

V. Exploran el clima de hace 1,5 millones de años en la Antártida

JUAN CARLOS TELLECHEA

Aprovechando el verano austral, un equipo internacional de investigación científica ha comenzado en estos días a perforar en profundidad el hielo de 1,5 millones de años en la Antártida para conocer mejor la historia climática y medioambiental de nuestro planeta. Las operaciones se realizan en el marco del proyecto denominado [Beyond EPICA- Oldest Ice](#) (acrónimo en inglés de [Proyecto Europeo de Muestreo de Hielo en Antártida](#)) en el que participan asimismo investigadores del [Instituto Alfred Wegener](#), de Alemania.



El Mar de Wandel en agosto de 2021
© 2021 by Jakob Belter

El hielo es un archivo natural que contiene información sobre la evolución de la temperatura y la composición de la atmósfera desde hace siglos e incluso milenios. Los científicos quieren levantar hacia enero de 2022 los primeros metros de un núcleo de hielo en [Little Dome C](#) (Domo C), situado en la meseta antártica, sobre la vasta región oriental del continente helado. La zona de 10 kilómetros cuadrados se encuentra a unos 40 kilómetros de la base italo-francesa [Concordia](#), uno de los parajes polares más extremos de la Tierra.

Metodología



Núcleo de hielo antártico de más de 150.000 años. © 2021 by Hans Oerter / Epica.

La perforación se realiza a una altitud de 3.233 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas medias del verano austral de 35 grados centígrados bajo cero. En las próximas temporadas, el equipo pretende alcanzar un progreso de perforación de 170 metros por semana hasta que, después de tres veranos antárticos, desde mediados de noviembre hasta principios de febrero de cada año, encuentren hielo de hasta 1,5 millones de años a una profundidad de unos 2.500 metros. El hielo contiene burbujas de aire a partir de las cuales los investigadores pueden determinar el contenido de gases de efecto invernadero, como el metano y el dióxido de carbono,

en la atmósfera del pasado.

Durante nuestro anterior proyecto EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica), que finalizó en 2008, conseguimos recuperar y analizar un núcleo de hielo de 800.000 años de antigüedad, afirma el coordinador del proyecto, [Carlo Barbante](#), especialista en química analítica, director del Instituto de Ciencias Polares del Consejo Nacional de Investigación de Italia (Cnr-Isp) y profesor de la Universidad Ca' Foscari, de Venecia.

Mirar mucho más atrás

Ahora intentamos viajar aún más atrás en el tiempo: Porque si queremos tener una perspectiva correcta del cambio climático actual en el mundo y desarrollar estrategias adecuadas para mitigarlo, tenemos que mirar más atrás, y eso es lo que estamos intentando hacer en la Antártida con Beyond EPICA. (Carlo Barbante)

En la primera fase del proyecto, el consorcio dirigido por el [Instituto Alfred Wegener, Centro Helmholtz para la Investigación Polar y Marina \(AWI\)](#), había dedicado tres años a buscar un lugar en el que el hielo estuviera tan limpio de capas, incluso a grandes profundidades, que pudiera proporcionar resultados valiosos.

In situ

En estos momentos estamos instalando el lugar de perforación y equipando los 120 metros superiores con tubos de fibra de vidrio. Utilizamos este revestimiento como punto de partida para la perforación profunda propiamente dicha, afirma el profesor [Frank Wilhelms](#), quien planifica y organiza la perforación.

Desde el AWI, [Matthias Hüther](#) está ya en el lugar como ingeniero de perforación y prepara el equipo de perforación profunda. En general, el equipo del AWI coordina varios paquetes de trabajo en torno al núcleo de hielo, por ejemplo sobre las propiedades físicas, los isótopos estables del agua, la geofísica o el clima y el ciclo del carbono.

