

paquete de recursos educativos

UN PASAJE SE ABRE

Arctic sea ice and climate change

guía del profesor y hojas
de trabajo del alumno



Hielo marino ártico y cambio climático	1
Resumen de actividades	4
Clima desde el Espacio	6
Hielo marino y clima: información general	7
Actividad 1: ¿ CON QUÉ RAPIDEZ SE FUNDE EL HIELO MARINO?	9
Actividad 2: TEMPERATURA DEL OCÉANO Y TASA DE DESHIELO	12
Actividad 3: EL PASO DEL NOROESTE	17
Hoja de trabajo del estudiante 1: ¿CON QUÉ RAPIDEZ SE FUNDE EL HIELO MARINO?	20
Hoja de trabajo del estudiante 2: TEMPERATURA DEL OCÉANO Y TASA DE DERRETIMIENTO DEL HIELO	23
Hoja de trabajo del estudiante 3: EL PASAJE DEL NOROESTE	26
Hoja de información 1: UN PASAJE SE ABRE	29
Hoja de información 2.1: DERRETIMIENTO DE HIELO – Agua templada	31
Hoja de información 2.2: DERRETIMIENTO DE HIELO – Agua fresca	32
Hoja de información 2.3: DERRETIMIENTO DE HIELO – Agua fría	33
Hoja de información 3: EL PASO DEL NOROESTE	34
Enlaces	35
Apéndice: ¿LO SABÍAS?	36

paquete de recursos educativos de la iniciativa sobre el cambio climático – UN PASAJE SE ABRE

<https://climate.esa.int/es/educate/>

Conceptos de actividad desarrollados por la Universidad de Twente (NL) y el Centro Nacional de Observación de la Tierra (Reino Unido)

La Oficina del Clima de la ESA agradece las opiniones y comentarios

<https://climate.esa.int/es/helpdesk/>

Producido por la Oficina del Clima de la ESA
Copyright © Agencia Espacial Europea 2020-2021

UN PASAJE SE ABRE: Visión general

El hielo marino del Ártico y el cambio climático

Hechos

Asignaturas: Geografía, Ciencias de la Tierra, Física, Química

Rango de edad: 11-14 años

Tipo: lectura, modelización matemática, análisis de datos; discusión

Complejidad: media a alta

Tiempo de clase requerido: 3 horas

Coste: Bajo (0-20 euros)

Lugar: interior

Incluye el uso de: Internet, programa informático de hoja de cálculo

Palabras clave: hielo marino, cambio climático, amplificación del Ártico, calor latente, albedo, satélite

Breve descripción

En este conjunto de actividades los alumnos verán el importante papel del hielo marino del Ártico en el sistema climático de la Tierra, como ocurre en el área del “Paso del Noroeste”.

La primera actividad es un estudio matemático de la tasa de deshielo marino para ilustrar el significado de la “amplificación del Ártico”.

Luego, los alumnos utilizarán la aplicación web *Climate from Space* para explorar las tendencias estacionales y a largo plazo de la extensión del hielo marino y las temperaturas de la superficie del mar.

Para finalizar se utilizan datos reales de satélites para estimar cuándo el “Paso del Noroeste” podría ser navegable permanentemente.

Resultados previstos del aprendizaje

Una vez realizadas estas actividades, los alumnos serán capaces de:

Explicar cómo el diferente albedo del hielo y del océano conduce a la expansión del Ártico y el impacto que tiene esta situación en el cambio climático.

Utilizar un modelo matemático para investigar el efecto de las diferentes condiciones climáticas en el deshielo del mar.

Utilizar la aplicación web *Climate from Space* para explorar los cambios que ocurren en la región del Ártico.

Relacionar los cambios en el patrón estacional de la extensión del hielo marino con los cambios en las temperaturas de la superficie del mar.

Sugerir las razones de esos cambios en diversas escalas de tiempo.

Integrar los datos de varios conjuntos de observaciones.

Generar una estimación futura a partir de los datos, evaluando su fiabilidad.

Resumen de actividades

	Título	Descripción	Producto	Requerimientos	Tiempo
1	¿Con qué rapidez se derrite el hielo marino?	Introducción al problema seguido de una investigación matemática de las tasas de fusión de hielo	Explicar cómo la diferencia de albedo entre el hielo y el océano conduce a la ampliación del Ártico y el impacto que tiene esto en el cambio climático. Utilizar un modelo matemático para investigar el efecto de diferentes condiciones en el deshielo del mar.	Los alumnos deben conocer el principio de conservación de la energía.	1 hora
2	Temperaturas del océano y tasa de deshielo	Actividad práctica utilizando un Smartphone para modelizar el uso de un satélite que monitorea el hielo en el mar	Relacionar un modelo experimental con el mundo real y evaluar el modelo. Analizar imágenes para obtener datos de deshielo. Discutir las dificultades de recoger datos para describir y predecir los efectos del cambio climático.	Ninguna	2 horas
3	El Pasaje del Noroeste	Examen del hielo marino y la temperatura del mar a largo plazo en el Ártico	Utilizar el visor de datos "Climate from Space" para explorar los cambios que ocurren en la región del Ártico. Relacionar los cambios en el patrón estacional de la extensión del hielo marino con los cambios en las temperaturas de la superficie del mar. Sugerir las razones de esos cambios en diversas escalas de tiempo.	Ninguna	1 hora

Los tiempos indicados se refieren a los ejercicios principales, suponiendo que se dispone de pleno acceso a ordenadores o que se distribuyen los cálculos y los gráficos repetitivos en la clase. Incluye el tiempo para compartir los resultados, pero no la presentación de los mismos, ya que esto variará en función del tamaño de la clase y de los grupos. Los enfoques alternativos pueden llevar más tiempo.

La descripción de cada actividad incluye ideas de debate o la ampliación del trabajo, así como sugerencias para diferenciarlos.

Notas prácticas para los profesores

El **material necesario** para cada actividad se indica al principio de la sección correspondiente, junto con notas sobre la preparación que puede ser necesaria más allá de copiar las hojas de trabajo y las hojas de información.

Las **hojas de trabajo** están diseñadas para un solo uso y pueden copiarse en blanco y negro.

Las **hojas informativas** pueden contener imágenes de mayor tamaño para que las inserte en sus presentaciones en el aula, información adicional para los alumnos o datos para que trabajen con ellos. Es mejor imprimir o copiar estos recursos en color, pero pueden reutilizarse.

Todas las **hojas de cálculo, conjuntos de datos o documentos adicionales** necesarios para la actividad pueden descargarse siguiendo los enlaces a este paquete desde <https://climate.esa.int/es/educate/climate-for-schools/>

Las ideas para **ampliar la documentación** y las sugerencias de **diferenciación se incluyen en los** puntos correspondientes de la descripción de cada actividad.

Para apoyar **la evaluación** del esfuerzo, se incluyen las respuestas de las hojas de trabajo y los resultados de las actividades prácticas. En la parte correspondiente de la descripción de la actividad se sugiere la posibilidad de utilizar criterios locales para evaluar competencias básicas como la comunicación o el manejo de datos.

Salud y seguridad

En todas las actividades, hemos dado por sentado que se seguirán los procedimientos habituales en relación con el uso del equipo común (incluidos los dispositivos eléctricos, como los ordenadores), el movimiento dentro del entorno de aprendizaje, resbalones y tropiezos, primeros auxilios, etc. Como la necesidad de estos procedimientos es universal pero los detalles de su aplicación varían considerablemente, no los hemos detallado siempre. En su lugar, hemos destacado los peligros particulares de una determinada actividad práctica para que sirvan de base para que ejecute una evaluación de riesgos.

Algunas de estas actividades utilizan la aplicación web *Climate from Space*. Es posible navegar desde aquí a otras partes del sitio web de la "Iniciativa sobre el Cambio Climático de la ESA" y de ahí a sitios web externos. Si no puede -o no desea- limitar las páginas que los alumnos pueden ver, recuérdelos las normas locales de seguridad en Internet.

Clima desde el Espacio

Los satélites de la ESA desempeñan un importante papel en la vigilancia del cambio climático. La aplicación web *Climate from Space* (Clima desde el espacio) (<http://cfs.climate.esa.int>) es un recurso en línea que utiliza historias ilustradas para resumir algunas de las formas en que nuestro planeta está cambiando y destacar el trabajo de los científicos de la ESA.

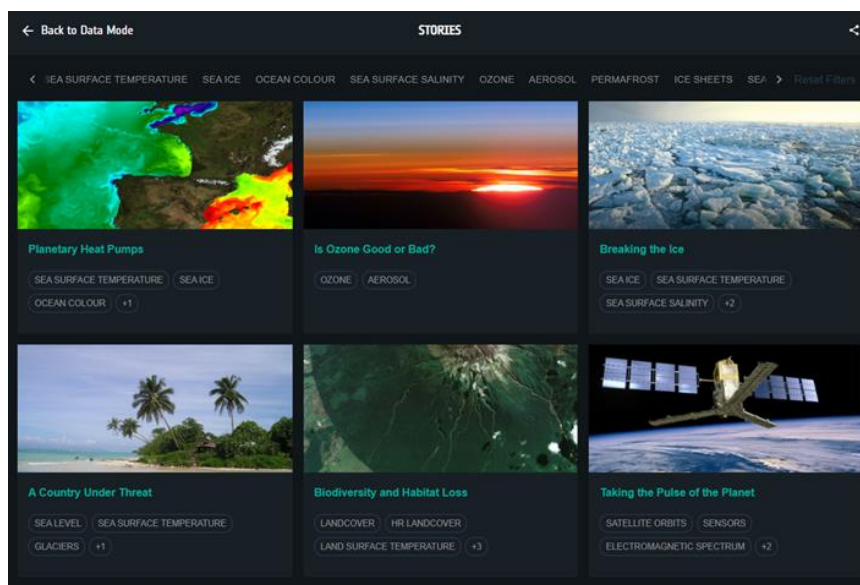


Figura 1: Historias en la aplicación web *Climate from Space* (Fuente: ESA CCI)

El programa de la “Iniciativa sobre el Cambio Climático de la ESA” produce registros globales fiables de algunos aspectos clave del clima conocidos como variables climáticas esenciales (“Essential Climate Variables”, ECV). La aplicación web *Climate from Space* permite conocer mejor los impactos del cambio climático explorando estos datos.

