

Bajo presión

Calculando las intensas presiones en profundidad

Esta Earthlearningidea ha sido desarrollada para dar una idea de las intensas presiones en profundidad a través de la medición y el cálculo. Se presenta en tres sistemas de unidades en las páginas siguientes.

En todos los casos se cumple la fórmula de Newton: fuerza = masa x aceleración y se introduce el término de aceleración

(1) sistema SI

Este es el sistema más extendido en los centros de secundaria. Se mide en unidades primarias (milímetros y gramos) y se presentan los resultados en unidades secundarias (Newtons por metro cuadrado). Esta unidad se conoce con el nombre de Pascal (Pa). El valor de La aceleración de la gravedad, g , es de 10 m/sec^2 .



Foto:
S. Allen y
G. Jones

(2) sistema cgs (gramos-centímetros)

Este sistema puede resultar más fácil para que los alumnos visualicen las unidades, ya que normalmente miden en centímetros. Es frecuente definir la aceleración "a" de la gravedad como: $a = 1 \times \text{gravedad terrestre (g)}$ en vez de $a = 981 \text{ cm/sec}^2$ de manera que los gramos (masa) y los gramos (fuerza) tienen el mismo valor numérico aunque sus unidades son diferentes. Aquí, las medidas se hacen en gramos y centímetros y los resultados se presentan en las mismas unidades.

(3) Sistema imperial

Como en el anterior las libras (fuerza) y las libras (masa) son numéricamente iguales; esto implica que $a = 1 \times \text{gravedad terrestre (g)}$ mejor que $a = 32 \text{ pies/seg}^2$.

Hay unidades de fuerza tanto en el sistema cgs como en el imperial (la dina y el poundal, respectivamente) pero han caído en desuso. Se podrían utilizar allí donde la gravedad local es diferente de la normal de la Tierra.

Bajo presión

Calculando las intensas presiones en profundidad – en unidades del Sistema Internacional

La presión se define como la fuerza por unidad de superficie. Obtendremos buena idea de las intensas presiones en profundidad midiendo y calculando con ayuda de la ecuación:

$$\text{Presión en N/m}^2 \text{ (Pa)} = \frac{\text{masa en kg} \times 10}{\text{área en m}^2}$$

1. La presión de las rocas en profundidad

Es difícil tallar rocas de tamaño y forma adecuadas para realizar mediciones y cálculos: por tanto, usaremos arena suelta. Los cálculos dan una impresión realista de las presiones litosféricas a diferentes profundidades (es decir, la presión de las rocas suprayacentes, la presión de confinamiento). En profundidad, la arena se transforma en arenisca a causa de la cementación y la compactación.

a) Cálculo de la masa media de 10 mm de espesor de arena



Foto:
S. Allen y
G. Jones

- Con un rotulador, marque una probeta a intervalos de 10mm, de abajo a arriba.
- Añada 10 mm de altura de arena a la probeta, golpéela suavemente para nivelarla y pésela.
- Añada otros 10 mm de altura, golpee y pese nuevamente.

- Reste la primera cifra de la segunda para hallar la masa de los segundos 10 mm de arena y anote el resultado.
- Repita esto varias veces.
- Sume los resultados de todos los cálculos de la masa (ignorando la masa de los primeros 10 mm de arena, que no son fiables) y divídalo por el número de medias para hallar la masa media de 10 mm de altura de arena.
- (Para una probeta normal de 200 mL y arena normal, la masa de un espesor de arena de 10 mm se sitúa alrededor de 23 g o 0,23 kg).

b) Cálculo del área del cilindro

- Mida el diámetro interior de la probeta.
- Divida esta media por dos para hallar el radio de la base interna del cilindro.
- Use la fórmula de debajo para calcular el área de la base de la probeta.

$$\begin{aligned} \text{Área de un círculo} &= \pi r^2 = \\ &= \pi (3.142) \times \text{radio en m} \times \text{radio en m} \end{aligned}$$

(Una probeta normal de 200 mL tiene un diámetro interno de 40 mm o 0,04 m, un radio de 20 mm o 0,02 m, y un área de la base de $3.142 \times 0.02 \times 0.02 = 0.00126 \text{ m}^2$).

c) Cálculo de la presión de 10 mm de arena

- Use la siguiente ecuación para calcular la presión de 10 mm de altura de arena.