El rompecabezas

Creemos que este núcleo de hielo nos proporcionará información sobre el clima del pasado y sobre los gases de efecto invernadero en la atmósfera durante la transición del [Pleistoceno medio](#) hace 900.000 a 1,2 millones de años. Durante esta transición, la periodicidad del clima entre edades de hielo cambió de 41.000 a 100.000 años: la razón de esto es el rompecabezas que esperamos resolver. (Carlo Barbante)

Doce instituciones de investigación de Alemania, Italia, Francia, Gran Bretaña, Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza, Dinamarca y Bélgica colaboran en Beyond EPICA-Oldest Ice. La Comisión Europea financia el proyecto con 11 millones de euros. Los primeros datos de los análisis de los núcleos de perforación deberían estar disponibles en 2025.

El verano en el Ártico

Mientras tanto, en el Ártico se ha registrado este verano septentrional el mínimo anual de hielo marino y continuaba la tendencia negativa con una reducción comparativamente moderada de la extensión del hielo en 2021, han constatado los científicos.

La extensión del hielo marino en el Océano Ártico alcanzó su mínimo anual de 4,81 millones de kilómetros cuadrados el 12 de septiembre de 2021. Esto sitúa al año en el duodécimo lugar de la lista de valores absolutos negativos. La extensión del hielo marino en septiembre es uno de los signos más fuertes del cambio climático, según señalan los expertos en el recientemente publicado [Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático](#). En las últimas cuatro décadas ha disminuido en un 40% aproximadamente.

No hay recuperación

Con 4,81 millones de kilómetros cuadrados, el mínimo de hielo marino del Ártico en 2021 superó en 1,5 millones de kilómetros cuadrados el anterior récord negativo de 2012, cuando los satélites de investigación registraron una superficie restante de 3,27 millones de kilómetros cuadrados.

A pesar de este descenso comparativamente moderado del hielo, no se puede hablar de una recuperación del hielo marino del Ártico, afirma el [profesor Dr. Christian Haas](#), Jefe de la Sección de Física del Hielo Marino del Instituto Alfred Wegener, Centro Helmholtz de Investigación Polar y Marina (AWI).

Por un lado, el mínimo actual de hielo marino está también muy por debajo de los valores que conocemos de los decenios de 1990 y 2000. Esto significa que se confirma la fuerte tendencia a la baja de la extensión del hielo de un buen diez por ciento por década. (Christian Haas)

Disminuye espesor del hielo

Por otra parte, tanto las mediciones por satélite como las observaciones in situ (por ejemplo, en el [mar de Wandel](#), al noreste de Groenlandia, y en el [mar de Beaufort](#), entre Alaska y los Territorios canadienses del Noroeste y el Yukón) demuestran que el espesor del hielo está disminuyendo y que la concentración de hielo marino en ambas regiones es extraordinariamente baja.

La distribución actual del hielo muestra una vez más lo variable que es el desarrollo del hielo marino y las diferencias regionales que pueden darse de un año a otro. Así, el año 2020 mostró la segunda extensión de hielo marino más baja jamás observada, pero el valor de este año no significa que esté todo claro y despejado para los expertos: se han producido saltos similares en la superficie total de hielo restante, por ejemplo, de 2012 (récord negativo) a 2013 y de 1995 (entonces récord mínimo) a 1996.

Bajas presiones

El factor decisivo para el derretimiento relativamente lento del hielo este verano fue la baja

presión atmosférica de larga duración en el Ártico central.

Su existencia impidió la entrada de masas de aire cálido en el Ártico central, especialmente en junio y julio, y estabilizó la situación del hielo marino. En agosto, un sistema de altas presiones se estableció sobre la parte europea del Ártico, mientras que el sistema de bajas presiones se desplazó hacia el mar de Beaufort, lo que apartó el hielo en esa zona y provocó temperaturas de 2 a 3 grados centígrados por debajo de la media a largo plazo. Este aire comparativamente frío impidió que el hielo se derritiera, aunque la concentración de hielo en esta región era muy baja en algunos lugares. ([Monica Ionita-Scholz](#), climatóloga del Instituto Alfred Wegner (AWI))

El estudio

Expertos del AWI y de la Universidad de Bremen han analizado exhaustivamente los cambios regionales y las condiciones climáticas y los han explicado en mayor profundidad en el [portal de hielo marino](#):

Refiriéndose al mínimo de hielo marino, y a la baja presión atmosférica sostenida que frena el retroceso del hielo ártico, los científicos evocan que el mes de septiembre marca el final del deshielo estival en el Ártico. Esto significa que la cubierta de hielo marino alcanza su menor extensión del año en un determinado día del mes y luego comienza a crecer otra vez porque el agua superficial se congela de nuevo.