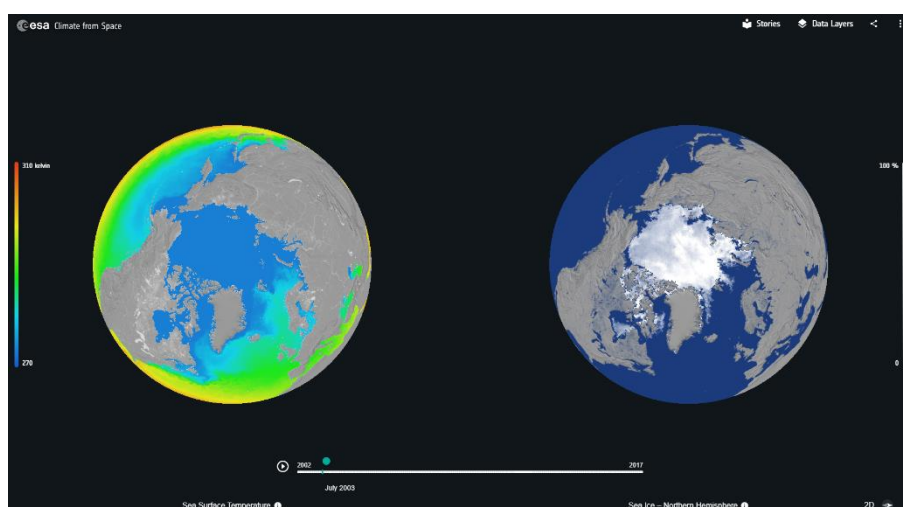


Figura 2: Visualización de las temperaturas de la superficie del mar y de la extensión del hielo marino en la aplicación web *Climate from Space* (Fuente: ESA CCI)

Hielo marino y clima: información general

La criósfera en el sistema climático

El término criósfera se utiliza para referirse a todas las regiones de la Tierra en las que el agua está congelada, sobre o bajo la superficie terrestre y oceánica. La criósfera es uno de los cinco componentes del sistema climático (figura 3) y su estado es uno de los factores que determinan el clima mundial.

Error! Reference source not found. El agua desempeña un papel fundamental en la criósfera y afecta al clima de varias maneras cuando pasa de líquido (agua) a sólido (hielo) o viceversa. La congelación libera calor al entorno y la descongelación lo absorbe. El crecimiento del hielo marino retrasa el enfriamiento del Ártico cada invierno, y la fusión del hielo marino es responsable de un aumento gradual de la temperatura a medida que avanza el verano. El hielo marino es, por tanto, un regulador del clima.



Figura 1: Componentes del sistema climático (Fuente: ESA)

La ampliación del Ártico



Figura 3: Contraste de color entre el hielo marino y el océano abierto (Fuente: ESA)

El color del hielo marino contrasta fuertemente con el del océano abierto y esto también tiene un impacto en el clima. El hielo blanco y la nieve tienen un alto albedo (reflectividad) y el hielo marino puede reflejar hasta el 85% de la luz solar entrante, lo que significa que ya no está disponible para calentar nuestro planeta. La desaparición del hielo marino significa que la Tierra absorbe más energía del Sol y acelera el calentamiento global, haciendo que se derrita aún más hielo marino.

Este mecanismo de retroalimentación positiva se denomina amplificación del Ártico. El hielo marino también atrapa bolsas de aire, lo que lo convierte en un buen aislante. Al igual que la cubierta de una piscina o una manta, mantiene el mar por debajo más fresco que el agua expuesta y ésta es otra forma de reducir el calentamiento del Océano Ártico.

Circulación termohalina oceánica

Otro papel más complejo del hielo marino en el sistema climático está relacionado con el movimiento del agua alrededor del globo: la circulación termohalina oceánica. El agua de mar salada es más densa que el agua dulce. Cuando el agua de mar se congela, la sal permanece en el agua no congelada, lo que aumenta aún más su densidad. Esta agua más salada se hunde en el fondo del océano y pone en marcha la circulación a gran escala del agua fría del Ártico hacia los trópicos y del agua caliente de los trópicos hacia el Ártico.

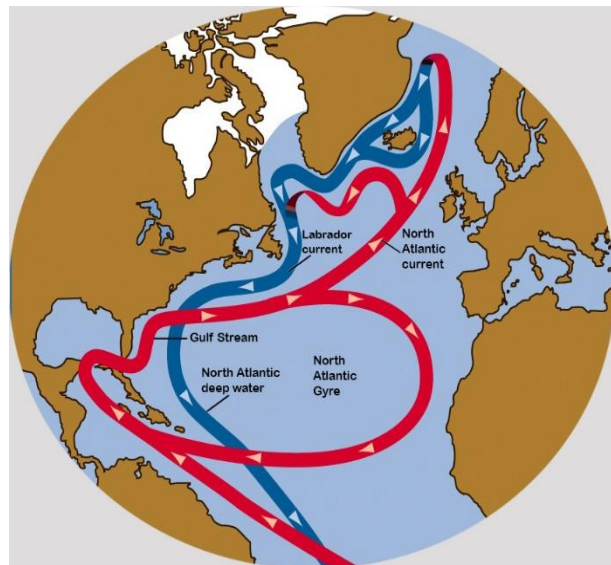


Figura 4: Circulación termohalina oceánica en el Océano Atlántico. Las líneas rojas indican el agua cálida, las azules representan el agua fría y las puntas de flecha muestran su dirección. (Fuente: ESA)

Variables Climáticas esenciales

Al describir el cambio climático, la mayoría de la gente habla del nivel de calentamiento global y es consciente de que muchos países están trabajando para mantenerlo por debajo de 1,5 °C y muy por debajo de 2,0 °C. Pero el panorama no es tan sencillo como sugieren estas cifras aparentemente bajas.

En primer lugar, una “media” de temperaturas oculta considerables diferencias regionales en el nivel de calentamiento y es probable que en el Ártico se produzcan aumentos de temperatura superiores a esa media.

En segundo lugar, al centrarse exclusivamente en la temperatura se ignoran los cambios relacionados con ella. La Organización Meteorológica Mundial (OMM, WMO en sus siglas en inglés) enumera 54 variables que dependen del clima de la Tierra y simultáneamente son capaces de describir el clima. Estas variables físicas, químicas o biológicas (o grupos de variables vinculadas) que pueden medirse de forma fiable se conocen como variables climáticas esenciales (VCE o ECV en inglés). El hielo marino es una de ellas debido a los numerosos procesos a través de los cuales afecta al sistema climático.

El Pasaje del Noroeste

El Paso del Noroeste es una ruta marítima que pasa entre Canadá continental y sus islas árticas para conectar los océanos Atlántico y Pacífico. Es más corta que los pasos meridionales sin hielo, pero rara vez ha sido navegable. La disminución del hielo marino del Ártico como consecuencia del calentamiento global puede permitir que la navegación utilice esta ruta con mayor regularidad, pero la liberación del paso noroeste es una señal preocupante de los cambios que afectan no sólo a la región del Ártico, sino al sistema climático de toda la Tierra.

Actividad 1: ¿ CON QUÉ RAPIDEZ SE FUNDE EL HIELO MARINO?

Esta actividad se introduce utilizando una breve historia del Paso del Noroeste para proporcionar un contexto para explorar el papel del hielo marino en el sistema climático. A continuación, se guía a los alumnos a través de un cálculo que utiliza la conservación de la energía, el concepto de albedo y el calor latente de fusión (explicando estos dos últimos) para desarrollar un modelo matemático que puedan utilizar para explorar la amplificación del Ártico.

