de teledetección y para calibrar y validar las simulaciones numéricas. (Foto: P. Heil).

La VCG coordina tres actividades prioritarias relacionadas con el hielo marino:

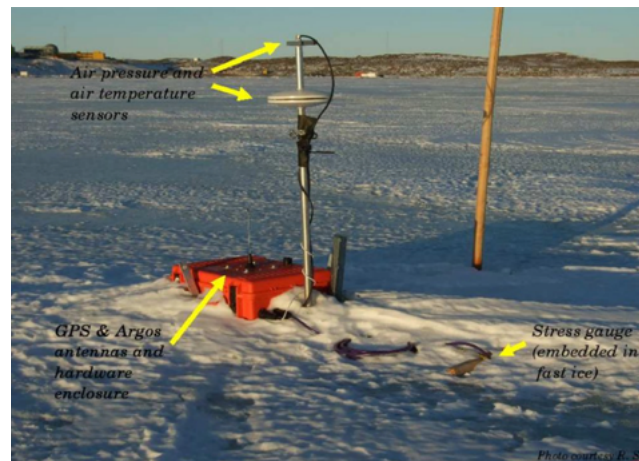
1. armonizar y normalizar las observaciones del hielo marino y los protocolos de presentación de informes;
2. definir y difundir con coherencia los requisitos de observación en las aplicaciones operativas y científicas;
3. facilitar la caracterización de productos satelitales obtenidos a partir del hielo marino y la forma en que su uso respalda las aplicaciones específicas.



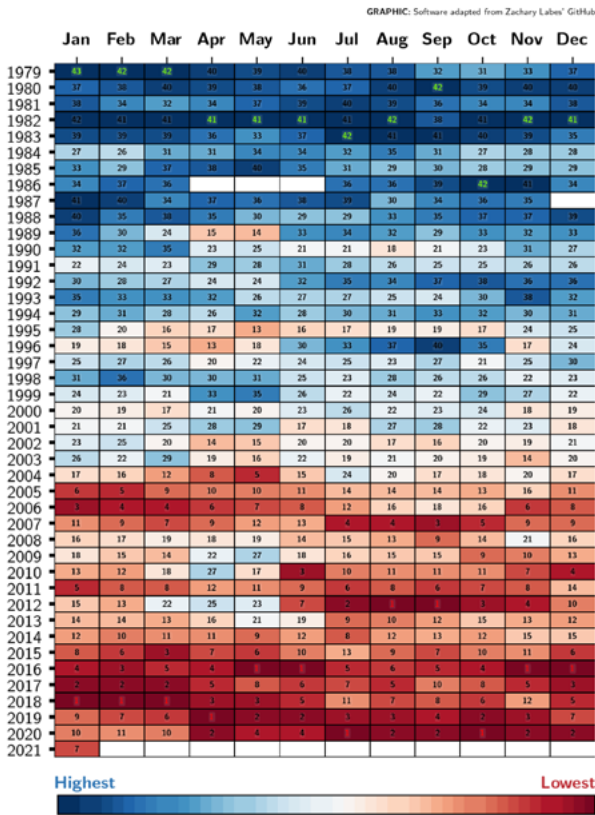
La instrumentación no recuperable que opera de forma remota sobre el hielo marino, en su interior y debajo de él, como se muestra en la imagen, proporciona información crucial sobre el estado del hielo marino y su capa de nieve, y sobre cómo evoluciona y se mueve en respuesta al forzamiento atmosférico y oceánico. (Foto: P. Heil).

Con respecto a la tercera actividad prioritaria, la VCG trabaja en estrecha colaboración con el Grupo especial de la OMM de actividades espaciales de los polos. Las tres se alinean con las actividades previstas en el marco del Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible.

