

LXIX Menos hielo marino, más arenque

JUAN CARLOS TELLECHEA

El ADN antiguo del fondo marino revela hasta qué punto el cambio climático podría alterar los ecosistemas marinos del Ártico, concluyen científicos del [Instituto Alfred Wegener](#) de Potsdam.

Los mares de las regiones polares siguen cubriéndose cada año con un caparazón helado durante semanas o meses. Pero el cambio climático está provocando cada vez más la desaparición de este hielo marino, señala la síntesis de un [estudio](#) de los referidos investigadores.



Volcán Viluchinsky en Kamchatka
© 2023 by Dirk Nürnberg

Una mirada al pasado muestra ahora las drásticas consecuencias que esto puede tener para los ecosistemas de la zona: Durante la transición de unas condiciones estacionalmente heladas a otras sin hielo, toda la biocenosis puede cambiar. Esto es lo que infiere un equipo del Instituto Alfred Wegener de Potsdam a partir del análisis de ADN antiguo del fondo marino.

Tales trastornos pueden tener también consecuencias para la pesca y el clima mundial, advierten los expertos en un artículo, titulado "Marine ecosystem shifts with deglacial sea-ice loss inferred from ancient DNA shotgun sequencing" (Cambios en los ecosistemas marinos con la pérdida de hielo marino deglacial inferidos a partir de la secuenciación de ADN antiguo por escopeta), publicado en la revista científica [Nature Communications](#).

La pérdida de hielo en los océanos polares podría ser el principio de profundos cambios en el ecosistema. La profesora Dra Ulrike Herzschuh, jefa del grupo de investigación sobre Sistemas Ambientales Terrestres Polares del Instituto Alfred Wegener, Centro Helmholtz de Investigación Polar y Marina ([AWI](#)) de Potsdam explica que:

Ha sido difícil evaluar las consecuencias a largo plazo de la escasa cobertura de hielo marino estival para la vida marina, porque se carecía de los correspondientes estudios a largo plazo.

En equipo con sus colegas del AWI, las Dras [Heike Zimmermann](#) y [Kathleen Stoof-](#)

[Leichsenring](#), así como con investigadores de la Universidad Jacobs de Bremen y del Centro Helmholtz GEOMAR de Investigación Oceánica de Kiel, ha echado la vista atrás unos 20.000 años hasta la última glaciación.

Los sedimentos que se han ido acumulando en el fondo del mar a lo largo de los milenios permiten obtener información sobre las respectivas condiciones ambientales, agrega la profesora Dra Herzschuh:

Estos sedimentos son un archivo natural de la historia del clima. Si se saca el material a la superficie con un taladro, se pueden encontrar rastros de criaturas marinas muertas hace mucho tiempo en las capas de distintas edades.

Con ayuda de la llamada secuenciación shotgun, el equipo ha encontrado ADN de representantes de 167 familias de habitantes marinos cuyo hábitat es el hielo o las aguas abiertas. "A nosotros mismos nos sorprendió que estos sedimentos antiguos contuvieran información sobre todo el ecosistema", agrega la científica.

Según el estudio, las diatomeas y otras algas que vivían dentro o debajo del hielo marino eran típicas de las fases más frías de la última glaciación. Estos diminutos productores de oxígeno eran una fuente de alimento popular para los copépodos, que a su vez eran ingeridos por peces de la familia del bacalao, como el bacalao del Pacífico, el abadejo de Alaska y el bacalao polar. En cambio, en las épocas más cálidas, sin hielo, había muchas menos diatomeas y copépodos, pero muchas más cianobacterias. En el fondo marino, las praderas de pastos marinos se extendían en bahías protegidas y, en lugar de bacalao, nadaban en el mar de Bering más salmones y arenques del Pacífico. Como resume la profesora Dra Ulrike Herzschuh:

Ahora podemos mostrar por primera vez cómo se transforma todo el ecosistema a medida que retrocede el hielo marino. Esto empieza con las algas y llega hasta los peces y las ballenas.

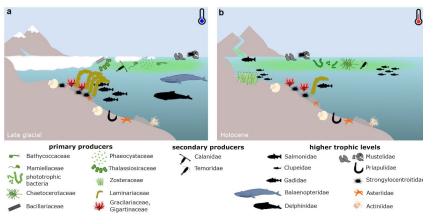
El equipo prevé cambios igual de profundos en un futuro más cálido y sin hielo. Pero eso podría tener enormes repercusiones ecológicas y económicas. Por ejemplo, la captura de algunos peces populares como el abadejo y el bacalao en el Mar de Bering podría dejar de ser rentable. Por otra parte, el salmón jorobado y el arenque del Pacífico podrían desplazarse más al norte.

