



## CÓMO UTILIZAR ESTE RECURSO

Las imágenes en este recurso, que muestran los acantilados de tiza, o gis, de Dover en Inglaterra y los esqueletos microscópicos de las algas unicelulares conocidas como cocolitóforos, pueden servir como fenómenos para explorar los conceptos clave que se describen a continuación.

La práctica pedagógica de utilizar fenómenos para contextualizar la comprensión de conceptos y temas científicos es una [práctica de implementación](#) apoyada por los Estándares Científicos para las Próximas Generaciones (NGSS, por sus siglas en inglés). Los fenómenos son acontecimientos observables que los estudiantes pueden usar para generar preguntas científicas que promuevan la investigación o para diseñar soluciones a problemas que sean conducentes al aprendizaje. De este modo, los fenómenos conectan el aprendizaje con lo que ocurre en el mundo y, al mismo tiempo, brindan a los estudiantes la oportunidad de aplicar el conocimiento mientras lo profundizan/mejoran/desarrollan.

Las secciones “Sugerencias para la implementación” y “Consejos didácticos” ofrecen opciones para incorporar las imágenes a un plan o unidad de estudio, y se pueden modificar para utilizarse como actividad independiente o para complementar una lección existente. La “Hoja de trabajo para el estudiante” incluye las imágenes y la sección de “Información general”.

Para encontrar información adicional relacionada a la pedagogía e implementación de este material, incluida la audiencia sugerida y el tiempo estimado de la clase, favor de visitar la [página web de este recurso](#).

## CONCEPTOS CLAVE

- Algunos factores ambientales como la topografía, la temperatura y el pH oceánico pueden determinar la habilidad que tienen las algas microscópicas para sobrevivir y reproducirse a lo largo del tiempo geológico.
- Tanto los procesos biológicos específicos, como los procesos geológicos internos (levantamiento tectónico) y los procesos de la superficie (desgaste y erosión) son agentes causales para la formación y el desgaste del Acantilado de Dover a lo largo del tiempo.
- El registro geológico que se encuentra en el acantilado de tiza de Dover puede ayudar a predecir los efectos del cambio climático sobre la composición química (p.ej. pH oceánico) y la biodiversidad de los océanos en el futuro.

## INFORMACIÓN GENERAL

Los Acantilados Blancos de Dover (Figura 1) son un rasgo cultural, histórico, ecológico y geológico llamativo de la costa inglesa. Con una altura de 110 m (350 pies) y recorriendo 13 km (8 millas) a lo largo del canal inglés, los acantilados están formados de tiza, o gis, lo que les da su distintivo color blanco. La tiza es una roca caliza sedimentaria hecha de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Esta sustancia se compone de esqueletos microscópicos de fitoplancton, como los cocolitóforos.

Los cocolitóforos, como *Emiliania huxleyi* (Figura 2), son un tipo de alga microscópica que se encuentra regularmente en la base de las cadenas alimentarias de los mares. Los cocolitóforos secretan carbonato de calcio que forma unas placas llamadas cocolitos. Estos cocolitos cubren la superficie de los cocolitóforos formando caparazones duros. Cuando los cocolitóforos mueren, sus caparazones se van al fondo del suelo marino y forman sedimentos de tiza. Este proceso ha ocurrido por millones de años y es el responsable de los grandes depósitos de tiza que hay alrededor del mundo.

Los coccolitóforos de la especie *Emiliana huxleyi* fueron nombrados así en honor a Cesare Emiliani y a Thomas Henry Huxley, quienes fueron de los primeros en encontrar coccolitóforos en el sedimento del suelo marino. En 1868, Huxley, científico y educador, ofreció una conferencia pública en Norwich, Inglaterra titulada “En un pedazo de tiza”. Huxley explicó que la tiza que usaba para escribir en la pizarra estaba hecha del mismo material que la roca de fondo blanca de Norwich: esqueletos fosilizados de coccolitóforos. Ya que los coccolitóforos viven en océanos poco profundos, Huxley concluyó que Norwich estuvo cubierto de aguas similares alguna vez y que al desaparecer dejaron detrás un lecho de roca hecho de tiza. Incluso ahora, los coccolitóforos dan evidencia del cambio ambiental a través del tiempo. Por ejemplo, las especies de coccolitofóros sensibles a la acidez del agua marina se usan para rastrear las tendencias de la acidificación de los océanos del mundo como resultado del cambio climático.

