



**PONDERANDO LA EVIDENCIA DE UNA EXTINCIÓN MASIVA
PARTE 1: EN EL OCÉANO**

DESCRIPCIÓN GENERAL

Esta actividad práctica es complementaria al cortometraje [El Día que Murió el Mesozoico](#) y, en particular, a la sección *Acto 1: Una Hipótesis que Sacudió al Planeta*. Los alumnos harán observaciones y mediciones de microfotografías de muestras de protistas fosilizados denominados foraminíferos. Sus observaciones reflejan las de investigadores que documentaron un evento de extinción masiva al final del período Cretácico, hace unos 66 millones de años.

CONCEPTOS CLAVE Y OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Existe una relación entre la escala temporal geológica y los patrones estratificados de rocas expuestas— los estratos más profundos son más antiguos.
- La variación en los tamaños de foraminíferos en los registros fósiles y la extinción de cierta cantidad de especies de foraminíferos son evidencia de que se produjo un evento de extinción masiva en el límite K-T.

Los alumnos serán capaces de:

- medir y comparar objetos de formas irregulares (foraminíferos fosilizados) e identificar patrones que puedan correlacionarse con capas rocosas por encima y por debajo del límite K-T.
- convertir imágenes a escala y hacer comparaciones de tamaño entre especímenes.
- recabar y categorizar múltiples observaciones acerca de los foraminíferos.
- analizar la información incluida en gráficos.

CONEXIONES CURRICULARES (ESTADOS UNIDOS)

Currículo	Estándares
NGSS (abril de 2013)	MS-LS2-1, MS-LS2-4, MS-LS4-1, MS-ESS2-2 MS-LS2.A, MS-LS2.C, MS-LS4.A, MS-S4.B, MS-LS4.C, MS-ESS1.C HS-LS2-1, HS-LS2-2, HS-LS4-2, HS-LS4-4, HS-LS4-5, HS-LS4.B, HS-LS4.C, HS-ESS1.C
Common Core (2010)	CCSS.ELA-Literacy.RST.6-8.3, CCSS.ELA-Literacy.RST.6-8.4, CCSS.ELA-Literacy.RST.6-8.7, CCSS.Math.Content.8.EE.C.7, CSS.Math.Practice.MP2, CCSS.Math.Practice.MP5, CCSS.ELA-Literacy.RST.9-10.3, CCSS.ELA-Literacy.RST.9-10.4, CCSS.ELA-Literacy.RST.9-10.7, CCSS.ELA-Literacy.RST.11-12.3, CCSS.ELA-Literacy.RST.11-12.4, CCSS.ELA-Literacy.RST.11-12.7, CCSS.Math.Content.HSN-Q.A.1
Biología de AP (2012–13)	1.3.A, 1.A.4, 1.C.1, 2.D.1, 4.A.6, 4.B.3, 4.B.4
Biología de IB (2009)	Tema 1, 5.4, D.2, G.1, G.2



TÉRMINOS CLAVE

período Cretácico, período Terciario, período Paleogeno, foraminíferos, extinción, fósil, sedimento

REQUISITOS DE TIEMPO

Esta lección fue diseñada para completarse en tres períodos de clase de 50 minutos, incluyendo el tiempo necesario para ver el cortometraje de 30 minutos en clase. Para ahorrar tiempo, puede pedirles a sus alumnos que vean la película en sus hogares.

AUDIENCIA SUGERIDA

Esta actividad es apropiada para clases de Ciencias de la Vida de nivel Medio y Biología de escuela secundaria (todos los niveles, incluidos colocación avanzada [AP, por sus siglas en inglés] y Bachillerato Internacional [IB, por sus siglas en inglés]).

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Los alumnos deben saber qué es un fósil y entender que los fósiles más antiguos se encuentran en capas rocosas más profundas que los fósiles de menor antigüedad. Los fósiles proporcionan información sobre los organismos que existieron en diferentes épocas. Los alumnos también deben conocer la escala temporal geológica de la Tierra y su aplicación en el análisis de la cronología y las relaciones entre eventos pasados.

