



SPACE

awareness

LA GRAN FUSIÓN

Descubre cómo la fusión del hielo contribuye al aumento
del nivel de los océanos

Markus Nielbock, Space Awareness



Tema del plan de estudio

Océanos, cambio climático

La gran idea de la ciencia

La Tierra es un sistema de sistemas que influye y es influenciado por la vida en el planeta

Palabras clave

Nivel de los océanos, Ártico, Antártico, glaciares, hielo, agua, océanos, altimetría, teledetección, cambio climático, calentamiento global, flotabilidad, Arquímedes

Edades

8 - 14

Nivel del sistema educativo

Escuela Primaria y Secundaria, Bachillerato

Tiempo

45min

Tamaño del grupo

Grupo

Supervisión de seguridad

Sin supervisión

Gasto

Medio (5 - 25 EUR)

Ubicación

Interior (habitación pequeña, por ejemplo una clase)

Competencias básicas

Formulación de preguntas, desarrollo y uso de modelos, planificación y desarrollo de investigaciones, análisis e interpretación de datos, elaboración de explicaciones, favorecer la argumentación basada en evidencias, comunicación de la información

Tipo de actividad de aprendizaje

Indagación total

BREVE DESCRIPCIÓN

Con la ayuda de un modelo simple (consistente en un bol, un soporte, agua y hielo) se puede demostrar la diferencia conceptual entre el Ártico y la Antártida, y el impacto de la fusión de sus masas de hielo.

OBJETIVOS

Los estudiantes entenderán la diferencia entre la fusión del hielo sobre tierra y del hielo flotante y su efecto sobre el nivel global de los océanos.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Los alumnos deberán

- Trasladar los conceptos básicos del Principio de Arquímedes a aplicaciones relevantes en la Tierra
- Entender la diferencia entre la estructura del Ártico y la de la Antártida.
- Trasladar los resultados de experimentos basados en modelos simples a los procesos en la Naturaleza.

EVALUACIÓN

Los estudiantes deberán dar una explicación con sus propias palabras del fenómeno observado. Si los conceptos básicos necesarios de física no han sido explicados aún, los estudiantes todavía podrán explicar el fenómeno.

Pregunta 1: El hielo se funde cuando se calienta o añade sal.

Importante: comenta a los estudiantes que el agua del mar se congela a temperaturas menores que el agua dulce.

Pregunta 2: Glaciares, regiones polares, alta montaña, lagos durante el invierno

Pregunta 3: Aumento del nivel del mar, porque el hielo se transforma en agua.

Pregunta 4: Retroceden.

Pregunta 5: El modelo representan las masas de hielo que se encuentran en tierra, como las que se pueden hallar en montañas de Groenlandia o la Antártida (polo sur).

Tarea 1: El hielo se funde lentamente y fluye por el bol.

Pregunta 6: El nivel del agua aumenta.

Pregunta 7: El segundo modelo representa las masas de hielo del océano Artico flotando en el agua o icebergs.

Tarea 2: El hielo se funde y parece desaparecer.

Pregunta 8: El nivel de agua no cambia

Pregunta 9: Sólo el hielo continental contribuye a la subida del nivel del mar. El hielo que flota no contribuye porque la porción sumergida del hielo desplaza tanta agua como la que se va a añadir si se funde completamente.

MATERIALES

Estos son los materiales necesarios para realizar una vez la actividad. Si se realiza más de una vez, multiplicar el material por el número de experimentos a realizar en paralelo.

- Bol grande y transparente
- Hielo
- Piedra grande o algo similar que sirva de plataforma (aproximadamente de la mitad del tamaño del bol)
- Agua
- Rotulador permanente
- Lámpara potente

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Altimetría de la superficie del mar

Una de las consecuencias más importantes del cambio climático que se está produciendo en la Tierra, es el aumento de los niveles de los océanos lo que pone en peligro muchas áreas costeras. La monitorización de los niveles del mar era una tarea difícil hasta hace unas décadas. Sólo podía hacerse por medidas directas y sondas en mar abierto. Con el advenimiento de la observación por satélite y misiones de altimetría por radar, se puede monitorizar los niveles del mar de forma eficiente y efectiva. Mientras las medidas realizadas in situ proveen sólo una perspectiva local de una sola sonda y la creación de una red global resulta un proceso lento, la observación por satélite permite observar el planeta entero de forma repetida y con la misma resolución espacial.