**Detalles técnicos:** El ejemplar de *Emiliana huxleyi* mostrado en la Figura 2 fue recolectado en el Canal Inglés. Los coccolitofóros fueron filtrados del agua marina y luego se les tomaron fotografías utilizando un microscopio electrónico de barrido en el Museo de Historia Natural de Londres. Luego, la imagen fue coloreada digitalmente usando una computadora. Cada coccolitóforo mide aproximadamente 4 micrómetros de diámetro; cerca de la mitad del tamaño de un glóbulo rojo.

## SUGERENCIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Las siguientes sugerencias describen varias opciones para incorporar las imágenes como fenómeno a una unidad de estudio:

### Participación, conocimiento previo y contexto:

- Comienza la lección mostrándole a los estudiantes la imagen de Los Acantilados de Dover (Figura 1) y pídeles que hagan observaciones usando los siguientes inicios: “Yo noto...”, “Me recuerda a...” y “Me pregunto...” Usa el protocolo piensa-comparte (*think-pair-share*) para que hagan observaciones sobre lo que está sucediendo en la imagen. Registra las observaciones de la clase, tomando nota cuando los estudiantes hagan observaciones similares y prestando atención a las preguntas generadas durante este breve ejercicio de observación.
  - Sus observaciones podrían incluir que una meseta cae abruptamente en un acantilado sobre el agua, que las rocas del acantilado son de un color mucho más claro que las rocas de abajo, que algunas secciones del acantilado tienen pasto o plantas creciendo sobre ellas, que no hay árboles ni animales visibles y que el agua es de un color gris claro con algunas olas.
- Divide a los estudiantes en grupos de dos o cuatro. Dale a cada grupo la imagen de Los Acantilados de Dover (Figura 1), una imagen microscópica nueva de coccolitóforos (Figura 2) y un pedazo de tiza. Diles a los estudiantes que esos tres objetos están relacionados entre sí de manera muy cercana. Revisa con cada grupo la Técnica de Formulación de Preguntas que se describe abajo para que exploren la relación entre estos objetos.
  - Invita a los estudiantes a hacer la mayor cantidad de preguntas que puedan acerca de las imágenes y de la tiza. Pon un límite de tiempo, como cinco minutos, por ejemplo, y dales un aviso cuando ya solo les quede un minuto.
  - Al formular las preguntas, los estudiantes deben seguir las siguientes reglas: Primero deben escribir todas las preguntas, sin distraerse con escribir las respuestas, deben escribir todo el tiempo y cada miembro del equipo debe hacer dos preguntas antes de que alguien pueda hacer una tercera.
  - Cada grupo debe numerar y escribir sus preguntas. Dependiendo de cuánto tiempo les quede, los grupos pueden necesitar motivación e ideas para seguir escribiendo. ¡Recuérdales que en la ciencia siempre hay más preguntas que hacer!