MATERIALES

Cada pareja de estudiantes necesitará:

- El manual del estudiante
- Tarjetas de foraminíferos
- Regla
- Tijeras
- Lápices de colores (opcional)
- Calculadora (opcional)

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

Antes de la lección:

- Cuelgue en el salón un cartel con la escala temporal geológica y muéstréselo a los alumnos para que puedan consultarlo durante la actividad. También puede recomendarles a los alumnos que visiten el sitio web de la Sociedad Geológica de Estados Unidos en <http://www.geosociety.org/science/timescale>.
- Dele a los estudiantes información básica sobre la escala temporal geológica.
 - Los investigadores han dividido la historia de la Tierra de 4,600 millones de años en una escala temporal geológica con divisiones de tiempo variables que reflejan los mayores cambios visibles en las capas de rocas y sedimentos.
 - El tiempo geológico también se suele denominar “tiempo profundo” para destacar la escala tan prolongada de la historia del planeta y distinguirlo así de percepciones de tiempo más comunes.



- El tiempo geológico se divide en una jerarquía de unidades temporales de cuatro niveles, que coinciden con acontecimientos geológicos significativos, condiciones ambientales y/o cambios importantes en las formas de vida. Los eones —la división de tiempo geológico más extensa— se dividen en eras, y éstas se dividen en períodos, épocas y edades.
- Posiblemente los alumnos noten que el período Terciario no figura en escalas temporales geológicas más recientes. En 1989, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (International Union of Geological Sciences, IUGS) cambió la denominación del intervalo entre los períodos Cretácico y Cuaternario a períodos Paleogeno (Pg) y Neogeno. En consecuencia, trabajos recientes hacen referencia al límite K-T como el límite K-Pg. En esta actividad utilizamos la denominación límite K-T, ya que ese fue el término utilizado cuando se propuso la hipótesis del impacto del asteroide.

Parte 1

- Haga que los estudiantes completen la actividad de clasificación de foraminíferos y respondan las preguntas 1 a 6 **antes** de ver la película. Muéstrelas la película cuando terminen la pregunta 6 o pídale que la vean como tarea para el hogar.
- Evalúe si es necesario pedirles a los alumnos que corroboren sus resultados después de completar las mediciones y la conversión del primer foraminífero (pregunta 6) para asegurarse de que estén haciendo el cálculo correctamente antes de continuar con los foraminíferos 2 a 4.
- Si asigna la película como tarea para el hogar, puede indicarles la URL que lleva directamente a la película (<http://www.hhmi.org/biointeractive/day-mesozoic-died>). Otra alternativa es descargarla y publicarla en su sitio web. Esto minimizará las posibilidades de que los alumnos encuentren y usen la versión para el docente de este documento.



GUÍA DE RESPUESTAS

Parte 1: Observar y medir los foraminíferos próximos al límite K-T

Eres científico y estás estudiando foraminíferos. En las excavaciones has hallado foraminíferos fosilizados justo debajo y justo arriba del límite K-T en una excavación oceánica cerca de la costa de Florida. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido que se muestran en las tarjetas son muestras de foraminíferos fosilizados. Separa las tarjetas en dos pilas, una pila correspondiente al período Cretácico y otra correspondiente al período Terciario.

Camine por el salón. Asegúrese de que los alumnos tengan una pila de foraminíferos del período Cretácico y una segunda pila con foraminíferos del período Terciario. Verifique que los estudiantes comprendan que, si bien las tarjetas fueron clasificadas según el período Cretácico y el período Terciario, estos foraminíferos en particular se encuentran muy cerca del límite K-T. Esto significa que los foraminíferos se encuentran a fines del período Cretácico y a principios del Paleogeno (Terciario).