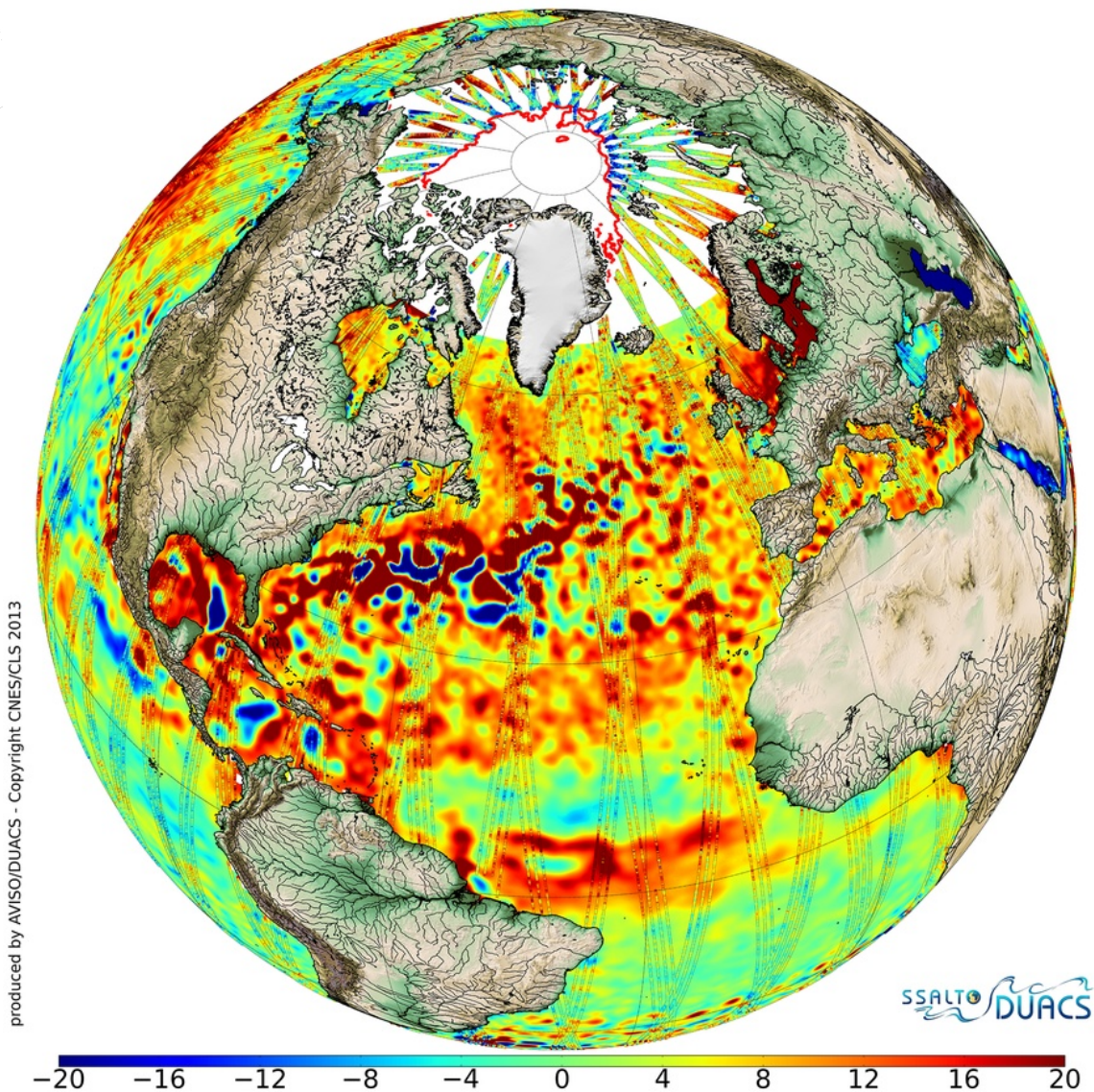


Figura 1: Topografía media de la superficie del mar en 2013 como aparece en el mapa del CryoSat combinado con los datos de otras misiones. En rojo se representan los niveles de mar altos (20 mm por encima de la media) en azul claro las áreas con niveles más bajos (por debajo de 20 mm). Las perturbaciones que se ven en el océano del Atlántico norte están causadas por la Corriente del Golfo (Créditos: ESA/CNES/CLS, http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/06/2013_sea-surface_topography).

Los satélites conocidos que pueden realizar altimetrías son, por ejemplo, el CryoSat y el Jason 2/3. La incorporación más reciente es Sentinel 3, un buque insignia de programa europeo de observación de la Tierra Copernicus que ofrece una resolución espacial sin precedentes.