- Cuando se termine el tiempo, los estudiantes deben identificar cada pregunta como abierta o cerrada. Pueden hacer esto usando un marcador o con símbolos. Debes aclarar la diferencia entre preguntas abiertas y cerradas con un ejemplo.
  - Abierta: “¿Cómo afectan la temperatura y la lluvia la apariencia del acantilado?” (la pregunta no tiene una respuesta corta y limitada que sea “correcta”)
  - Cerrada: “¿Dónde tomaron la foto?” (la pregunta tiene una respuesta limitada, corta y “correcta”)
- Cada miembro del equipo debe escoger una pregunta cerrada y revisarla para volverla más abierta y fácil de investigar.
- Para compartir, cada grupo debe escoger la pregunta abierta que más curiosidad les genere. Pide a cada grupo que escriba su pregunta en el pizarrón, asegurándose de incluir el número de la pregunta sobre el total de preguntas que el grupo generó. Por ejemplo:
  - 18/20: ¿Por qué los acantilados y la tiza son blancos, mientras que la esfera es verde? (el número 18 indica el número de la pregunta y el 20 es el total de preguntas que formularon en el grupo)
- Discute los patrones en las preguntas o las posibles investigaciones que los estudiantes pueden llevar a cabo para responder sus preguntas. Enfóquense en las preguntas que hayan sido revisadas y que estén al final de la lista (p. ej. 18/20 vs 2/20) y comenta que el hacer muchas preguntas lleva a generar aún mejores preguntas.
- En este punto, pide a los estudiantes que lean la “Información General” de las imágenes. Explica que Los Acantilados de Dover (Figura 1), y gran parte de Inglaterra, están formados de tiza muy similar a la tiza que tienen en su mesa. La otra imagen (Figura 2) muestra los esqueletos de carbonato de calcio de las algas microscópicas llamadas cocolitóforos que viven en océanos poco profundos. A lo largo del tiempo, estos esqueletos se acumulan en el suelo del mar y se litifican para formar tiza.
  - Puede ser útil mostrar la localización de Los Acantilados de Dover en el mapa de Inglaterra y comparar el esqueleto de carbonato de calcio del cocolitóforo con el caparazón de una ostra o el esqueleto de un coral.
- Entrega a cada grupo una hoja de papel blanco (si tienes una hoja de 11” × 17” funciona bien) y pídeles que la doblen en tres partes. Los estudiantes deben titular las secciones “A) Pasado”, “B) Presente” y “C) Futuro”. Pídeles que en la sección apropiada dibujen un modelo visual que explique: A) ¿Cómo se formó la tiza de Los Acantilados de Dover? B) ¿Por qué los acantilados se ven actualmente como en la Figura 1? Y C) Hagan una predicción de cómo se verán los acantilados en unos 100 años.
  - Cada sección debe incluir una representación de elementos a escala microscópica y macroscópica. Sería útil mostrarles a los estudiantes un ejemplo de un acercamiento que permita ver los detalles de los acantilados, como un círculo a manera de lupa.
  - Pídeles que coloquen sus iniciales en sus contribuciones al modelo. Mientras ellos trabajan, pídeles que se aseguren de que las iniciales de cada miembro estén en cada sección.
  - Recuérdales que sus modelos no tienen que ser dibujos artísticamente precisos. Los modelos científicos pueden incluir diagramas, réplicas físicas, representaciones matemáticas y analogías para predecir o explicar fenómenos. Los modelos en formato de diagrama se valen del uso de etiquetas, flechas, símbolos y códigos de colores.
  - Cuando todos los modelos estén terminados, los estudiantes podrían pasearse por el salón, como si estuvieran en una galería, para ver otros modelos, generar preguntas e ideas, así como dar comentarios y sugerencias.
  - Estos modelos iniciales podrían estar representando de forma incorrecta la formación de los acantilados. Aunque los acantilados se formaron por la acumulación de cocolitóforos muertos en el suelo marino, la litificación de la tiza, el levantamiento geológico y el desgaste de los acantilados, las representaciones de los estudiantes pueden variar. Estos procesos se exploran más a fondo en las siguientes secciones, lo que permite que los estudiantes revisen sus modelos.