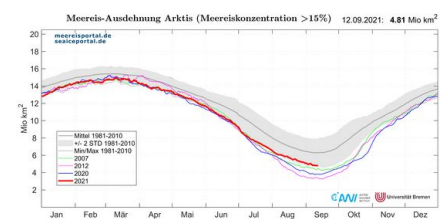
Los investigadores polares y climáticos de todo el mundo observan con gran interés la cantidad de hielo marino que sobrevive al verano cada año. Considerado durante un largo periodo de tiempo, el llamado mínimo de septiembre revela si el área de hielo marino del Ártico en su conjunto se está reduciendo, creciendo o permaneciendo más o menos igual.

Importante indicador

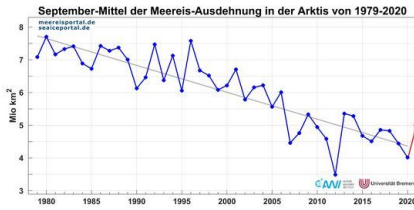
De este modo, el mínimo de hielo marino se ha convertido en un importante indicador del cambio climático global. Hace tan solo unas semanas, en la presentación de su [6º Informe Mundial sobre el Clima, el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático \(IPCC\)](#) destacó que la extensión de septiembre del hielo marino del Ártico ha disminuido un 40% en las últimas cuatro décadas y es, por tanto, uno de los indicadores más sólidos del cambio climático.

Este año, el calor del verano ha afectado al hielo marino del Ártico de forma algo más moderada que en el último lustro. Al final de la temporada de deshielo, el 12 de septiembre de 2021, la cubierta de hielo marino del Ártico se había reducido a una superficie total de 4,81 millones de kilómetros cuadrados. Esto supuso 1,54 millones de kilómetros cuadrados más que en el anterior año récord negativo de 2012, cuando los satélites de investigación registraron una superficie restante de 3,27 millones de kilómetros cuadrados.

El mínimo de hielo marino en el Ártico en 2021 ocupa, por tanto, el 12º lugar en la lista de valores absolutos.



Valores medios mensuales de la extensión del hielo marino en septiembre en el Ártico desde 1979. En rojo, el valor esperado para septiembre de 2021 +/- dos veces la desviación estándar basada en el valor medio de la extensión del hielo hasta el



Valores medios mensuales de la extensión del hielo marino en septiembre en el Ártico desde 1979. En rojo, el valor esperado para septiembre de 2021 +/- dos veces la desviación estándar basada en el valor medio de la extensión del hielo hasta el 14.9.2021. © 2021 by Meereisportal.

En los datos diarios del hielo, el moderado retroceso del hielo marino del verano de 2021 es especialmente evidente a principios de julio como se ve en el gráfico anterior.

Aquí la extensión del hielo oscila hasta un valor en el borde inferior de la desviación estándar doble de los años 1981 - 2010 (área sombreada en gris en la Fig.1) y está claramente por encima de los últimos años mínimos. La media mensual prevista para septiembre de 2021 es de 5 +/- 0,2 millones de km².