Equipamiento

- Hoja informativa 1 (2 páginas)
- Hoja de trabajo del estudiante 1 (2 páginas)
- Aplicación web Climate from Space: Rompiendo el hielo (opcional)
- Calculadora o/y acceso a un programa de hojas de cálculo
- Papel cuadriculado

Ejercicio

1. Lea la ficha 1 en clase o pida a los alumnos que la lean en grupo. Es posible leerla de antemano para preparar la lección, anotando tres cosas que hayan descubierto en ella y al menos una pregunta que les gustaría formular. Si se lee o repasa en clase, se puede complementar el texto con material del relato Climate from Space aplicación web: Rompiendo el hielo. La mayoría de las páginas tienen imágenes impresionantes de la región, pero entre las imágenes más específicas que se pueden utilizar para apoyar la lectura se incluyen:
 - Diapositiva 2 – un grabado de una de las primeras expediciones
 - Diapositiva 3 – Posibles rutas marítimas polares y barcos modernos que atraviesan el hielo marino
 - Diapositiva 6 – Nuuk, la capital de Groenlandia
 - Diapositiva 7 – una impresión artística de CryoSat 2, la misión sobre el hielo de la ESA.
2. Pida a los alumnos que trabajen con la hoja de trabajo 1.1. Esta muestra como calcular a tasa de fusión del hielo marino a partir de principios básicos, guiando a los estudiantes mediante el cálculo en dos escenarios diferentes. El cálculo puede resumirse con la siguiente ecuación:

$$m_i = \frac{3600 \cdot P_{in}}{L_f} (1 - C\alpha_i + (1 - C)\alpha_w)$$

Variable o constante	Símbolo	Valor	Unidad
tasa de derretimiento del hielo marino	m_i	Incógnita a encontrar	$\text{kg m}^{-2} \text{hr}^{-1}$
concentración de hielo marino	C	variable	%
albedo del hielo marino	α_i	0.85	–
albedo de las aguas abiertas	α_w	0.07	–

calor latente de fusión del hielo marino	L_f	3.3×10^5	$J \text{ kg}^{-1}$
radiación solar entrante	P_{in}	variable	$W \text{ m}^{-2}$

- Pida a los alumnos que utilicen este método para investigar el efecto de los diferentes niveles de radiación solar entrante y/o de la concentración de hielo marino en la tasa de deshielo. Podrían trabajar en grupos para decidir los valores apropiados, o utilizar los sugeridos en la tabla de la hoja de trabajo del estudiante 1.2. Como la investigación implica cálculos repetitivos, los alumnos podrían distribuir los cálculos entre el grupo o crear una hoja de cálculo para realizarlos.
- Las preguntas de la hoja de trabajo del estudiante 1.2 proporcionan una estructura para la discusión de los resultados de la investigación.

Nota: El cálculo considera sólo la energía proporcionada por la luz solar y asume que toda la energía absorbida por el agua será transferida al hielo. Puede discutir la validez de estas suposiciones o explorar el efecto que tendrá su cambio en los resultados para introducir a los alumnos en como funciona un modelo matemático.

Respuestas a la hoja de trabajo y ejemplos de resultados

Hoja de trabajo del estudiante 1.1

- 1 080 000 J (1,08 MJ)
- 918 000 J
- 162 000 J
- 0,491 kg
- a. (i) $0,7$ or $\frac{7}{10}$ (ii) $0,3$ or $\frac{3}{10}$
- b. (i) 643 000 J (ii) 22 700 J
- c. 415 000 J
- d. $1,26 \text{ kg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$

Hoja de trabajo del estudiante 1.2

Radiación solar que llega a la superficie / $W \text{ m}^{-2}$	Tasa de fusión (derretimiento) / $\text{kg m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$			
	Concentración de hielo marino			
	100 %	70 %	40 %	10 %
300	0,491	1,26	2,02	2,79
200	0,327	0,838	1,35	1,86
100	0,164	0,419	0,674	0,929
10	0,0164	0,0419	0,0674	0,0929

- Junio
- La velocidad de fusión aumenta a medida que disminuye la concentración.

3. Véase la hoja informativa 1. Podría incluir una referencia a: la reducción de la reflectividad o la amplificación del Ártico o/y el bucle de retroalimentación; el aumento de la transferencia de energía entre el océano y la atmósfera; el cambio de la circulación oceánica, etc.

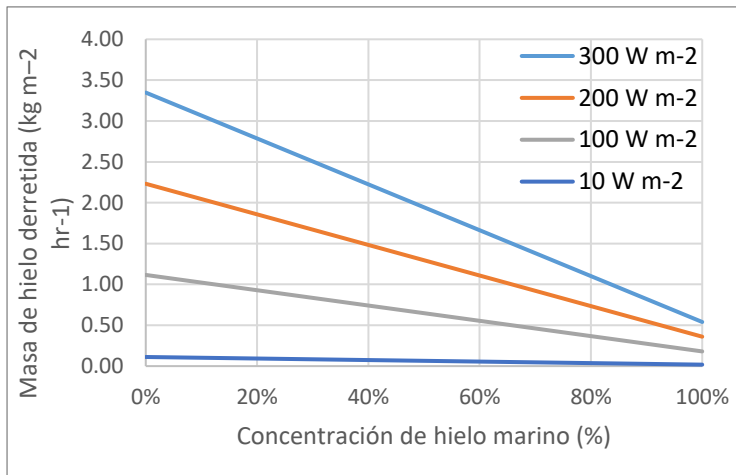


Figura 6: Tasa de deshielo frente a la concentración de hielo marino para diferentes niveles de radiación solar (Fuente: ESA CCI)

Actividad 2: TEMPERATURA DEL OCÉANO Y TASA DE DESHIELO

En esta actividad, los estudiantes exploran el efecto de las temperaturas cambiantes del océano en el derretimiento del hielo usando un teléfono inteligente o una tableta para modelar un satélite que monitorea el hielo marino. Las últimas partes de la actividad son abiertas, lo que brinda oportunidades para que evalúe las habilidades científicas y matemáticas básicas y descubra a los estudiantes más capaces mientras discuten lo que revela su investigación sobre las dificultades de recopilar datos climáticos fiables para modelar el cambio.

Equipamiento

Cada grupo necesitará:

- Un vaso de precipitados, una bandeja pequeña o un tazón
- Tres o cuatro cuentas o botones de diferentes colores
- Plastilina para fijar los marcadores en su lugar
- Al menos tres cubitos de hielo o bloques de un tamaño similar hechos de agua coloreada
- Vaso de precipitados o jarra
- Agua fría y caliente
- Un termómetro
- Teléfono inteligente o tableta con cámara
- Una pila de libros o un bloque de madera para sostener el teléfono o la tableta.
- Un reloj o cronómetro (el reloj de la clase será suficiente)
- Toallas para las manos mojadas y para secar cualquier derrame

Los estudiantes también necesitarán:

- Una copia de la hoja de trabajo del estudiante 2 (2 páginas) para cada estudiante
- Acceso a software de procesamiento de imágenes con el que estén familiarizados
- Impresora (opcional)
- Láminas de acetato impresas con cuadrícula (opcional)
- Papel cuadriculado (opcional)
- Papel de calco (opcional)

Nota: Si no se dispone de varios dispositivos, las partes prácticas de esta actividad se pueden realizar como demostración. La pantalla del teléfono podría mostrarse en una pantalla en tiempo real o mostrarse o imprimirse imágenes para su posterior análisis. (Consulte también Resultados de la muestra).

Preparación

Es una buena idea probar esta práctica de antemano para encontrar la mejor altura y posición del teléfono o cuánto tiempo tarda hielo que planea usar derretirse de manera notable en la clase usando agua a varias temperaturas. El uso de cubitos de hielo estándar en vasos de precipitados con agua brinda resultados rápidos, pero

las áreas pequeñas pueden ser difíciles de medir. Consulte Resultados de la muestra, a continuación, para obtener alguna indicación de los tiempos más probables.

Salud y seguridad

Asegúrese de que todo el equipo sea estable y no sobresalga del borde de las mesas.

Asegúrese de que haya material disponible para hacer frente a los derrames.

Ejercicio

1. La historia utilizada para presentar la actividad anterior mencionaba el uso de satélites para monitorear la extensión del hielo marino. Pida a los estudiantes que identifiquen cómo la configuración descrita en la Hoja de trabajo del estudiante 2 modela esta actividad. El cuenco de agua es el océano, el hielo representa el hielo marino, las cuentas son puntos de referencia del GPS (o cosas que permanecen en un lugar y se pueden ver fácilmente desde el espacio, como ciudades o promontorios), la cámara es el sensor del satélite. Tenga en cuenta que las mediciones son realizadas por satélites de observación de la Tierra en una órbita terrestre baja. Los satélites pasan sobre un área a intervalos regulares, por lo que tomar fotografías fijas de vez en cuando es un mejor modelo que grabar videos. (¡Las imágenes fijas también son más fáciles de analizar!)
2. La actividad anterior exploró el efecto de diferentes cantidades de luz solar en las tasas de fusión. Pero, ¿qué sucede si cambia la temperatura del océano? Los estudiantes sin duda plantearán la hipótesis de que el agua más caliente aumentará la tasa de derretimiento, pero ¿qué efecto tiene? Van a usar este modelo para explorar algunas de las dificultades a las que se enfrentan los científicos cuando intentan responder esta pregunta.
3. Pida a los estudiantes que recopilen datos siguiendo las instrucciones de la hoja de trabajo. No necesitan usar intervalos exactamente iguales ni registrar los tiempos, ya que pueden obtener estos datos del archivo de imagen. Si el tiempo es corto, puede pedirle a cada grupo que haga un solo conjunto de mediciones asignando diferentes temperaturas generales a diferentes grupos. El método pide a los estudiantes que tomen solo medidas iniciales y finales de la temperatura del agua y las usen para calcular un promedio. Hay varias suposiciones ocultas en esto que quizás desee discutir con estudiantes más capacitados y que podrían conducir a más investigaciones utilizando un sensor de temperatura conectado a un registrador de datos. Por el contrario, con los estudiantes menos capaces, es posible que desee simplemente describir la temperatura del agua y/o centrarse en el tiempo que tarda el bloque en derretirse en cada caso.

4. La segunda página de la hoja de trabajo les pide a los estudiantes que discutan cómo medir el área de hielo. Dado que el objetivo es hacer comparaciones, no importa qué unidades se utilicen siempre que sean las mismas en cada caso. Es posible que desee mostrar a los estudiantes menos capaces el equipo (o incluso las técnicas) que podrían usar, o desafiar a los más capaces a encontrar el área en cm^2 tomando medidas más precisas y escalando sus imágenes. (Si planea hacer esto, sería bueno que los estudiantes incluyan una regla en al menos una fotografía).