## Exploración, evaluación y extensión:

- Exploración:
  - En la actividad [Ponderando la evidencia de una extinción masiva: en el océano](#), los estudiantes aprenden sobre la importancia de los microfósiles para entender el registro geológico y las extinciones masivas. Podría ser útil modificar y acortar la actividad con base en el conocimiento matemático que tengan los estudiantes y su familiaridad con el evento de extinción del K-T.
    - Asegúrate de que los estudiantes entiendan que los foraminíferos son zooplancton microscópico con esqueletos similares a los de los coccolitóforos que forman la tiza.
    - Puedes usar partes del cortometraje [El día que murió el Mesozoico](#) para presentar esta actividad y brindar contexto sobre el evento de extinción K-T. Para una introducción general, usa los minutos 0:00–5:05. Para más información sobre los foraminíferos y el límite K-T (ya sea durante o después de la actividad), usa los minutos 5:05–15:30.
    - El póster [Foraminifera—Earth's Microscopic Recordkeepers](#) (recurso en inglés) puede servir como un recurso adicional para los estudiantes.
  - En este punto, los estudiantes deberían tener un entendimiento básico de cómo se acumulan los sedimentos marinos y pueden formar parte del registro geológico. Pide a los estudiantes que consideren la siguiente pregunta: “¿Si la tiza está hecha de los esqueletos de algas marinas, por qué actualmente encontramos tiza en los acantilados y en tierra firme?”. Luego de que compartan sus respuestas, muéstrales la animación [Plate Tectonics](#) (recurso en inglés) para presentar los principios que explican el levantamiento geológico.
  - Después de completar estas dos actividades, los grupos deben volver a sus modelos y revisar la sección “A) Pasado”. Se sugiere que los estudiantes usen un nuevo color para hacer sus revisiones. La revisión servirá como una breve evaluación formativa para asegurar que, antes de continuar con las siguientes actividades, los estudiantes tengan un entendimiento sólido de cómo se forma la tiza.
- Investigación:
  - Posteriormente, con la actividad práctica [Ocean Acidification](#) (recurso en inglés), los estudiantes deben investigar el impacto del aumento de los niveles de CO<sub>2</sub> en los sistemas marinos y las implicaciones que esto tiene sobre las estructuras de carbonato de calcio. Tal vez valga la pena modificar esta actividad con base en el conocimiento que los estudiantes que tengan sobre Química y Matemáticas.
    - Además de esta actividad, los estudiantes pueden colocar su pedazo de tiza en el “agua de mar” de la actividad y observar los cambios que ocurren durante un periodo de 24 horas. Esto puede prepararse durante la clase anterior.
  - Como alternativa, el *Punto de Datos* [Tendencias en dióxido de carbono atmosférico](#) brinda una oportunidad para que los estudiantes exploren evidencia cuantitativa sobre el cambio climático global.
- Evaluación:
  - Los grupos deben volver nuevamente a los modelos iniciales y revisar las secciones “B) Presente” y “C) Futuro”. Se sugiere que los estudiantes usen un nuevo color para hacer estas revisiones. Cualquier idea equivocada o pregunta que tengan los estudiantes sobre los modelos de “C) Futuro” pueden utilizarse para discutir el cambio climático regional y global, el impacto humano y el diseño de soluciones.

## Extensión:

- El *Haz clic & aprende* [Comprendiendo el cambio global](#) brinda a los estudiantes una plataforma para continuar explorando y modelando los procesos causantes de la acidificación de los océanos, las extinciones masivas y los cambios en el paisaje. Este ejercicio interactivo puede ser usado alternativamente como parte de la sección de “Evaluación”.

- Los estudiantes pueden investigar más y modelar una formación geológica o paisaje local, así como el impacto del cambio climático. Esto puede hacerse del otro lado del modelo de Los Acantilados de Dover, usando el mismo formato de “A) Pasado”, “B) Presente” y “C) Futuro”.
- Si el tiempo y los materiales lo permiten, los estudiantes pueden crear un modelo 3D de los procesos de levantamiento, desgaste y erosión que formaron las caras de los acantilados. Esta exploración puede realizarse en una bandeja con arena o en una bandeja para pintar; otros recursos pueden incluir arena, gravilla, barro, agua y vasos de diferentes tamaños con el fondo perforado.

### CONSEJOS DIDÁCTICOS

- Muéstrales las imágenes a los estudiantes antes de que lean la información general.
- La información general puede modificarse de acuerdo con la habilidad de los estudiantes, la secuencia del curso, etc.
- Puedes proyectar las imágenes en lugar de utilizar materiales impresos.
- Agrupa a los estudiantes en parejas o en equipos para que trabajen en una o más de las sugerencias de implementación.
- Las imágenes impresas se pueden laminar para ser utilizadas en múltiples clases.

### CRÉDITOS

Escrito por Bernice O'Brien, Escuela Superior Bainbridge, Bainbridge Island, WA

Editado por Sydney Bergman y Esther Shyu, HHMI

Traducido al español por Jara M. Ríos Rodríguez, Independent Scholar; y editado por Lorena Villanueva-Almanza, Freelance Editor; Inés Gutiérrez Jaber, Red Mexicana de Periodistas de Ciencia y Zulmarie Pérez Horta, HHMI.