Además, en condiciones de ausencia de hielo, las comunidades de plancton probablemente transporten menos carbono a las profundidades y lo depositen en los sedimentos. Los océanos podrían entonces dejar de ser capaces de almacenar tanto dióxido de carbono, lo que alimentaría aún más el cambio climático. Por tanto, la desaparición del hielo marino también podría significar que estos ecosistemas ya no puedan prestar servicios importantes en la medida habitual.

Resumen del estudio

El hielo marino es un factor clave para el funcionamiento y los servicios que prestan los

ecosistemas marinos polares. Sin embargo, se desconocen en gran medida las respuestas de los ecosistemas a la pérdida de hielo marino debido a la falta de datos cronológicos. En este trabajo se utilizó la metagenómica de escopeta del ADN antiguo de los sedimentos marinos de Kamchatka (Mar de Bering occidental) durante los últimos 20.000 años.



Representación esquemática de los cambios en el ecosistema tras la pérdida del hielo marino postglacial. © 2023 by Zimmermann et al.

Se rastrearon los cambios desde un ecosistema adaptado al hielo marino de finales del glacial, caracterizado por diatomeas, copépodos y bacalao, hasta un Holoceno sin hielo caracterizado por cianobacterias, salmón y arenque. Al proporcionar información sobre la dinámica de los ecosistemas marinos en un amplio espectro taxonómico, los datos de los científicos demuestran que el ADN antiguo será una nueva herramienta importante para identificar las respuestas a largo plazo de los ecosistemas a las transiciones climáticas con el fin de mejorar las evaluaciones de los riesgos oceánicos y criosféricos.

Los expertos concluyen que el continuo declive del hielo marino en la plataforma norte del mar de Bering podría repercutir en la exportación de carbono y alterar el suministro de alimentos bentónicos y podría permitir una expansión hacia el norte del salmón y el arenque del Pacífico.

Introducción del estudio

La composición orgánica de los océanos de alta latitud es muy vulnerable al calentamiento global antropogénico, que puede alterar los servicios de los ecosistemas (p. ej., suministro de alimentos, bomba biológica de carbono) debido a la pérdida de hielo marino y a los efectos relacionados con el aumento de la temperatura oceánica, el incremento de la transmisión de luz, el refuerzo de la estratificación de la columna de agua y la disminución de la disponibilidad de nutrientes. Es probable que esto modifique el calendario estacional, la biomasa y la composición de las floraciones de algas, que desempeñan un papel fundamental en las interacciones tróficas al sustentar las redes tróficas, incluidas las comunidades bentónicas y los productores primarios.

Las tendencias a largo plazo en el Mar de Bering muestran un descenso continuado de la duración del hielo marino, que se prevé que se acorte aún más debido a una congelación más tardía (de 20 a 30 días) y una ruptura más temprana (de 10 a 20 días) hasta mediados de este siglo. Los fenómenos extremos, como la menor extensión de hielo marino en el Mar de Bering en los últimos 5500 años en 2018 con vientos cálidos persistentes del sur, permiten evaluar las respuestas inmediatas de los ecosistemas a la pérdida de hielo marino. Se han registrado efectos en cascada a través de la red alimentaria, posiblemente como resultado de una menor transferencia de energía de los niveles tróficos inferiores a los superiores: una floración de fitoplancton a finales de la primavera y una escasez de copépodos grandes ricos en lípidos condujeron a una disminución de la abundancia de abadejos jóvenes y otros peces forrajeros que más tarde se relacionaron con fallas reproductivas de aves marinas, así como con eventos de mortalidad de aves marinas y focas en 2018 y 2019.

Se necesita una mejor comprensión de los cambios en el ecosistema durante la transición del hielo marino estacional a las condiciones sin hielo debido al calentamiento climático en curso. A pesar de los amplios esfuerzos de monitoreo, todavía tenemos escasos conocimientos sobre las respuestas de los ecosistemas a largo plazo a las transiciones climáticas para muchos grupos taxonómicos, particularmente zooplancton, peces, algas no fosilíferas y organismos bentónicos como tunicados, estrellas de mar o macrófitos. Además, la capacidad y las limitaciones de los ecosistemas para adaptarse son inciertas, lo que limita las evaluaciones de los riesgos para los océanos y la criosfera, como se subraya en el informe del IPCC.

Las respuestas a corto plazo del ecosistema del Mar de Bering a los regímenes más cálidos y más fríos están bien documentadas, pero los cambios a largo plazo de la composición de organismos en las comunidades pelágicas y bentónicas no están claros y se necesitan más datos para limitar la evolución futura del ecosistema. Mientras que las comunidades pelágicas están fuertemente vinculadas a factores hidrográficos y climáticos, las bentónicas dependen en gran medida de la producción primaria y del hundimiento de partículas procedentes de la columna de agua superior.

Las respuestas pasadas de los ecosistemas a la pérdida de hielo marino en el límite Pleistoceno-Holoceno en la parte meridional del mar de Bering podrían revelar tales reordenamientos a largo plazo y servir de análogo para futuros cambios en el Ártico del Pacífico.