Sin señales de recuperación

No se puede hablar de una recuperación del hielo marino del Ártico a pesar de este descenso comparativamente moderado del hielo. Por un lado, el mínimo de hielo marino actual también está muy por debajo de los valores que aún conocemos de los años 90 y 2000. Esto significa que confirma la fuerte tendencia a la baja de la extensión del hielo, de aproximadamente un 12,7% por década. Por otro lado, tanto las mediciones por satélite como las observaciones *in situ*, por ejemplo del mar de Wandel, en el noreste de Groenlandia, y del mar de Beaufort, demuestran que el espesor del hielo está disminuyendo y que la concentración de hielo marino en ambas regiones es extraordinariamente baja. En muchos lugares, hay grandes zonas de agua abierta entre los témpanos. (Christian Haas)

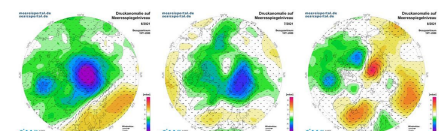
Mar de Laptev

En su opinión, la distribución actual del hielo muestra una vez más lo variable que es el desarrollo del hielo marino y las diferencias regionales que pueden darse de un año a otro. Hasta ahora se han producido saltos similares en la superficie total de hielo restante, por ejemplo, de 2012 a 2013 o de 1995 a 1996. Las peculiaridades regionales del año 2021 incluyen el hecho de que este verano se conservó comparativamente mucho hielo en el Ártico occidental, mientras que el [mar de Laptev](#) registró las mayores pérdidas de hielo desde que comenzaron las mediciones por satélite en 1979.

También se derritió mucho hielo en el mar de Groenlandia, de modo que el borde de hielo de esta región marítima se retiró hacia el norte y el mar de Groenlandia estaba casi libre de hielo a principios de septiembre. Sin embargo, este fenómeno no es del todo nuevo. En 2002, los satélites documentaron una cantidad similar de hielo en el Mar de Groenlandia.

Un sistema estable de bajas presiones frena el deshielo, los vientos dispersan el hielo

El factor decisivo para la ralentización del deshielo este verano fue la baja presión atmosférica de larga duración en el Ártico central.



Los mapas de anomalías de la presión del aire para los meses de junio (izquierda) y

Su existencia impidió la entrada de masas de aire cálido en el Ártico central, especialmente en junio y julio, y estabilizó la situación del hielo

marino. En agosto, un sistema de altas presiones se estableció sobre la parte europea del Ártico, mientras que el sistema de bajas presiones se desplazó hacia el mar de Beaufort, lo que provocó que las temperaturas fueran de 2 a 3 grados centígrados por debajo de la media a largo plazo. Este aire comparativamente frío impidió que el hielo se derritiera, aunque la concentración de hielo en esta región era muy baja en algunos lugares. (Jonita-Scholz)

El predominio comparativamente largo de las bajas presiones atmosféricas también provocó que las temperaturas del aire al norte de los [70 grados de latitud norte](#) estuvieran solo entre 1 y 2 grados centígrados por encima de la media a largo plazo de -2 a +2 grados centígrados durante todo el verano. *A modo de comparación: en el verano de 2020, registramos diferencias de temperatura del aire de entre 5 y 6 grados centígrados en zonas centrales del océano Ártico*, explica la investigadora del Alfred Wegener Institut (AWI).

El sistema de baja presión es también la razón de la llamativa baja concentración de hielo en el Ártico occidental, pero especialmente en el mar de Beaufort.

En los bordes de un sistema de bajas presiones de este tipo, soplan vientos que apartan el hielo marino en sentido contrario a las agujas del reloj y lo distribuyen en una amplia zona. Pudimos observar precisamente este proceso en el mar de Beaufort, especialmente en agosto. (Christian Haas)

En Alaska

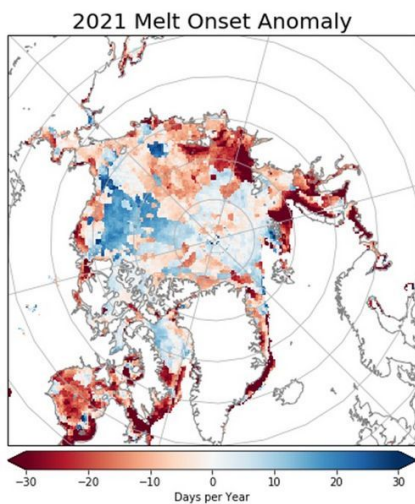
Mientras tanto, frente a la costa norte de Alaska, se derritió el grueso hielo plurianual que había sido empujado hacia la costa por el giro de Beaufort impulsado por el viento en la primavera. Es probable que la desaparición de esta gran cantidad de hielo marino antiguo haya contribuido a una mayor disminución de la ya escasa proporción de hielo grueso en el Ártico, acota el experto del AWI.