1. ¿Qué pila de tarjetas representa los foraminíferos más antiguos? **La del Cretáceo**
2. ¿Y los foraminíferos más recientes? **La del Terciario**
3. ¿Qué especies de foraminíferos suelen ser más grandes: los del período Cretácico, justo debajo del límite K-T, o los presentes en el período Terciario, justo por encima del límite K-T?

Las especies de foraminíferos del período Cretácico (las que se hallaron justo debajo del límite K-T) suelen ser de mayor tamaño que las del período Terciario (justo por encima del límite).

4. El aspecto exterior de los foraminíferos, su morfología, es sumamente variable. Aparte de los tamaños, describe otras características morfológicas que sean distintas entre foraminíferos de los períodos Cretácico y Terciario.

Muchos de los foraminíferos Cretácicos tienen formas más elaboradas que los foraminíferos del Terciario.

5. Resume en una o dos oraciones cómo difieren los foraminíferos a ambos lados del límite K-T. Consulta las observaciones que hiciste en las preguntas 3 y 4.

Los foraminíferos que existen después del límite K-T son más pequeños y menos elaborados que los que se hallan por debajo del límite K-T. Nota: Los alumnos deben tener presente el hecho de que las respuestas del tipo “los foraminíferos más grandes se extinguieron” son deducciones, no observaciones.

Quieres observar foraminíferos de otros sitios donde se haya estudiado el límite K-T para determinar si las diferencias que detectaste entre foraminíferos de los períodos Cretácico y Terciario también se pueden detectar en otras partes del mundo. Una colega extrajo foraminíferos de suelos apenas por debajo y por encima del límite K-T en otros sitios y te ha enviado esas imágenes para que las analices.

6. Al observar las imágenes, notas que fueron tomadas con diferentes grados de aumento, de manera que no puedes comparar directamente los tamaños de los especímenes. Sin embargo, puedes calcular el tamaño de los foraminíferos usando las escalas. Sigue las instrucciones detalladas a continuación para calcular el tamaño del foraminífero de la muestra 1.

Muestra 1 Cretácico



escala → 0.1 mm



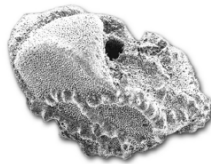
- Mide la **longitud máxima** en centímetros (cm). La longitud máxima es el largo mayor del foraminífero (la línea oscura dibujada sobre el foraminífero de la muestra 1). **3.1 cm**
- Mide la escala en cm. Esta línea representa 0.1 milímetro (mm). **0.6 cm** = 0.1 mm
- Calcula el valor de conversión. Para ello deberás determinar cuántos mm equivalen a un centímetro.
Sugerencia: Para calcular cuántos mm equivalen a un cm, divide ambas partes de la ecuación por la longitud de la escala. Por ejemplo, si la escala fuese de 5 cm de largo (5 cm = 0.1 mm), dividirías por 5 ambos lados de la ecuación ($\frac{5\text{cm}}{5} = \frac{0.1\text{mm}}{5}$) de modo que el resultado sería 1 cm = 0.02 mm.
1 cm = **0.167 mm**
- Calcula el tamaño exacto de los foraminíferos en mm. Para ello, multiplica la longitud máxima del foraminífero (respuesta A) por el factor de conversión (respuesta C). ¿Qué tamaño tiene la muestra 1? **3.1 x 0.167 = 0.517 mm**. Anota en la tabla 1 el tamaño real del foraminífero de la muestra 1.
- Repite este proceso para las muestras 2-4 que se muestran a continuación. Anota el tamaño real de los foraminíferos en la tabla 1.