Los métodos posibles incluyen, pero no se limitan a:

- Imprimir imágenes y trazar el contorno del bloque de hielo en papel cuadriculado (o recortar la imagen del bloque de hielo y dibujar alrededor del recorte).
 - Uso de una hoja de acetato impresa con una cuadrícula como superposición en las imágenes impresas.
 - Crear una capa de cuadrícula transparente en un software de procesamiento de imágenes (p. ej., escaneando papel cuadriculado y luego eliminando el fondo) y superponiéndola en la fotografía.
 - Usar una herramienta de selección adecuada para delinear el bloque en el software de procesamiento de imágenes y anotar las dimensiones de la forma envolvente para calcular el área (alternativamente, el software puede mostrar la cantidad de píxeles cuadrados en un área cerrada).
5. La hoja de trabajo pide a los estudiantes que registren las áreas en una tabla adecuada, las muestren en un gráfico adecuado y describan el patrón que se muestra. Esto le brinda la oportunidad de evaluar las habilidades de manejo de datos contra los criterios locales apropiados y, nuevamente, brindar un nivel de apoyo que sea apropiado para la capacidad de cada grupo.
Los estudiantes que tienen dificultades para recopilar resultados o crear fotografías de igual tamaño pueden analizar los resultados de la muestra en las Hojas de información 2.1 a 2.3.
 6. Las preguntas de discusión al final de la hoja de trabajo piden a los estudiantes que relacionen su experiencia con el escenario de vida real que representa su modelo, consideren cómo el modelo simplifica el escenario de la vida real y sugieran factores adicionales que afectan la velocidad de fusión. También podrían pensar en cómo adaptar la investigación para obtener resultados numéricos precisos. La discusión puede llevar a los estudiantes a sugerir sus propias actividades de extensión.

Ejemplo de resultados

Los resultados de seis muestras del agua a tres temperaturas diferentes se ven en las hojas de información 2.1 a 2.3, y en la tabla se dan resultados adicionales.

Los discos de hielo utilizados se hicieron congelando agua coloreada en una bandeja para magdalenas y tenían aproximadamente 1 cm de grosor y 5 a 6 cm de diámetro.

La temperatura del entorno era de unos 18°C.

El recipiente contenía aproximadamente 300 cm³ de agua y tenía un diámetro de 21 cm, lo que significa que la escala de las fotografías en las hojas de información es de aproximadamente 1:3.

Tiempo / minutos	Area de hielo / cm ²			
	Calor (37.5°C)	Templado (24°C)	Fresco (14°C)	Frío (6°C)
0	20	24	25	26
1	18	21		
2	12	16		
3	7	13		
4	2	9		
5		7	17	
6		4		25
7		2		
10			13	
13				24
17			6	
20				20
24			3	
26				17
28			1	
30				14
37				11
41				9

Respuestas de las hojas de trabajo

Como se indicó anteriormente, las preguntas en la hoja de trabajo son muy abiertas.

Las notas a continuación brindan algunas indicaciones de las ideas que se les pueden ocurrir a los estudiantes y la información que usted puede desear utilizar para dirigir la discusión.

Análisis de resultados

La conclusión más obvia es que el hielo se derrite más rápidamente a temperaturas más cálidas. Anime a los estudiantes a mirar más de cerca sus resultados. ¿La tasa cambia con el tiempo? ¿Pueden calcular la tasa usando el gradiente de la gráfica?

Discusión

1. Las posibles dificultades se dividen en dos categorías principales: determinar el borde del bloque de hielo a partir de la fotografía (especialmente si es fácil ver diferentes bordes por encima y por debajo de la línea de flotación) y la resolución del método utilizado para determinar el área (tamaño de la cuadrícula, qué fracción de un cuadrado podría estimarse, capacidad para encerrar el área correcta, aproximaciones hechas de la forma para calcular el área).
2. Esta respuesta depende de la anterior. Los estudiantes pueden hacer referencia a las diferencias de color (el hielo sucio y los océanos grises pueden ser difíciles de distinguir) o notar que sería difícil "delinear" con precisión un área grande.
3. Los estudiantes pueden pensar en la cobertura de nubes, el tamaño del área involucrada, la fragmentación del hielo, etc.
4. La mayor parte del hielo está debajo de la superficie del agua, donde la temperatura puede ser diferente. Esto significa que necesitamos buenos modelos de cómo cambia la temperatura del mar con la profundidad. Si los estudiantes han tenido cuidado de no mover su equipo, es posible que puedan ver que el agua fría del hielo derretido se encuentra debajo del agua tibia (consulte las imágenes posteriores en la Hoja de información 2.1).
5. Los estudiantes pueden sugerir la cobertura de nubes, la temperatura del aire, el viento, la fragmentación del hielo, qué tan agitado está el mar, etc.
6. Las respuestas dependerán de los factores sugeridos.

Actividad 3: EL PASO DEL NOROESTE

En esta actividad, los estudiantes utilizan la aplicación web *Climate from Space* para explorar datos satelitales sobre la extensión del hielo marino y la temperatura de la superficie del mar y examinar las tendencias anuales y a largo plazo en el Paso del Noroeste y en toda la región ártica en general. Podría usarse para reforzar su comprensión de los procesos climáticos clave en el Ártico. Alternativamente, puede utilizarlo al comienzo de un tema sobre el cambio climático o el Ártico como una forma de hacer que los estudiantes compartan su conocimiento existente y sugieran preguntas para investigar.

Equipamiento

- Acceso a Internet
- Aplicación web *Climate from Space*
- Hoja de trabajo del estudiante 3
- Ficha informativa 3 (opcional)
- Bolígrafos o lápices de colores

Ejercicio

1. Muestre un mapa del Paso del Noroeste. Puede imprimir la Hoja de información 3 para que los estudiantes la usen o extraer la imagen para usarla en el software de presentación. Discuta por qué la gente ha intentado repetidamente encontrarlo y/o recorrerlo, y otras rutas polares, a lo largo de los siglos.
2. Pida a los estudiantes que usen la aplicación web *Climate from Space* para completar las preguntas 1 y 2 en la Hoja de trabajo del estudiante 3.1. La aplicación web se explica por sí misma, pero es posible que desee mostrar la capa de datos del hielo marino o demostrar los controles.
3. Discuta los resultados con la clase y pregunte por qué la pregunta 2 no pregunta si los datos prueban que la Tierra se está calentando. Si los estudiantes no completaron la Actividad 1, vale la pena señalar la diferencia entre las tendencias climáticas a largo plazo y la variabilidad natural. Esto podría llevar a los estudiantes a realizar investigaciones independientes sobre otros fenómenos que proporcionen evidencia del cambio climático, desde la experiencia vivida por sus abuelos hasta la frecuencia y gravedad de, por ejemplo, tormentas, sequías y olas de calor.
4. Dé a los estudiantes algo de tiempo para explorar la capa de datos de concentración de hielo marino y compararla con los datos de temperatura de la superficie del mar en la aplicación web *Climate from Space*. Tenga en cuenta que, aunque la animación no nos dice el área exacta cubierta por el hielo marino en un momento determinado, podemos ver cómo cambia durante el año y de un año al siguiente.
5. Pida a los estudiantes que usen la visualización para responder las preguntas 3 a 7 en las Hojas de trabajo del estudiante 3.1 y 3.2. Podrían trabajar

individualmente, en parejas o en pequeños grupos según el acceso a TI y la capacidad de la clase.

6. Si los alumnos han estado trabajando individualmente o en parejas, organícelos en pequeños grupos para discutir las preguntas al final de la Hoja de trabajo del estudiante 3.2. Esta es una actividad muy abierta, que le permite pedirles a los estudiantes que estructuren la discusión de una manera particular o/y que informen usando un método apropiado para la clase y dónde se encuentra en su secuencia de enseñanza. Por ejemplo:
 - Si los estudiantes han comenzado recientemente a estudiar el cambio climático, cada grupo podría hacer una lista de sus ideas indicando qué tan seguros están de cada declaración que hacen. También podrían agregar preguntas derivadas de los datos para investigar en futuras sesiones.
 - Si está utilizando esto cerca del final de una unidad, se podría pedir a los grupos o individuos que relacionen estas tendencias con su conocimiento existente sobre el cambio climático en un documento/póster que podría usarse para evaluar su aprendizaje.

Respuestas y ejemplos de resultados

Años libres de hielo

1.

Año	Libre de hielo?	Año	Libre de hielo?
2002	No	2009	No
2003	No	2010	Si
2004	No	2011	Si
2005	No	2012	Si
2006	No	2013	No
2007	Si	2014	No
2008	Casi	2015	Casi

2. Tres de los cuatro años en los que el Paso del Noroeste estuvo abierto han sido en la última década. Estos datos, por tanto, apoyan la idea de que el clima de la Tierra está cambiando.

Tendencia del hielo en el Ártico

3. a. marzo/abril b. Septiembre octubre
4. El aumento de la temperatura de la superficie del mar significa menos hielo.
5. Consulte la Figura 7 en la página siguiente.
6. Consulte la Figura 7 en la página siguiente.
7. **Hielo marino – similitudes:** los máximos y mínimos ocurren en los mismos meses cada año – hay un ciclo anual.