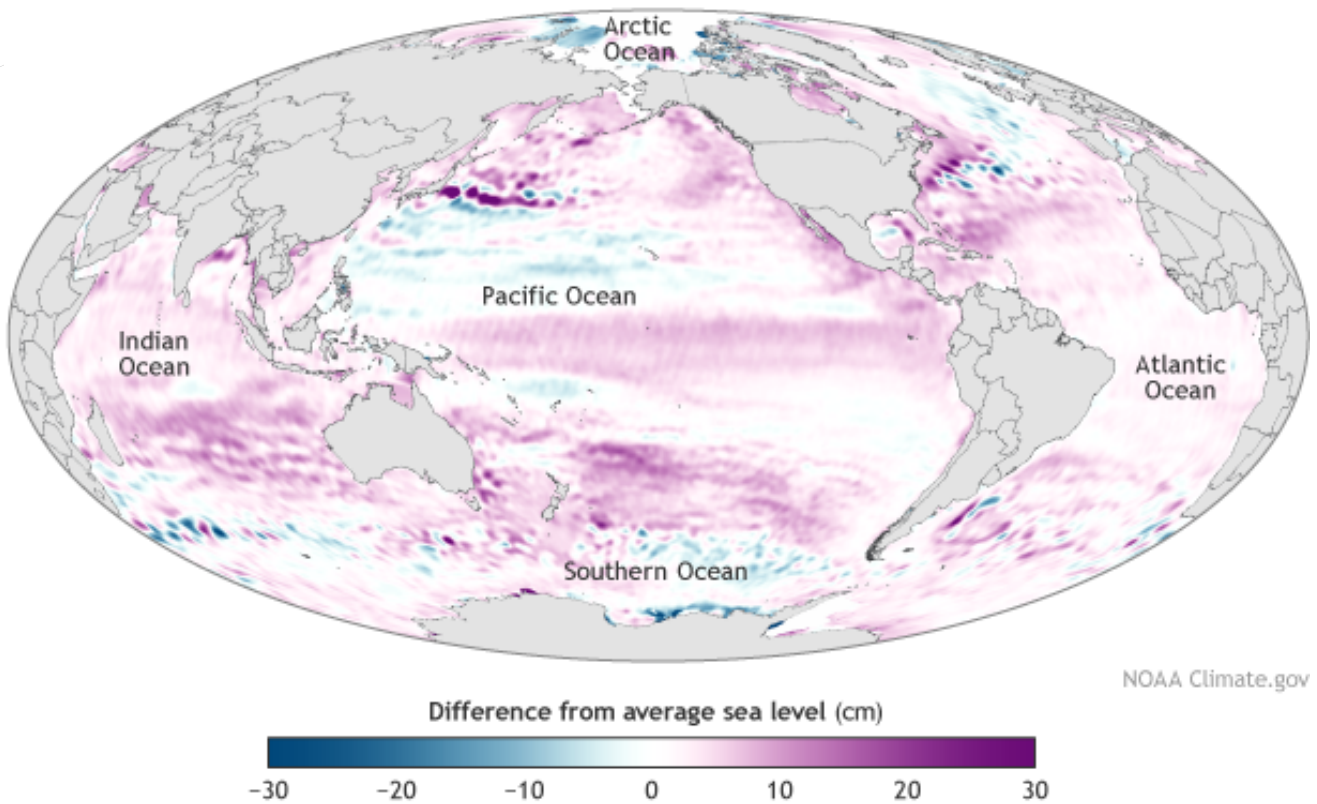
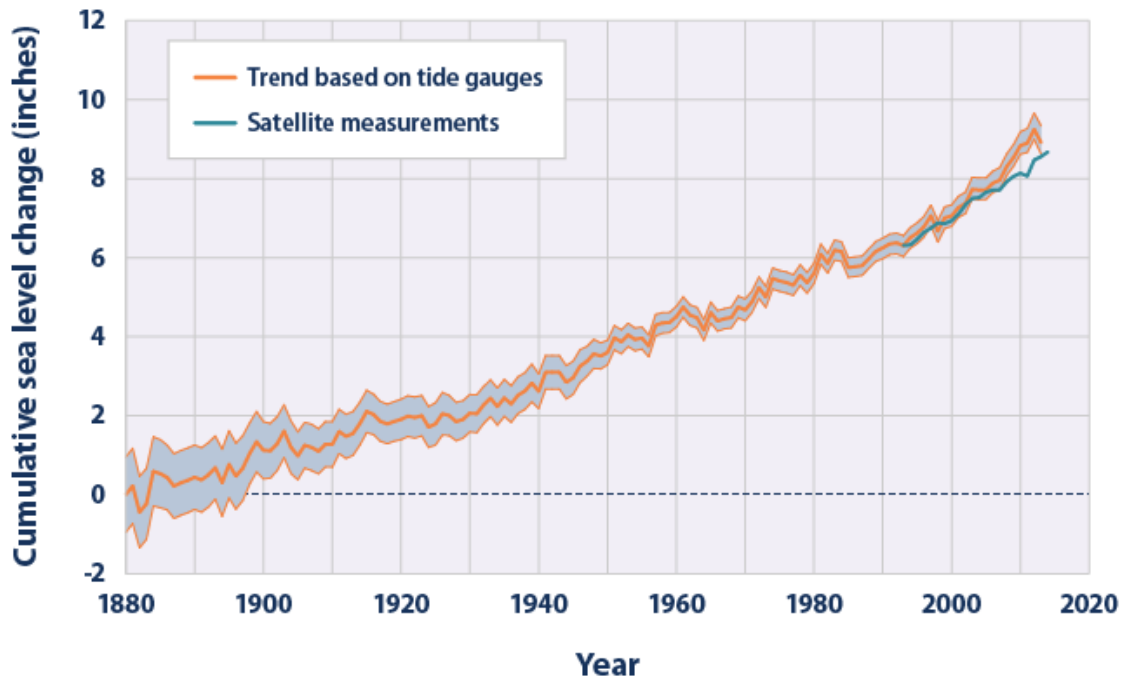