Sin embargo, los científicos del AWI no iban a disponer de una visión detallada del grosor y la distribución de la edad del hielo marino restante hasta octubre, cuando todas las lagunas de deshielo del hielo se hayan vuelto a congelar y las mediciones del grosor del hielo marino del satélite [CryoSat-2](#) vuelvan a ser fiables. Un análisis de sus datos de medición en abril de 2021 había revelado un nuevo récord negativo de volumen de hielo al comienzo del verano.

Desde Estados Unidos

También cabe mencionar en este punto los análisis del hielo marino realizados por científicos estadounidenses, que muestran que el derretimiento del hielo marino este año comenzó más de un mes antes que la media a largo plazo de los años 1981 a 2010, especialmente en el mar de Laptev, el [mar de Kara](#), el [mar de Barents](#) y en algunas regiones de la costa oriental de Canadá. Es probable que esta evolución haya acelerado la pérdida de hielo en los mares marginales del Océano Ártico.

julio de 2021 (centro) muestran el sistema de baja presión y los vientos asociados, que determinaron el clima sobre el Ártico central durante semanas e impidieron la entrada de calor. En agosto (derecha) la imagen cambió: mientras que un área de alta presión dominaba la parte oriental del Océano Ártico, un área de baja presión se extendía sobre el Mar de Beaufort e impedía que el hielo se derritiera allí. © 2021 by Meereisportal.



Este mapa del Ártico muestra cuántos días, tarde o temprano, comenzó el derretimiento del hielo marino en la primavera de 2021.

Queda claro que especialmente el hielo marino en los mares marginales rusos y frente a la costa este de Canadá comenzó a derretirse mucho antes que el promedio a largo plazo para los años 1981 a 2010. © 2021 by Walt Meier, NSIDC (gráficos) / J. Miller, NASA Goddard (datos).

Noreste de Groenlandia: 40 minutos de vuelo hasta el borde del hielo

El sorprendente retroceso del hielo frente a la costa noreste de Groenlandia tuvo un impacto inmediato en la campaña de mediciones aéreas [IceBird](#) del Grupo de Hielo Marino del AWI en esta región.

Mientras que en años anteriores pudimos empezar a medir el grosor del hielo marino sobre el Mar de Wandel poco después de despegar nuestro avión en la Estación Norte porque ya estábamos directamente sobre el hielo, esta vez tuvimos que volar sobre muchas aguas abiertas durante algo menos de 40 minutos antes de llegar al borde del hielo, explica el Dr. [Jakob Belter](#), físico del hielo marino del AWI.

Esta larga aproximación no solo costó un valioso tiempo de vuelo que el equipo había previsto para las mediciones; Jakob Belter también se sorprendió personalmente de la magnitud del deshielo local: *Si se tiene en cuenta que nuestro lugar de despegue y aterrizaje, la Estación Norte, está situado a 81,6 grados de latitud norte, entonces, en circunstancias normales, no se espera tener que volver a volar durante más de media hora antes de poder comenzar el trabajo*, informó una vez finalizada la campaña de medición.

La apertura de los hielos

Las zonas de aguas abiertas frente a la costa noreste de Groenlandia pertenecían a la llamada [polinia](#) del mar de Wandel que se ve en la foto inicial de este reportaje. Esto ocurre sobre todo en verano, cuando los fuertes vientos de alta mar alejan el hielo marino de la costa noreste de Groenlandia. El año pasado, una polinia del mar de Wandel extremadamente grande permitió al rompehielos de investigación Polarstern viajar fácil y rápidamente al Polo Norte en la última etapa de su expedición [MOSAiC](#) (Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate / [Observatorio multidisciplinar](#) a la deriva para el estudio del clima ártico).