Hielo marino – diferencias: la extensión máxima en promedio es menor; hay un área más pequeña que siempre está congelada.

Las temperaturas de la superficie del mar – similitudes: los máximos y mínimos ocurren en las mismas épocas cada año (pero este ciclo anual es el opuesto al del hielo marino).

Las temperaturas de la superficie del mar – diferencias: las temperaturas máximas y mínimas son ambas más altas.

Los estudiantes pueden hacer referencia a áreas específicas en sus respuestas dependiendo de su conocimiento geográfico.

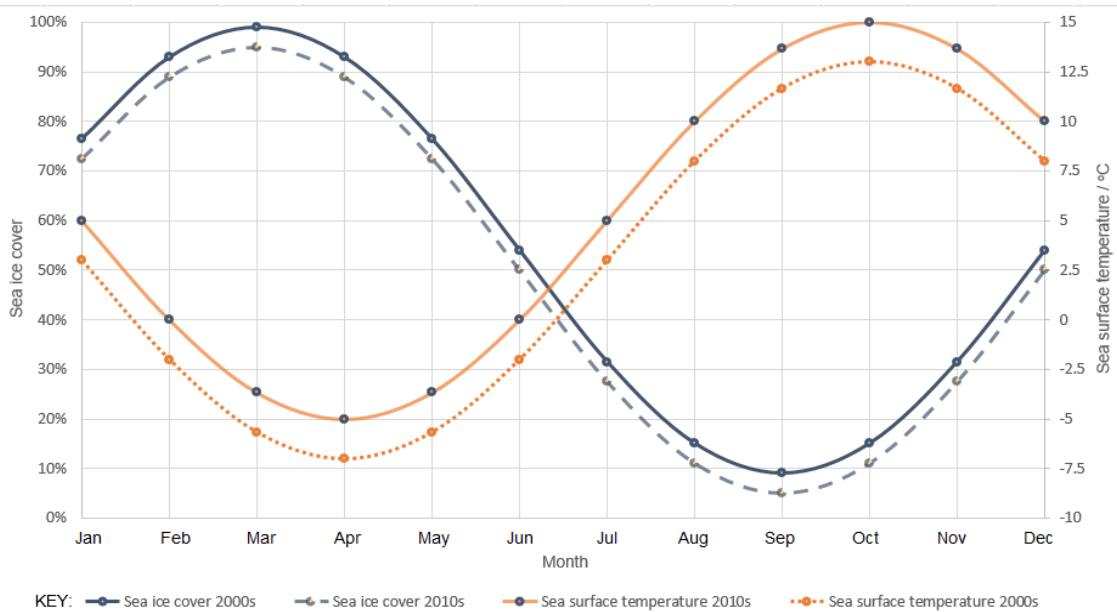


Figura 7: Ciclos estacionales de la extensión del hielo marino y de la temperatura de la superficie del mar (Fuente: ESA CCI)

Discusión

Las respuestas de los estudiantes a estas preguntas variarán dependiendo de cuándo se use esta actividad, cómo se estructura la discusión y los resultados esperados. Las notas a continuación tratan un par de asuntos que comúnmente surgen en la discusión.

8 a. Durante un año, la extensión máxima y mínima del hielo marino se observa cuando la temperatura comienza a aumentar y disminuir respectivamente: el Ártico necesita calentarse para que el hielo comience a derretirse y enfriarse para que el hielo comience a formarse. Podría explicar esto como un ejemplo a corto plazo del hielo que guarda un "recuerdo" del clima pasado, un atributo que se utiliza (a través de testigos de hielo) en estudios a más largo plazo.

b. Durante las últimas tres décadas, el cambio climático ha afectado la temperatura promedio de la atmósfera, pero gran parte del exceso de energía ha sido absorbido por los océanos. La región del Ártico es principalmente un océano cubierto de hielo marino, a diferencia de la Antártida, donde la mayor parte del hielo se encuentra en capas de hielo o glaciares en tierra y solo entra en contacto con el océano en los bordes del continente. Esta es una de las razones por las que el cambio ha sido más rápido en el Ártico.

9. Los científicos esperan que la velocidad a la que desaparece el hielo marino se acelere debido a la amplificación del Ártico (consulte la página 8).

Hoja de trabajo del estudiante 1: ¿CON QUÉ RAPIDEZ SE FUNDE EL HIELO MARINO?

El **calor latente específico de fusión** es la cantidad de energía que se necesita para fundir 1 kg de un sólido (sin cambiar la temperatura). En el caso del hielo marino, es de $330\,000\text{ J kg}^{-1}$. Podemos utilizar este dato junto con las ideas de la hoja informativa *Un pasaje se abre* para explorar los factores que afectan a la rapidez con la que se derrite el hielo marino.

Calcular las tasas de fusión

1. En un día claro de junio, cada metro cuadrado de la superficie de la Tierra en el Ártico recibe unos 300 W de radiación solar. ¿Cuánta energía será por hora? (PISTA: recuerda que $1\text{ W} = 1\text{ J s}^{-1}$.)

2. Aproximadamente el 85% de la radiación que incide sobre el hielo marino se refleja fuera de la superficie de la Tierra: decimos que tiene un **albedo** de 0,85. En un día claro de junio, ¿cuánta energía refleja un metro cuadrado de hielo marino en una hora?

3. ¿Cuánta energía queda para que el hielo la absorba?

4. ¿Qué masa de hielo puede fundir esta cantidad de energía? (PISTA: utiliza la información sobre el calor latente de fusión de la parte superior de la página).

Esta tasa de fusión se da en $\text{kg m}^{-2}\text{ hora}^{-1}$ en un día claro de junio cuando la concentración de hielo marino es del 100% (toda la superficie está cubierta por hielo).

5. Si la concentración de hielo marino es del 70%:

a. ¿Qué fracción de un metro cuadrado es (i) hielo? _____ (ii) de mar abierto?

b. ¿Qué parte de la energía solar que cae sobre cada metro cuadrado en una hora será reflejada ahora por:

(i) el hielo de ese metro cuadrado?

(PISTA: tu respuesta debe ser menor que tu respuesta a la P2).

(ii) el océano en ese metro cuadrado, dado que el albedo del océano es de 0,07?

c. ¿Cuánta energía absorbe el océano cuando la concentración de hielo marino es del 70%?

Si toda esta energía se transfiere al hielo, ¿cuál es la nueva tasa de fusión?

Explorar las tasas de fusión

Investiga cómo cambia la tasa de fusión:

- si cambia la cantidad de radiación que llega a la superficie (debido a la nubosidad o a una época del año diferente)
- si cambia la concentración de hielo marino.

Puedes mostrar tus resultados en un gráfico o/y resumirlos en una tabla como ésta.

Radiación solar que llega a la superficie / $W m^{-2}$	Tasa de fusión / $kg m^{-2} hora^{-1}$			
	Concentración de hielo marino			
	100 %	70 %	40 %	10 %
300	Respuesta a Q4	Respuesta a Q5d		
200				
100				
10				

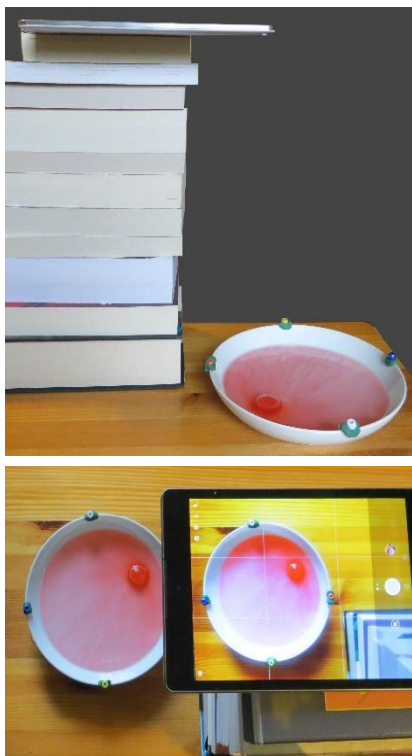
Utiliza tus resultados y la información del *Un pasaje se abre* para responder a estas preguntas:

1. 10, 100, 200 y 300 $W m^{-2}$ son los niveles de radiación solar típicos de la región ártica en marzo, abril, mayo y junio, respectivamente.
¿En qué mes es mayor la tasa de fusión del hielo marino?

2. Describe la relación entre la tasa de fusión del hielo marino y la concentración de hielo marino.

3. Explica con tus propias palabras por qué el hielo marino desempeña un papel vital en el sistema climático.

Hoja de trabajo del estudiante 2: TEMPERATURA DEL OCÉANO Y TASA DE DERRETIMIENTO DEL HIELO



Utilización de una tableta para controlar el deshielo. La imagen superior es una vista lateral, y la inferior es una vista de pájaro. (Fuente: ESA CCI)

Salud y seguridad

- Asegúrate de que tu equipo no sobresale del borde de la mesa.
- Limpia rápidamente cualquier derrame.
- No pruebes nada. Mantén las manos alejadas de la boca.