Figura 2: Los niveles del mar en 2014 en comparación con el nivel global medio durante la serie temporal de 1993-2013 (Créditos: NOAA Climate.gov map, adaptada de la figura 3.25a en State of the Climate en el informe 2014, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/2014-state-climate-sea-level>).

La crecida de los océanos

Cuando combinamos los datos adquiridos en diferentes épocas, se puede extraer una tendencia general de la evolución del nivel del mar. Analizando los datos es obvio que los niveles del mar han estado subiendo durante la última centuria y media (Figura 3).

Global Average Absolute Sea Level Change, 1880–2014



Data sources:

- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). 2015 update to data originally published in: Church, J.A., and N.J. White. 2011. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surv. Geophys.* 32:585–602. www.cmar.csiro.au/sealevel/sl_data_cmar.html.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2015. Laboratory for Satellite Altimetry: Sea level rise. Accessed June 2015. http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/SeaLevelRise/LSA_SLR_timeseries_global.php.

For more information, visit U.S. EPA's "Climate Change Indicators in the United States" at www.epa.gov/climatechange/indicators.

Figura 3: Este gráfico muestra los cambios acumulados en el nivel del mar para los océanos del mundo desde 1880, basados en una combinación de mediciones a largo plazo de las mareas y medidas recientes de satélite. La figura muestra la media absoluta del cambio del nivel del mar en pulgadas (1 pulgada = 25.4mm), que se refiere a la altura de la superficie oceánica independientemente de si la tierra cercana se eleva o se hunde. Los datos de satélite se basan únicamente en la medida del nivel del mar, mientras que los de mareas a largo plazo incluyen un pequeño factor de corrección debido a que el tamaño y la forma de los océanos han cambiado lentamente con el tiempo. (De media, el fondo de los océanos se ha ido hundiendo gradualmente desde el último pico de la Edad de Hielo hace 20.000 años). La banda sombreada muestra el rango de valores con mayor probabilidad, basado en el número de medidas recogidas y la precisión de los métodos utilizados (Créditos: United States Environmental Protection Agency, <https://www3.epa.gov/climatechange/science/indicators/oceans/sea-level.html>).

En resumen, los resultados científicos muestran que desde 1993 hasta 2014 el nivel de los océanos ha ido aumentando a un ritmo de más de (2.9 ± 0.4) mm por año. Esto resulta en 6 cm en 20 años. Y el ritmo parece seguir incrementándose.

Hielo marino y hielo terrestre

Al contrario que en el Ártico, donde el hielo simplemente flota en el océano Ártico, la mayor parte de la masa de hielo de la Antártida se encuentra sobre tierra. Según el Principio de Arquímedes, las masas de hielo flotante del ártico desplazan agua correspondiente a su propio peso, por lo que este hielo derretido no influye en el nivel del mar. Por otra parte, el hielo derretido de lugares como Groenlandia y la Antártida contribuyen al aumento del nivel de los océanos. Los satélites de radar de altimetría como CryoSat-2 ayudan a monitorizar el grosor del hielo, tanto el flotante como en situado sobre tierra. (Figura 4).