Los sedimentos marinos son un archivo natural de la historia climática a partir del cual se puede reconstruir el hielo marino mediante registros indirectos, como los biomarcadores o los restos de microfósiles. En el mar de Bering, un marco paleoceanográfico para la cobertura del hielo marino en el pasado se ha basado en reconstrucciones que utilizan el biomarcador isoprenoide alcano altamente ramificado IP25 (producido por diatomeas ligadas a una vida en el hielo marino estacional) y microfósiles (de diatomeas). Las alkenonas, producidas por haptófitos, pueden aportar información complementaria sobre las temperaturas de la superficie del mar a finales de verano y principios de otoño (SSTuk'37).

Los restos físicos, como las frústulas de diatomeas proporcionan pruebas de las respuestas de los organismos en el pasado a la variabilidad del hielo marino. Para muchos grupos de organismos no fosilizables (por ejemplo, muchos protistas y zooplancton) o cuyos registros fósiles siguen sin explorarse lo suficiente (por ejemplo, los peces), los análisis de ADN sedimentario antiguo (sedaADN) tienen el potencial de llenar ese vacío.

En entornos marinos, la metabarcodificación del sedaADN (enriquecimiento de una secuencia de marcadores genéticos mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)) ha revelado respuestas pasadas del plancton a cambios, por ejemplo, en las características de la masa de agua o en el hielo marino. Recientemente, las aplicaciones del sedaDNA se han ampliado mediante la secuenciación metagenómica por escopeta, que aumenta el espectro de grupos taxonómicos que pueden analizarse con un único enfoque, facilita la autenticación mediante el perfilado de patrones de daño y elude los sesgos típicos

de la PCR, derivados, por ejemplo, del desajuste entre la distribución del tamaño de los fragmentos de ADN antiguo y el tamaño de los marcadores genéticos.

Las redes de correlación se han utilizado en la interpretación de datos multidimensionales mediante redes de co-ocurrencia y han contribuido a nuestra comprensión de los ecosistemas identificando, por ejemplo, preferencias de hábitat en comunidades bacterianas acuáticas o patrones de co-ocurrencia geográfica en anfibios, reptiles, aves reproductoras y mamíferos europeos. La escasez de datos metagenómicos, debida a ausencias reales o a una profundidad de secuenciación insuficiente, puede dar lugar a correlaciones espurias.

Los modelos gráficos de cúpula gaussiana (GCGM) son un nuevo marco estadístico desarrollado para separar los efectos ambientales de las interacciones intrínsecas entre taxones. Son adecuados para abordar la estructura composicional de los datos de secuenciación, las correlaciones no lineales y para eliminar correlaciones espurias a través de taxones mediadores (si una correlación entre dos taxones surge sólo porque ambos están correlacionados con un tercer taxón) o a través de respuestas similares a efectos ambientales (covarianza). Hasta ahora no se habían aplicado redes de correlación a los datos de sedaADN.

Dado que las muestras de sedaDNA contienen información promediada en escalas temporales que van de decenales a centenarias, dependiendo de las tasas de sedimentación, la correlación en la red no debe interpretarse como interacciones ecológicas entre taxones vinculados o co-ocurrencia real en una escala temporal corta. Aquí asumimos que las familias correlacionadas positivamente muestran respuestas similares a los cambios medioambientales (es decir, la cobertura de hielo marino y las TSM).

Aquí, exploramos el potencial de la secuenciación metagenómica de sedaDNA para revelar cambios en la composición del ecosistema en respuesta a la pérdida postglacial del hielo marino usando el núcleo de sedimento SO201-2-12KL, que fue tomado del talud continental occidental de Kamchatka a unos 70 km de la costa de Kamchatka (Fig. 1). Para identificar los taxones que muestran una respuesta similar a la pérdida de hielo marino, utilizamos redes de co-ocurrencia y comparamos las redes de Spearman con los GCGM. La columna vertebral paleoambiental se basa en reconstrucciones multiproxy previas del mismo núcleo, incluyendo microfósiles de diatomeas y el biomarcador IP25.

Los proxies sugieren que el lugar donde se extrajo el núcleo estuvo cubierto por hielo marino estacional durante el Último Máximo Glacial (LGM), el Heinrich Stadial 1 y el Younger Dryas, mientras que las fases del Bølling-Allerød y el Holoceno estuvieron predominantemente libres de hielo marino. El enfoque de los investigadores incluye un amplio espectro de grupos taxonómicos y funcionales, especialmente entre los eucariotas, lo que estos expertos consideran un paso importante para descifrar las consecuencias de las transiciones climáticas en la estructura de los ecosistemas marinos.

[Publicación original](#)

with deglacial sea-ice loss inferred from ancient DNA shotgun sequencing. Nature Communications (2023).

© 2023 Juan Carlos Tellechea / Mundoclasico.com. Todos los derechos reservados