Qué necesitas

- Cuenco
- Tres o cuatro cuentas (de diferentes colores)
- Un poco de plastilina
- Un montón de libros
- Un smartphone o una tableta
- Un vaso de precipitados o una jarra
- Al menos tres cubos o bloques de hielo (guárdalos en el congelador hasta que los necesites)
- Un termómetro
- Un reloj o temporizador

Recogida de datos

1. Utiliza la plastilina para pegar las cuentas de manera uniforme alrededor del borde del cuenco. Estas actuarán como puntos de referencia si necesitas cambiar el tamaño de tus fotos.
2. Coloca el teléfono o la tableta encima de una pila de libros para que la cámara pueda ver todo el cuenco (ver imágenes).
3. Vierte un poco de agua en el cuenco y mide la temperatura del agua.
4. Introduce el bloque de hielo en el agua, comprueba el tiempo y haz una fotografía.
5. Toma otra fotografía cada cierto tiempo (tu profesor puede darte algún consejo al respecto). Procura no mover la cámara ni el cuenco entre una y otra fotografía.
6. Anota la temperatura del agua cuando hayas tomado la última fotografía.
7. Repite los pasos 3 a 6 al menos dos veces; utiliza agua a una temperatura diferente cada vez.

Número de serie				
Temperatura inicial del agua / °C				
Temperatura final del agua / °C				
Temperatura media del agua / °C				

Análisis de los resultados

1. Calcula la temperatura media del agua para cada recorrido del experimento.
2. Comprueba que todas las fotografías están a la misma escala utilizando un programa de tratamiento de imágenes para comprobar la distancia entre los puntos de referencia o el tamaño de un cuadrado dibujado alrededor del cuenco. Si alguna fotografía es demasiado grande o demasiado pequeña, cambia su tamaño para que coincida con las demás.
3. Tu siguiente tarea es medir el área del hielo en cada imagen. Discute las siguientes preguntas con tu grupo para ayudarte a decidir cómo hacerlo.
 - ¿Harás las mediciones a partir de la pantalla o de las copias impresas?
 - ¿Es la superficie del hielo en tus imágenes la misma que la superficie real del hielo?
Si no es así, ¿importa esto?
Si importa, ¿qué harás al respecto?
 - ¿En qué unidades medirás?
 - ¿Qué medidas tomarás para que tu medición sea lo más precisa posible?
4. Utiliza el método que hayas elegido para medir la superficie de hielo en cada imagen. Registra los resultados en una tabla adecuada y represéntalos en un gráfico apropiado.

Describe el patrón que muestra tu gráfico, dando todos los detalles que puedas.

Discusión

Discute las siguientes preguntas con tu grupo.

1. ¿Qué ha dificultado la obtención de una medida exacta del área en este modelo?

2. ¿Los científicos que utilizan datos satelitales también experimentarían estos problemas? ¿Por qué?
3. ¿Hay otras cosas que podrían dificultar la medición de los cambios en la superficie del hielo marino en la vida real?
4. Los satélites que miden la temperatura del océano desde el espacio registran la temperatura de la superficie. ¿Afecta esto a la facilidad con la que se relaciona la temperatura del océano con la rapidez con la que se derrite el hielo marino? ¿Por qué?
5. ¿Qué otros factores, además de los que ya has investigado (la intensidad de la luz, la superficie del hielo marino y la temperatura del océano), podrían afectar a la velocidad de fusión del hielo marino?
6. ¿Qué efecto esperas que tenga cada factor? ¿Por qué?

Si puedes, investiga una de tus ideas. Puedes crear un modelo matemático o físico, o investigar en Internet.

Hoja de trabajo del estudiante 3: EL PASAJE DEL NOROESTE

Abre la aplicación web Climate from Space (cfs.climate.esa.int).

Haz clic en el símbolo de las capas de datos (arriba a la derecha) y selecciona Hielo marino - Hemisferio norte.

Reproduce la animación varias veces para comprobar que comprendes cómo los controles de la pantalla te ayudan a observar más de cerca determinados lugares o momentos.

Años sin hielo

Ejecuta la animación lentamente, centrándose en la zona mostrada en el mapa.

La línea roja marca una posible ruta de navegación conocida como el Paso o Pasaje del Noroeste.



Fuente: Encyclopædia Britannica, Inc.)

1. Completa la tabla para mostrar los años en los que el Paso del Noroeste estuvo libre de hielo, permitiendo el paso de los barcos.

2. ¿La información de la tabla proporciona pruebas del cambio climático? Explica tu respuesta.

Año	Sin hielo?	Año	Sin hielo?
2002		2009	
2003		2010	
2004		2011	
2005		2012	
2006		2013	
2007		2014	
2008		2015	

Tendencias del hielo marino del Ártico

Vuelve a la aplicación web Climate from Space.

Haz clic en el símbolo de capas de datos, desplázate por la lista hasta la temperatura de la superficie del mar y haz clic en **COMPARE**.

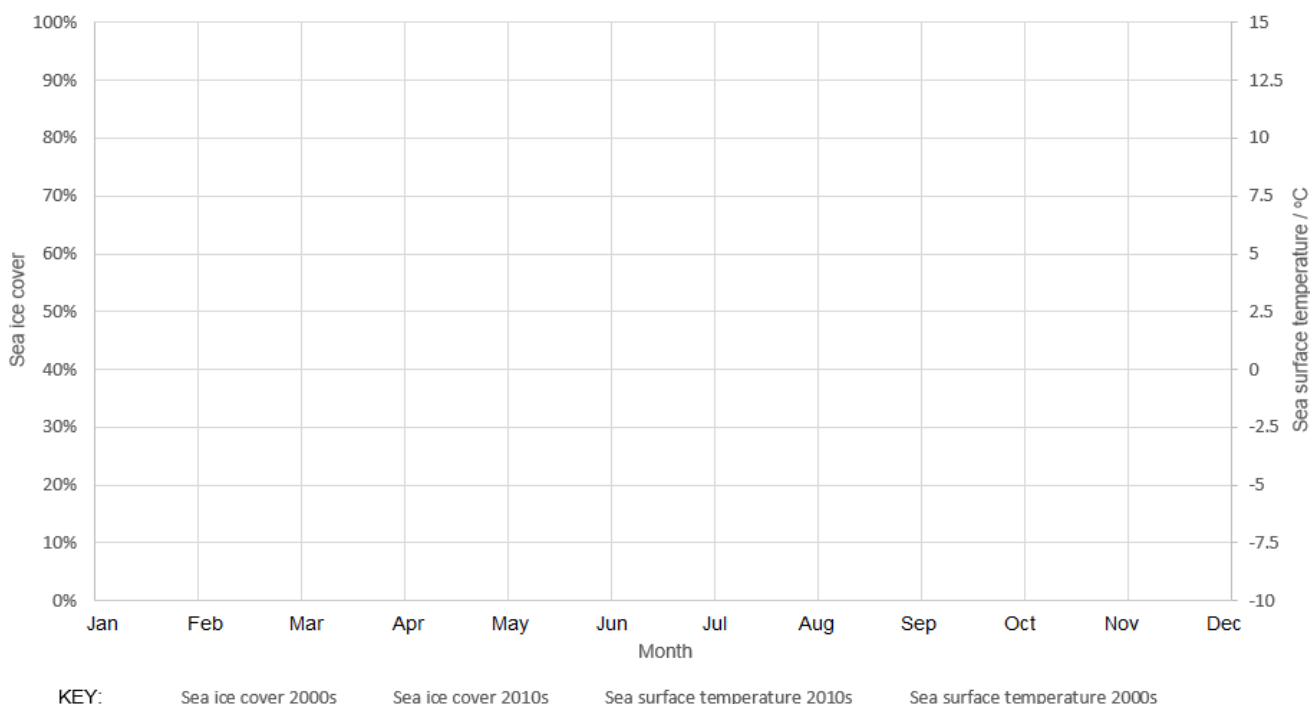
3. ¿En qué mes de cada año el hielo marino del Ártico:

a. cubre la mayor superficie? _____

b. Cubre el área más pequeña?

4. ¿Cómo se relaciona la extensión del hielo marino con la temperatura de la superficie del mar?

5. Reproduce los años 2000 a 2009 un poco más despacio. En los ejes de abajo:
- Traza una línea en azul para mostrar cómo cambia el porcentaje del océano cubierto por el hielo marino a lo largo de un año típico de esta década.
 - Dibuja una línea en rojo para mostrar cómo cambia la temperatura de la superficie del mar a lo largo de un año típico de esta década.
- No es necesario encontrar valores precisos, sólo mostrar el patrón general. Para la temperatura de la superficie del mar, puede ser útil centrarse en un área particular.



6. Ahora reproduce los años desde 2010 hasta el final de la visualización. Añade líneas al gráfico para mostrar cómo ha cambiado el porcentaje del océano cubierto por hielo marino y la temperatura de la superficie del mar en esos años. Utiliza dos colores diferentes y no olvides añadir la información en la clave ("KEY"). Las líneas pueden superponerse si el patrón es el mismo para todo el año o para algunas partes del mismo.

7. Describe las similitudes y las diferencias en el patrón de cada década.

Discusión

8. ¿Qué hace que la superficie de hielo marino cambie:
(a) a lo largo de un año? (b) ¿de una década a otra?
9. ¿Cómo podría cambiar el patrón en la próxima década o décadas?
Explica tu idea _____

Hoja de información 1: UN PASAJE SE ABRE

Durante siglos, los barcos que viajan entre Europa y Asia han tenido que rodear la tierra y el hielo que los separa. El llamado Paso del Noroeste, entre Canadá continental y sus islas árticas, sería una ruta marítima más corta pero, durante la mayor parte de la historia registrada, resultó impenetrable, encerrado firmemente en las garras de un mar congelado. El hielo derrotó a muchos, incluida la Marina Real. La expedición de Sir John Franklin de 1845 se perdió. Dieciocho grupos de búsqueda enviados durante los treinta años siguientes no lograron encontrar ningún rastro de él, de sus dos barcos o de su tripulación de 130 personas. En 1906, Roald Amundsen se convirtió en la primera persona en atravesar el Paso del Noroeste, tras un viaje de tres años en un pequeño barco.