Muestra 2
Terciario



0.1 m
m

Muestra 3
Cretácico



0.1 mm

Muestra 4
Terciario



0.1 mm

Tabla 1

Número de muestra	Antigüedad de la roca donde se halló el foraminífero	Longitud máxima del foraminífero (cm)	Longitud de la escala (cm)	Valor de conversión (mm/cm)	Tamaño real del foraminífero (mm)
1	Cretácico	3.1	0.6	0.167	0.517 mm
2	Terciario	2.6	1.4	0.071	0.186 mm
3	Cretácico	2.9	0.6	0.167	0.483 mm
4	Terciario	2.2	2.1	0.048	0.105 mm



7. *Compara tus muestras de foraminíferos (en las tarjetas) con las de tu colega. Anota tus observaciones sobre las diferencias entre foraminíferos antes y después del límite K-T. Cuando corresponda, anota las mediciones o cálculos específicos.*

Mis muestras	Muestras de mi colega
Esto debe ser similar a la respuesta de la pregunta 5. Los alumnos deben indicar que los foraminíferos del Cretácico son más grandes y más elaborados que los del Terciario, que son de menor tamaño y más simples.	Los alumnos deben señalar que las dos muestras del Cretácico son más grandes (0.517 mm y 0.483 mm en su longitud máxima) que los foraminíferos encontrados en rocas del Terciario (0.186 mm y 0.105 mm).

8. *Completa el siguiente enunciado:*

Mis muestras se asemejan a las de mi colega porque **en ambos sitios los foraminíferos del período Cretácico (justo por debajo del límite K-T) son más grandes que los foraminíferos del período Terciario (justo por encima del límite K-T).**

9. *Tú decides que necesitas más datos para llegar a una conclusión. Analizas 200 foraminíferos hallados por encima y por debajo del límite K-T tanto en tu sitio como en el de tu colega, y tus datos son muy similares a lo que describiste en las preguntas anteriores. Luego analizas otros cinco sitios distribuidos por todo el planeta y observas patrones similares. ¿Qué conclusiones puedes sacar de estas observaciones?*

Lo que haya ocurrido entre el período Cretácico y el período Terciario que ocasionó variaciones en el tamaño de los foraminíferos, debe también haber ocurrido en otras partes del mundo.

Parte 2: Análisis de datos de foraminíferos hallados cerca del límite K-T

10. *¿Cuántas especies de foraminíferos están representados en la figura 2?* **42**
11. (a) *En función de la figura, ¿cuántas especies diferentes de foraminíferos Cretácicos parecen haberse extinguido en el límite K-T?* **33 (Nota: 2 especies se extinguieron antes del límite K-T).**
- (b) *Explica cómo puedes inferir de la figura que estas especies de foraminíferos se extinguieron.*

Las líneas del gráfico de estas especies se interrumpen justo en el límite K-T y no continúan más allá.

12. (a) *¿Cuántas especies parecen haber sobrevivido el evento K-T?* **2**
- (b) *Explica cómo puedes inferir de la figura que estas especies de foraminíferos sobrevivieron.*

Las líneas del gráfico correspondientes a estas especies abarcan tanto el Cretácico como el Terciario atravesando el límite K-T.

13. *Calcula el porcentaje de foraminíferos que se extinguieron en el límite K-T.* **$33/35 = 94\%$ (Nota: Hay 35 especies de foraminíferos en el límite K-T; 33 se extinguieron y 2 sobrevivieron).**
14. *Calcula el porcentaje de foraminíferos que sobrevivieron al evento K-T.* **$2/35 = 6\%$**



15. El gráfico muestra que algunas especies se encontraban solo en el período Terciario y no en el período Cretácico. ¿Qué crees que representan estas especies?

Las especies que son únicas de las muestras del Terciario probablemente sean especies nuevas, descendientes de especies de foraminíferos que sobrevivieron. Los alumnos también pueden contestar que los foraminíferos que no vivieron en esta ubicación determinada durante el período Cretácico se trasladaron hasta este sitio en algún momento posterior al evento K-T. Ambas respuestas son aceptables.

16. En base a la película, ¿qué evento creen los científicos que ocasionó la extinción de un gran porcentaje de foraminíferos?

Un asteroide se estrelló contra la Tierra. Los alumnos también pueden explicar los efectos del choque del asteroide. Estos efectos incluyen columnas de humo obstaculizando el sol y, en consecuencia, ninguna posibilidad de fotosíntesis, y lluvia ácida debido al aumento de ácido sulfúrico en el aire.