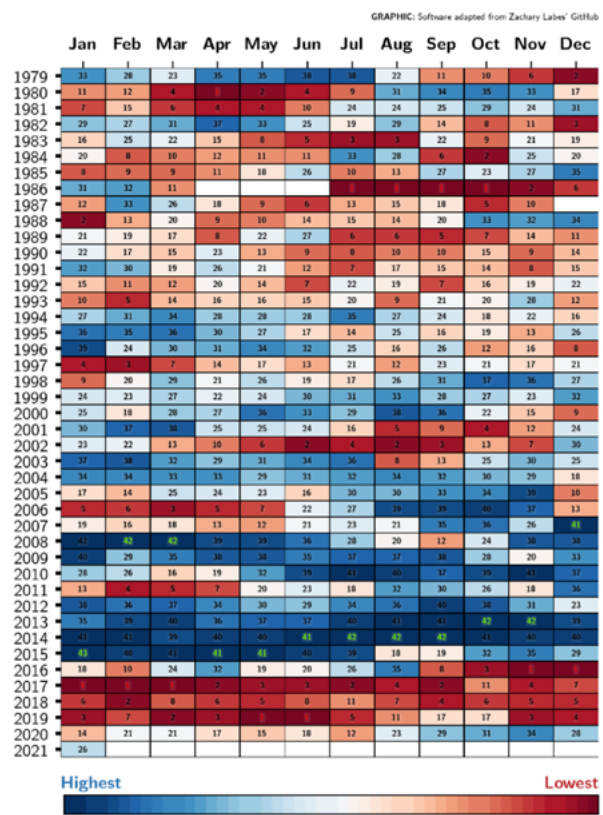
Gracias a la colaboración que la VCG mantiene con otros programas es posible disponer de los necesarios protocolos estandarizados de observación y notificación para superar la escasez y fragmentación de los datos de hielo marino, tanto para la región ártica como para la antártica, así como para proporcionar información normalizada y bien caracterizada para el desarrollo y validación de modelos numéricos y de productos de datos de teledetección. Entre estos programas figuran los que funcionan bajo el paraguas del Sistema Mundial de Observación del Océano (GOOS), los operados por los servicios de hielo marino, y algunos programas de investigación de larga duración como el de [Procesos de Hielo Marino y Clima del Antártico \(ASPeCt\)](#), el programa IceWatch de vigilancia del hielo del Instituto Meteorológico Noruego, la Red de Hielo Fijo de la Antártida (AFIN), el Programa Internacional de Boyas en el Ártico (IABP) y el Programa internacional de Boyas en el Antártico (PIBAn). ASPeCt reúne al grupo de expertos en investigación multidisciplinaria de la zona de hielo marino antártico dentro del programa de Ciencias Físicas del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR), que coordina la recopilación de datos de buques en el océano Austral, la calibración de datos y la creación de un registro de observación. La Herramienta de Normalización de



La instrumentación sobre el terreno proporciona datos de alta resolución espacial y temporal de una variedad de propiedades del hielo marino que resultan cruciales para comprender los procesos que impulsan la evolución del hielo marino y para vincular los cambios en las propiedades de este con un forzamiento discreto. (Foto: R. Steele).



SEA ICE EXTENT RANK BY MONTH
[OSI SAF, v2.1, Arctic]



SEA ICE EXTENT RANK BY MONTH
[OSI SAF, v2.1, Antarctic]

Disminución constante de la extensión del hielo marino en a) el Ártico y b) el Antártico en los más de 40 años de registros de datos satelitales. La imagen muestra la clasificación (1: el puesto más bajo, 43: el más alto) de la extensión media mensual del hielo marino para el Ártico y el Antártico, respectivamente. Las filas/columnas representan años/meses y los colores van del azul (más alto) al rojo (más bajo). (Según datos de EUMETSAT OSI SAF con contribuciones de I+D de ESA CCI (cortesía de T. Lavergne (Noruega)).

Observaciones de Hielo Marino Realizadas desde Buques en el Ártico (ASSIST) de la red de datos de investigación, desarrollada en el marco del Proyecto relativo al clima y a la criosfera (CliC) del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), es la base del programa [IceWatch](#), adoptado por el Instituto Meteorológico Noruego para recopilar y archivar las observaciones de hielo marino del hemisferio norte. Por último, [AFIN](#) es la Red de Hielo Fijo de la Antártida que se ocupa de la obtención de observaciones atmosféricas y de hielo en los océanos y mares cercanos a la costa.

La consolidación de los requisitos de observación del hielo marino constituye una prioridad de la VCG en el contexto de equilibrar las necesidades de vigilancia meteorológica y climática con la demanda de datos de mayor resolución espacial (cientos de metros) en tiempo casi real (menos de 24 horas). Los requisitos consolidados deberían reflejar las necesidades de las aplicaciones para las actividades de monitoreo operativo del hielo

marino, para las operaciones de búsqueda y rescate, y para comprender y abordar los efectos dramáticos del cambio climático en los ecosistemas polares, algo que también se relaciona con la seguridad alimentaria, incluso para las poblaciones indígenas.