Este año, este fenómeno estival ha sido algo menor. Sin embargo, como informan Jakob Belter y su colega del AWI, el Dr. [Gerit Birnbaum](#), los témpanos de la zona del borde del hielo, en particular, estaban ampliamente cubiertos por estanques de deshielo y, en muchos lugares, tan perforados que apenas podían seguir llamándose témpanos.

Récord negativo

Cuanto más al norte iban los vuelos de medición, más densa era la superficie del hielo. Sin embargo, el grosor medio del hielo marino medido fue de sólo 1,71 metros. Este valor corresponde a un nuevo récord negativo con respecto a las estadísticas de verano a largo plazo de IceBird, como informa aquí Jakob Belter para el portal de hielo marino. En

cambio, el grosor del hielo medido con más frecuencia (modal) (1,47 metros) apenas se desvió de los valores de los últimos años. "De esto concluimos que el hielo medido al final de la deriva transpolar en el verano de 2021 ha sufrido comparativamente poca deformación, lo que es de gran relevancia para los estudios que se están realizando actualmente", explica este investigador del AWI.

Incluso el antiguo hielo marino muestra signos de decadencia

Los biólogos del hielo marino del AWI, el Dr. [Hauke Flores](#) y la Dra. [Nicole Hildebrandt](#), pasaron las últimas semanas del verano ártico de 2021 a bordo del rompehielos de investigación sueco [Oden](#). La expedición [Synoptic Arctic Survey](#) llevó al barco y a su tripulación científica desde Spitsbergen primero a las cuencas de [Nansen](#) y [Amundsen](#), luego al Polo Norte y desde allí a través de la [dorsal de Lomonosov](#) a la cuenca de Canadá y a las aguas al norte de Groenlandia. "En las 13 estaciones de hielo muestreadas hasta ahora, nos hemos encontrado con hielo marino mayoritariamente bienal. El espesor del hielo era de entre 1,50 y 2 metros", informa Hauke Flores en un correo electrónico desde el barco.

En la zona del norte de Groenlandia, los investigadores encontraron hielo perenne de hasta tres metros de espesor.

Incluso este hielo, todavía relativamente grueso y viejo, nos muestra con mucha claridad el rápido cambio en el Ártico. Entre el 40% y el 60% de su superficie estaba cubierta por estanques de deshielo. También observamos cómo liberó grandes escamas de material orgánico que habían crecido en la parte inferior del hielo hace años. (Hauke Flores)

Él y su equipo recogieron muestras biológicas y biogeoquímicas de este hielo. *Este material constituye la base sobre la que podemos documentar y comprender los rápidos cambios del ecosistema ártico, y posiblemente algún día las muestras de hielo contribuirán a crear un archivo sobre la biodiversidad del "viejo" Ártico*, afirma este biólogo del hielo marino.

Influencias del deshielo

Para el investigador del hielo marino del Alfred Wegener Institut, Christian Haas, estos diferentes indicios hablan del hecho de que el cambio en el Ártico continúa, aunque no se haya producido una disminución drástica de la superficie de hielo marino este verano. *No hay ninguna razón para desactivar la señal de alarma. Hemos observado de forma impresionante las diferentes influencias del deshielo y la deriva en la superficie y el grosor del hielo marino, y en general los signos del calentamiento climático en el Ártico son visibles en conjunto en base a estas características*, resume la temporada de deshielo de 2021.

Christian Haas puede respaldar esta conclusión no solo con datos, sino también con impresiones personales de larga data en el Ártico. Formó parte del equipo de científicos que realizó las primeras mediciones del grosor del hielo marino del AWI en el Ártico hace 30

años (7 de septiembre de 1991), en el primer viaje de investigación alemán al Polo Norte en el buque de exploración [Polarstern](#). *En aquella época, el hielo plano y sin deformar del Polo Norte tenía un grosor medio de 2,86 metros, aproximadamente el doble del actual, recuerda.*