Parte 3: El tamaño sí importa

17. En la parte 1, observaste las diferencias de tamaño entre foraminíferos de los períodos Cretácico y Terciario. En base a los datos que registraste, ¿cuáles foraminíferos tenían más probabilidades de sobrevivir al evento K-T: los pequeños o los grandes?

Los alumnos deben indicar que los foraminíferos pequeños tienen más probabilidades de sobrevivir, a menos que no hayan completado correctamente la parte 1.

18. ¿Por qué crees que el tamaño marcaría una diferencia en las probabilidades de supervivencia de algunas especies de foraminíferos?

Las respuestas de los alumnos variarán. Por ejemplo, podrían especular que esto se debe a la disponibilidad de alimento y a los tipos de alimentos que prefiere cada especie de foraminífero.

19. En la tabla a continuación se describen algunas diferencias entre foraminíferos grandes y pequeños. Analiza la información de la tabla y explica cómo algunas de las características de las especies grandes y pequeñas podrían haber favorecido la supervivencia ante una posible extinción. (Pista: las extinciones suelen ser consecuencia de cambios ambientales repentinos; los organismos que suelen sobrevivir son los que tienen mayor capacidad de adaptarse más rápidamente).

Las respuestas de los alumnos variarán. Lo importante es que comprendan que la capacidad de reproducirse más rápidamente es una ventaja en tiempos de cambios ambientales rápidos. Los organismos que se reproducen más rápidamente pueden adaptarse mejor a un ambiente nuevo en comparación con organismos de crecimiento más lento. Otro punto que vale la pena mencionar es que los “generalistas” son más capaces de sobrevivir en caso de que desaparezcan muchas fuentes de alimentación primaria, en comparación con los especialistas.

Este no es el caso en épocas de estabilidad ambiental. Durante estas épocas, tienen más probabilidades de sobrevivir los foraminíferos más complejos, de mayor tamaño, y con relaciones simbióticas con algas.



20. Las imágenes a continuación son fotomontajes de foraminíferos a escala hallados por debajo y por encima del límite K-T. ¿Cuál imagen muestra fósiles de foraminíferos encontrados debajo del límite K-T: la de la derecha o la de la izquierda? Justifica tu respuesta con información de esta actividad y del cortometraje.

La imagen de la derecha muestra foraminíferos hallados debajo del límite K-T. Son mucho más grandes y de formas más complejas que los foraminíferos de la imagen de la izquierda.

21. Las extinciones son parte normal de la historia de la evolución. La extinción K-T es considerada una de cinco extinciones masivas importantes en la historia de la Tierra. Piensa en lo que has aprendido con esta actividad y la película e indica por qué crees que este evento es considerado una extinción masiva importante?

Muchos organismos se extinguieron en poco tiempo; una parte significativa de todo tipo de vida sobre la Tierra se extinguió.

REFERENCIAS

Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F., Michel, H.V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208: 1095-1108.

Huber, B.T. *et al.* 2002. Abrupt extinction and subsequent reworking of Cretaceous planktonic foraminifera across the Cretaceous-Tertiary boundary: Evidence from the subtropical North Atlantic. Geological Society of America. Special Report 356, pp. 277-289.

AUTORES (VERSIÓN ORIGINAL EN INGLÉS)

Escrito por Mary Colvard, Cobleskill-Richmondville High School (jubilada)

Editado por Eriko Clements, PhD, y Laura Bonetta, PhD, HHMI; Susan Dodge, asesora editorial

Revisado por Philippe Claeys, PhD, Vrije Universiteit Brussel; Pamela Hallock Muller, University of South Florida

Corregido por Linda Felaco

EVALUADORES

Melody Hamilton, PS171; Peter Johnson, Minneapolis Academy; Moira Chadzutko, St. John the Baptist Diocesan High School; Linda Ciota, St. Johns the Baptist Diocesan High School; Erica Dosch, Connetquot High School