Paralelamente, unos requisitos de observación bien documentados respaldan la evolución de los sistemas de observación para las regiones polares, donde existe una dependencia significativa de las observaciones por satélite. Los objetivos de las misiones satelitales y su implementación dependen de las aportaciones de las comunidades de usuarios para priorizar las inversiones, por ejemplo, cuando los satélites se acercan al final de su vida útil esperada y deben ser reemplazados. Un ejemplo es la [Convocatoria de apoyo](#), firmada por más de 600 científicos de más de 30 países, para llenar el vacío previsto en las capacidades de altimetría espacial en las regiones polares. Esta y otras brechas potenciales, si se materializan en la práctica, introducirían

rupturas decisivas en los registros a largo plazo del cambio de espesor del hielo marino (y de la capa de hielo) en un momento extremadamente crítico en el que la continuidad de la vigilancia climática es esencial para controlar el progreso experimentado bajo el Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Esto subraya la importancia del papel de la OMM a la hora de apoyar la identificación de las necesidades de los usuarios y de las deficiencias críticas para informar las decisiones sobre las prioridades de las misiones satelitales, desde la predicción de las condiciones meteorológicas y oceánicas y la vigilancia de las condiciones del océano, el hielo y las olas para la seguridad de la navegación en las regiones polares hasta la continuidad de los registros climáticos.

La coherencia de los productos de observación disponibles en las diversas misiones espaciales y su alineación con las necesidades de los usuarios son fundamentales. En este sentido y previa consulta con la comunidad internacional, la VCG ha iniciado una intercomparación de productos satelitales sobre el espesor del hielo marino y la profundidad de la nieve en el mismo. El primero proporciona una medida integrada de los cambios en el balance energético, mientras que la nieve sobre el hielo marino añade una capa aislante esencial. Esta última, allí donde es suficientemente gruesa como en el Antártico, puede contribuir al volumen de hielo marino a través de la formación de hielo de nieve. Estos parámetros son fundamentales para la predicción y la navegación en aguas polares, ya que el espesor del hielo marino limita el uso de embarcaciones en ciertas clases de hielo, y el efecto de pegado de la capa de nieve reduce la eficacia para romper el hielo. Si bien se cuenta con una amplia gama de métodos de recuperación para estimar el espesor del hielo marino a partir de una variedad de observaciones satelitales, la evaluación del espesor de la nieve en el hielo marino continúa siendo una tarea complicada (IPCC, SROCC, 2019). Cabe esperar que la intercomparación proporcione recomendaciones acerca de las futuras misiones espaciales para abordar las deficiencias reconocidas; la VCG proporcionará la dirección científica del proyecto.

El Informe especial del IPCC de 2019 sobre el océano y la criosfera en un clima cambiante documentó la necesidad de llevar a cabo un enfoque coordinado e integral para observar y estudiar los cambios en el hielo marino, señalando las lagunas críticas en el conocimiento de las interacciones entre la atmósfera y determinados elementos específicos del océano polar y la criosfera para, más adelante, afirmar que estas brechas [...] limitan la comprensión de las trayectorias actuales y futuras de las regiones polares y sus sistemas climáticos. La VCG se halla en una posición privilegiada para alentar y coordinar proyectos de manera eficaz con el fin de llenar estos vacíos y fomentar el análisis de datos y la publicación de datos y resultados consecuentes.

Referencias

IPCC, 2019: Resumen para responsables de políticas. En: El océano y la criosfera en un clima cambiante. Informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. M. Weyer (eds.)].

Newman, L., Heil, P., Trebilco, R., Katsumata, K., Constable, A., van Wijk, E., Assmann, K., Beja, J., Bricher, P., Coleman, R., Costa, D., Diggs, S., Farneti, R., Fawcett, S., Gille, S. T., Hendry, K. R., Henley, S., Hofmann, E., Maksym, T., Mazloff, M., Meijers, A., Meredith, M. M., Moreau, S., Ozsoy, B., Robertson, R., Schloss, I., Schofield, O., Shi, J., Sikes, E., Smith, I. J., Swart, S., Wahlin, A., Williams, G., Williams, M. J. M., Herraiz Borreguero, L., Kern, S., Lieser, J., Massom, R. A., Melbourne-Thomas, J., Miloslavich, P., Spreen, G., 2019. Delivering Sustained, Coordinated, and Integrated Observations of the Southern Ocean for Global Impact. *Frontiers in Marine Science*, 6. 10.3389/fmars.2019.00433.

AMAP, 2017. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo (Noruega). xiv + 269 pp. ISBN 978-82-7971-101-8.