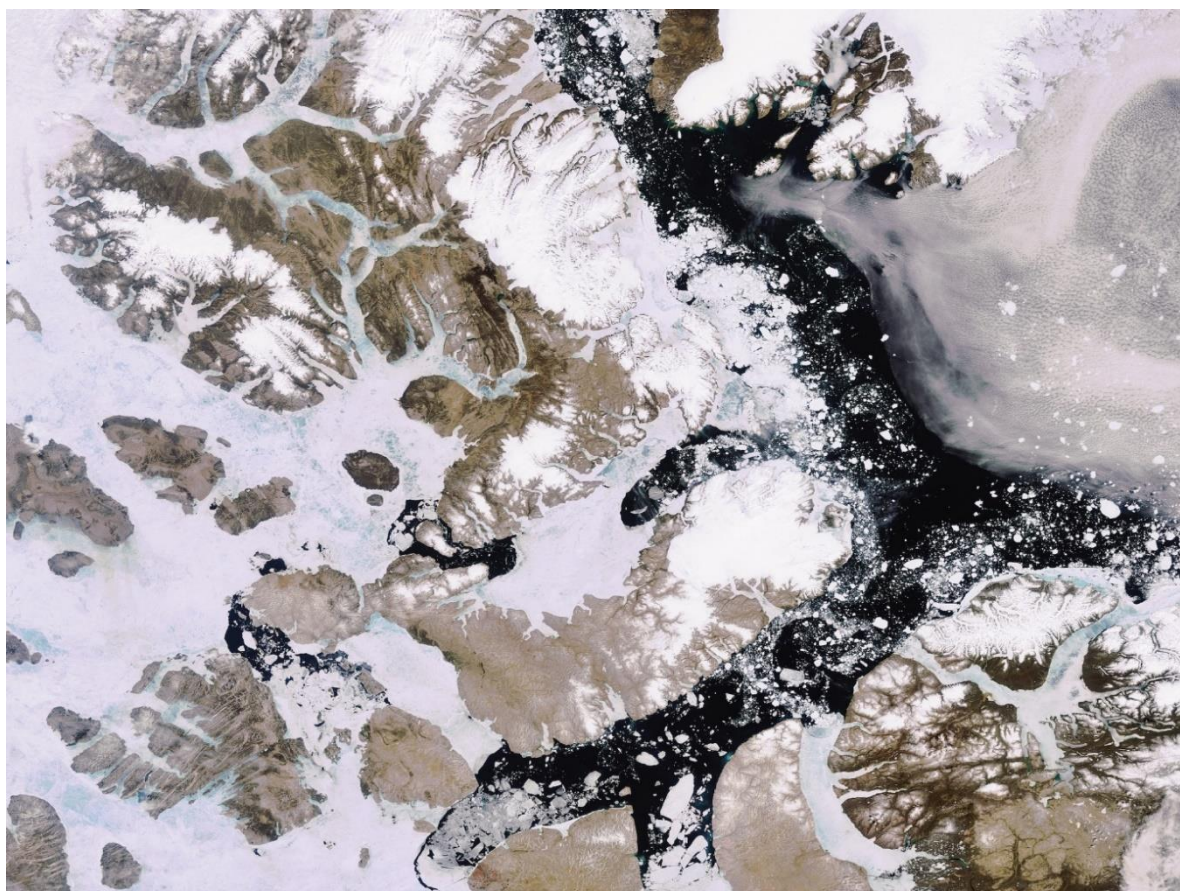


Figura 5: Una imagen de satélite del hielo marino de verano en el Ártico. El estrecho canal entre Canadá continental y sus islas árticas suele ser intransitable. En esta imagen, el estrecho de Lancaster (abajo en el centro) está abierto, pero el hielo sigue bloqueando el canal Parry al oeste. (Fuente: ESA).

En el siglo siguiente, sólo unos pocos barcos más hicieron el viaje, con la ayuda de rompehielos. Pero, al mismo tiempo, el hielo marino del Ártico empezó a derretirse. Las imágenes de satélite muestran que el paso se abrió por primera vez en 2007, décadas antes de que los modelos climáticos lo predijeran. Aunque la apertura del Paso del Noroeste puede agilizar el transporte de mercancías de Asia a Europa, es un hito muy preocupante tanto para el Ártico como para nuestro planeta en su conjunto.

Amplificación ártica

¿Por qué? El paso se ha abierto porque la temperatura general de la Tierra está subiendo. Y las temperaturas en el Ártico están subiendo dos o tres veces más rápido que el promedio mundial.

El hielo blanco refleja mucha luz solar, al igual que la ropa de color claro que mucha gente prefiere llevar en verano. Cuando el hielo marino se derrite, el agua del océano queda al descubierto. El mar más oscuro absorbe más luz solar, por lo que el agua se calienta. El agua más caliente derrite más hielo marino, y así el ciclo vuelve a empezar. Esto se conoce como amplificación del Ártico y es un ejemplo de bucle de retroalimentación positiva.

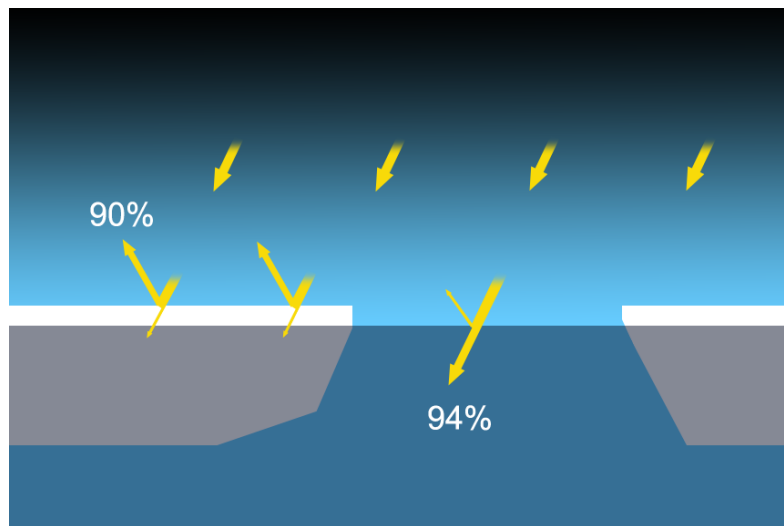


Figura 6: El hielo refleja alrededor del 90% de la radiación solar entrante, mientras que las aguas abiertas absorben alrededor del 94% (Fuente: ESA)

El uso del Paso del Noroeste como ruta marítima puede empeorar aún más la situación. Los gases de escape de los barcos envían hollín y contaminantes químicos al aire del Ártico. Cuando el hollín caiga sobre el hielo marino, la superficie oscurecida absorberá más luz solar y acelerará el deshielo en verano. Como ahora se congela menos mar cada invierno, la cantidad de hielo marino ya es cada vez menor de año en año.

Hielo marino y el clima

El hielo marino también mantiene el agua debajo de él más caliente que el aire frío de arriba, del mismo modo que los iglús proporcionan aislamiento para mantener caliente al pueblo inuit. Al derretirse el hielo marino, la capa aislante desaparece y el calor del océano se transfiere a la atmósfera. El propio hielo derretido es agua dulce que diluye el océano que lo rodea y afecta a los patrones de circulación que se rigen en parte por las diferencias de densidad (salinidad) del agua del mar. Así pues, el efecto del deshielo del mar sobre la atmósfera y el océano es complejo.

El hielo marino no sólo muestra cómo está cambiando el clima de la Tierra, sino que también desempeña un papel importante en la regulación de ese clima. Las cosas que hacen esto, y que podemos seguir de forma fiable, se llaman variables climáticas esenciales (VCE). Una de las técnicas que utilizan los científicos para seguir de cerca las VCE es el uso de satélites. Los instrumentos de radar de algunos satélites pueden "ver a través" de las nubes para medir la extensión y el grosor del hielo marino. Sus datos muestran que la superficie de hielo en el Ártico se ha reducido un 40% en las últimas cuatro décadas.