Arctic sea-ice thickness Jan-Feb 2011

■ Extent of multi-year ice
Ice thickness, in metres

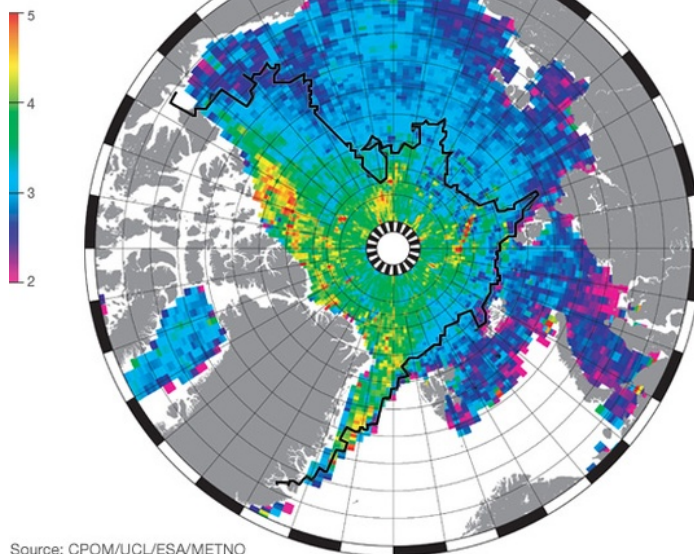


Figura 4: Mapa de código de colores de altitud de la cobertura de hielo del hielo ártico basada en medidas del satélite CryoSat-2 (Créditos: BBC News, 21. Juni 2011, <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-13829785>; CPOM/UCL/ESA, http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2011/06/Arctic_sea-ice_thickness).

El Principio de Arquímedes

Arquímedes de Siracusa, probablemente el mayor matemático y científico de la antigüedad, descubrió el principio de flotabilidad que recibió su nombre. En pocas palabras expresa que un cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje igual al peso del fluido que desplaza.

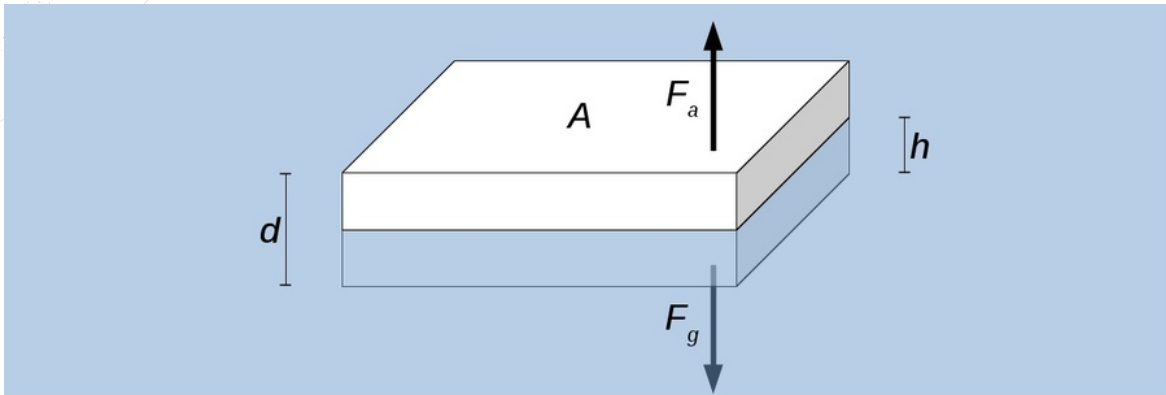


Figura 5: Un dibujo que ilustra los parámetros clave de un cuerpo que flota en equilibrio entre su peso y la fuerza de empuje, que es igual al peso del líquido desplazado (imagen propia).

Si, por ejemplo, se quiere calcular la relación de la profundidad del hielo inmerso en el agua, se tiene que:

$$F_g = F_a$$

Con:

$$F_g = m_{\text{ice}} \cdot g$$

$$F_a = m_w \cdot g$$

Donde, m_{ice} y m_w representan la masa de hielo y del agua desplazada respectivamente. El hielo tiene un grosor d , un área A y se sumerge a una profundidad h . De eso se pueden deducir los volúmenes de hielo $V_{\text{ice}} = A \cdot d$ y del agua desplazada $V_w = A \cdot h$. Esto nos lleva a:

$$m_{\text{ice}} = m_w \Leftrightarrow \rho_{\text{ice}} V_{\text{ice}} = \rho_w V_w \Leftrightarrow \rho_{\text{ice}} \cdot A \cdot d = \rho_w \cdot A \cdot h \Leftrightarrow \rho_{\text{ice}} d = \rho_w h$$

$$\Rightarrow \frac{h}{d} = \frac{\rho_{\text{ice}}}{\rho_w}$$

Incluso el hielo del mar congelado es prácticamente agua dulce y casi libre de sal. Por lo tanto, aplicamos la densidad normal del agua. El agua líquida contiene una media de 3.5% de sal, lo cual incrementa su densidad a $\rho_w \approx 1020 \text{kg/m}^3$.

$$\Rightarrow \frac{h}{d} = \frac{920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.9$$

Esto significa que el 90% del hielo está por debajo de la superficie del mar.

DESCRIPCIÓN COMPLETA DE LA ACTIVIDAD

Introducción

El aumento del nivel de los océanos debido al calentamiento global es un tema que nos concierne a todos y por el que cada uno debe ejercer su responsabilidad de cara a las futuras generaciones. El siguiente experimento ilustra una de las mayores contribuciones, la fusión del hielo.

Pregunta 1: ¿Cómo se funde el hielo?

Pregunta 2: ¿En qué lugar de la Tierra se puede encontrar hielo?

Pregunta 3: Imagina que todo el hielo se funde ¿qué ocurriría con el nivel del agua?

Pregunta 4: ¿Qué ocurrirá con las áreas costeras de la Tierra cuando los niveles del mar aumenten?

Montaje del experimento 1

1. Se coloca la piedra o la plataforma en el bol.
2. El bol se llena con agua de forma que la plataforma quede por encima del nivel del agua.
3. El nivel del agua se marca en el bol con un rotulador permanente.
4. La lámpara se posiciona de forma que ilumine el bol.



Figura 6: Montaje experimental. Se usa un vaso de plastico como plataforma para el hielo (imagen propia)

Pregunta 5: En nuestro modelo hay una piedra con su parte superior sobresaliendo del agua y cubierta con hielo. ¿Cuál sería su correspondencia en la Tierra?

Procedimiento experimental Parte 1

1. El hielo se pone en la plataforma y se enciende la lámpara.
2. Espera a que el hielo se funda.

Tarea 1: Escribe lo que se observas durante la primera parte del experimento. Presta atención al nivel del agua.

Pregunta 6: ¿Qué ocurre con el nivel del agua? Explica la observación.

Montaje del experimento 2

1. Se quita la plataforma del bol.
2. Se vuelve a indicar el nivel del agua con el rotulador permanente.



Figura 7: Montaje experimental para la segunda parte. La plataforma ha sido retirada (imagen propia).

Pregunta 7: En el segundo modelo el hielo flota sobre el agua. ¿A qué situación se correspondería en la Tierra?

Procedimiento experimental 2

1. Se coloca el hielo en el agua y se enciende la lámpara de nuevo.
2. Espera hasta que el hielo se funda.

Tarea 2: Escribe lo que observas durante la segunda parte del experimento. Presta atención al nivel del agua.

Pregunta 8: ¿Qué ocurre con el nivel del agua?. Explica lo que observas.

Pregunta 9: Cuando se tienen en cuenta ambos experimentos, ¿cuál de las dos formas de de hielo contribuye al aumento del nivel del mar? ¿Hielo en tierra/hielo flotante?

PLAN DE ESTUDIO

Currículum de Space Awareness (EU y South Africa)

Nuestro frágil planeta, océanos, cambio climático

Currículum de España:

Física y Química, Geología, Cultura Científica, Ciencias de la Tierra y del Medioambiente, Ciencias Naturales.

CONCLUSIÓN

La actividad utiliza un modelo simplificado que representa hielo marino en tierra y flotante y como su fusión contribuye al aumento del nivel del mar del que somos testigos. La flotabilidad del hielo es un ejemplo práctico del Principio de Arquímedes. Los alumnos se darán cuenta de la relevancia del cambio climático mediante las preguntas guiadas y las conclusiones que obtengan con la observación de los experimentos.



Este recurso fué seleccionado y revisado por Space Awareness. Space Awareness está financiada por el Programa de la Comisión Europea de Horizonte 2020 con la subvención nº 638653