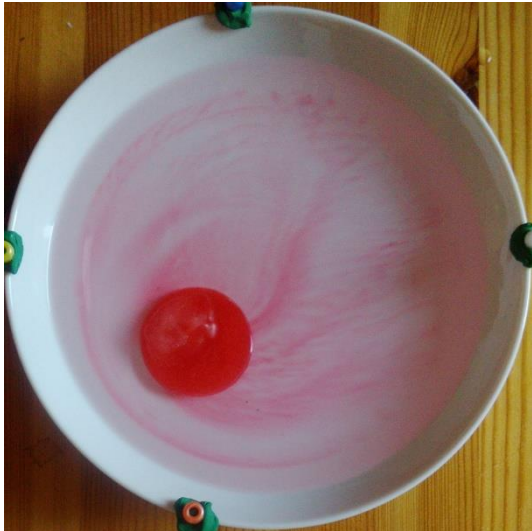
Hoja de información 2.1: DERRETIMIENTO DE HIELO – Agua templada



0 minutos



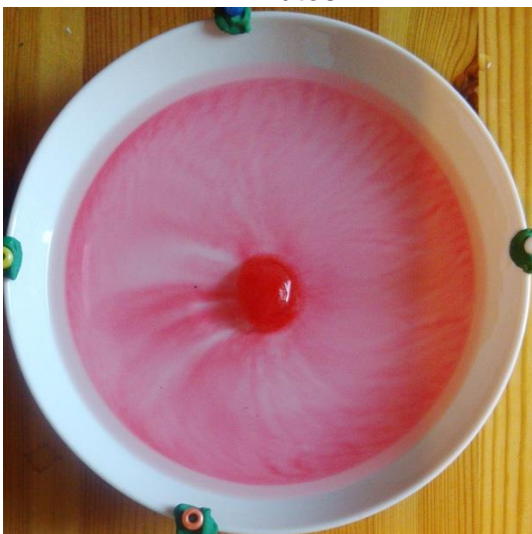
1 minuto



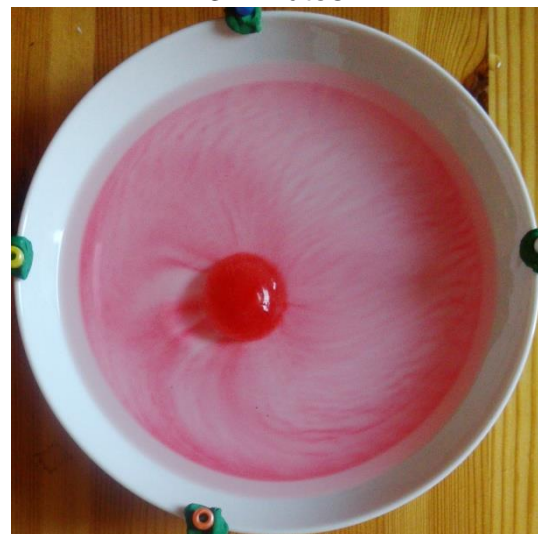
2 minutos



3 minutos



4 minutos



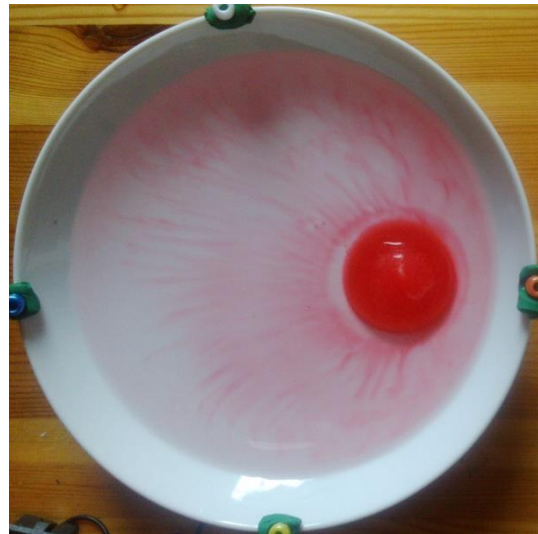
5 minutos

(Fuente: ESA CCI)

Hoja de información 2.2: DERRETIMIENTO DE HIELO – Agua fresca



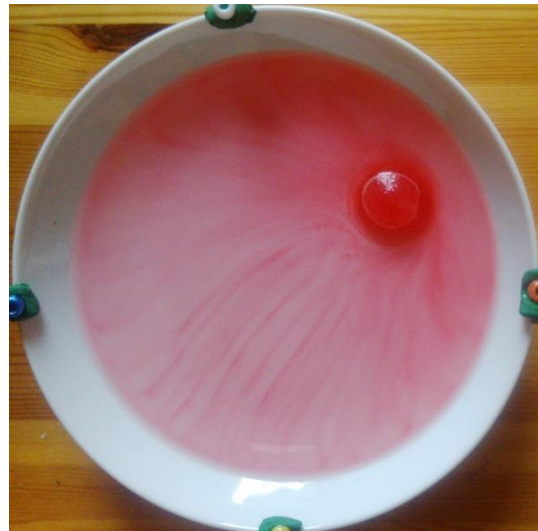
0 minutos



5 minutos



10 minutos



17 minutos



24 minutos



28 minutos

(Fuente: ESA CCI)

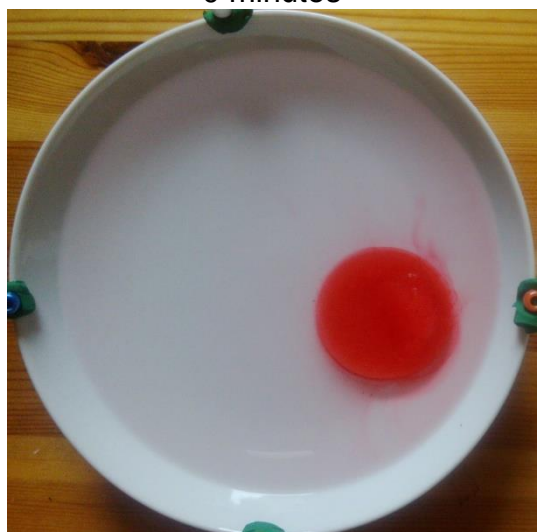
Hoja de información 2.3: DERRETIMIENTO DE HIELO – Agua fría



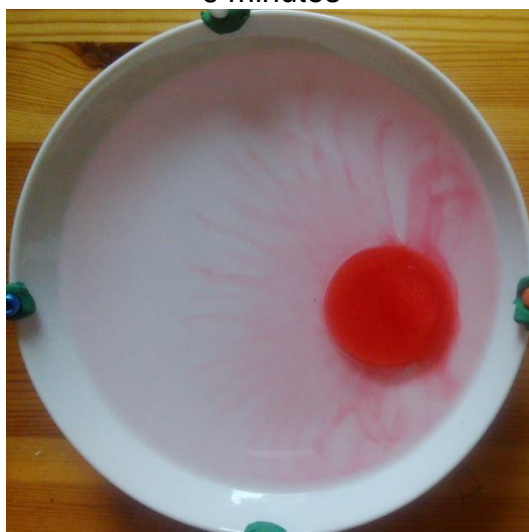
0 minutos



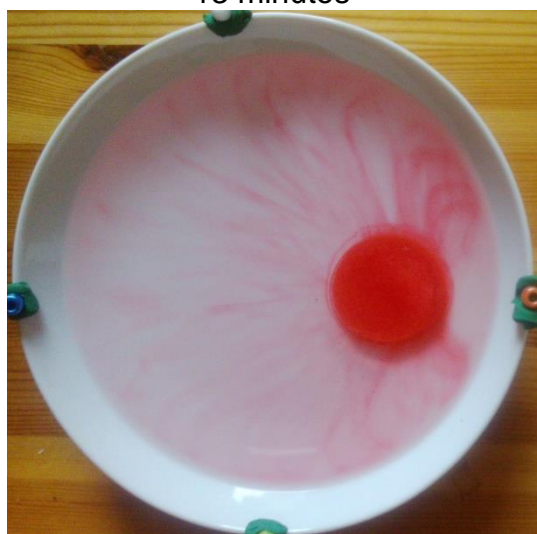
6 minutos



13 minutos



20 minutos



26 minutos



30 minutos

(Fuente: ESA CCI)

Hoja de información 3: EL PASO DEL NOROESTE



Figura 7: Enciclopedia británica

Enlaces

Recursos de ESA

Aplicación web Climate from Space

<https://cfs.climate.esa.int>

Clima para escuelas

<https://climate.esa.int/es/educate/climate-for-schools/>

Enseña con espacio

http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

Hielo marino desde el Espacio

[esa.int/Education/Teachers_Corner/Sea_ice_from_space_-_Investigating_Arctic_sea_ice_and_its_connection_to_climate TEACH WITH SPACE G04](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Sea_ice_from_space_-_Investigating_Arctic_sea_ice_and_its_connection_to_climate_TEACH_WITH_SPACE_G04)

ESA proyectos espaciales

ESA Oficina climática

<https://climate.esa.int/>

Espacio para nuestro clima

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate

Misiones de Observación de la Tierra de ESA

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Exploradores de la Tierra

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Copernicus Sentinels

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

Envisat

[esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Envisat](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Envisat)

Información adicional

Groenlandia y la Antártida pierden hielo seis veces más rápido de lo esperado

[esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Greenland_and_Antarctica_losing_ice_six_times_faster_than_expected](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Greenland_and_Antarctica_losing_ice_six_times_faster_than_expected)

Videos de la Tierra desde el Espacio

http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme

ESA Niños

https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change

Apéndice: ¿LO SABÍAS?

Una selección de datos interesantes relacionados con el tema que se puede utilizar de diversas maneras. Podría introducir una lección con uno de ellos, poner ideas en tarjetas para añadirlas a las exposiciones de los trabajos del estudiante, elegir un punto como iniciador de un debate, utilizar los enunciados en una prueba de verdadero/falso...

- El Paso del Noroeste es unos 1900 km más corto que la ruta a través del Canal de Panamá.
- La nieve recién caída puede tener un albedo de hasta 0,85. Esto disminuye a medida que la nieve se hace más vieja y se convierte en cristales de hielo.
- El hielo flota porque es menos denso que el agua. Esto es inusual porque la mayoría de las sustancias sólidas son más densas que cuando son líquidas.
- La concentración de hielo marino se puede medir con instrumentos satelitales que detectan radiación de microondas.
- Una flota de satélites microondas capaces de medir la concentración de hielo marino ha estado operativa durante más de cuatro décadas.
- Muchos satélites de observación de la Tierra se encuentran en órbitas que les impiden realizar mediciones directamente sobre el Polo Norte o el Polo Sur, aunque pueden "ver" cualquier otro lugar de la Tierra.