$$\text{Presión} = \frac{m \times a}{A} = \frac{0.023 \times 10}{0.00126 \text{ m}^2} = 183 \text{ N/m}^2$$

Esto equivale aproximadamente a un peso de 1.83 gramos sobre el área aproximada de un dedo pulgar).

d) Cálculo de la presión de 1 m, 100 m, 1 km, 10 km y 100 km de arena

- Utilice estas cifras calculadas para averiguar las presiones a las profundidades que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla para la parte de d)

Altura	Profundidad equivalente	Multiplique la cifra de arriba por:	Presión usando las cifras de arriba	Presión equivalente (pulgar aprox. 0.01 m ²)
1 m	De la mesa al suelo	100	$183 \times 100 = 18.300 \text{ N/m}^2$	183 g sobre un dedo pulgar
100 m	Sondeo poco profundo	100	$1.830.000 \text{ N/m}^2$ (1,8 MPa)	18.3 kg (18 sacos de azúcar) sobre un dedo pulgar
1 km	Sondeo profundo	10	$18.300.000 \text{ N/m}^2$ (18 MPa)	183 kg sobre un dedo pulgar
10 km	Sondeos más profundos jamás hechos; la mitad del grosor medio de la corteza	10	$183.000.000 \text{ N/m}^2$ (180 MPa)	1,83 toneladas sobre un dedo pulgar
100 km	Las partes más gruesas de la corteza bajo las cordilleras	10	$1.830.000.000 \text{ N/m}^2$ (1.83 GPa)	18,3 toneladas sobre un dedo pulgar

Las presiones reales serían mayores que las que se han calculado con arena suelta, porque las presiones de las rocas suprayacentes provocan la compactación de la arena que (juntamente con la cementación) las transforma en rocas sedimentarias, las cuales son más densas que las arenas sueltas. La arena suelta utilizada aquí tiene una densidad relativa de 1,8, mientras que la densidad relativa de la arenisca es de aproximadamente 2,7, casi el 50% más.

2. La presión del agua en profundidad

Repita la actividad usando agua en vez de arena con el fin de calcular la presión hidrostática aproximada en profundidad. Esto simula el tipo de presión que se encuentra en los acuíferos (las rocas porosas y permeables de las que se extrae agua subterránea). La mayoría de acuíferos se

encuentran a menos de 1 km por debajo de la superficie.

(Para una probeta de 200 ml, una altura de 10 mm tiene una masa mediana de 12,6 g. Usando esta cifra y cambiando a N y m

$$\text{Presión} = \frac{m \times a}{A} = \frac{0.0126 \times 10}{0.00126\text{m}^2} = 100 \text{ N/m}^2$$

3. Presión total en profundidad

La presión total vertical en profundidad es igual a la suma de las presiones litostática e hidrostática ya que ambas actúan conjuntamente (con el añadido de la presión atmosférica sobre ellas).

Tabla para el agua

Altura	Profundidad equivalente	Multiplique la cifra de arriba por:	Presión usando las cifras de arriba
1 m	De la mesa al suelo	100	$100 \times 100 = 10.000 \text{ N/m}^2$
100 m	Sondeo poco profundo	100	$1.000.000 \text{ N/m}^2$ (1,0 MPa)
1 km	Sondeo profundo	10	$10.000.000 \text{ N/m}^2$ (10 MPa)

Bajo presión

Calculando las intensas presiones en profundidad – en unidades del sistema cgs (g/cm^2)

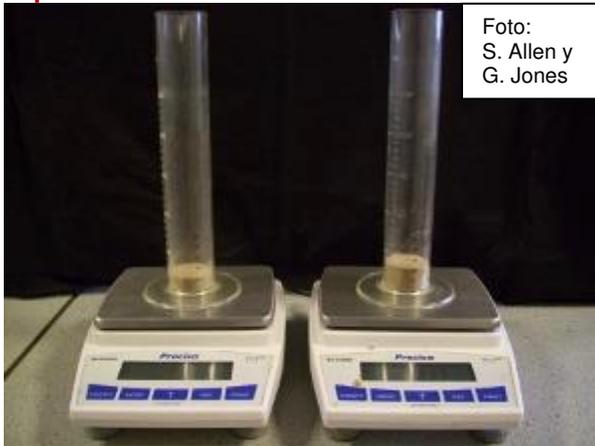
La presión se define como la fuerza por unidad de superficie. Obtendremos buena idea de las intensas presiones en profundidad midiendo y calculando con ayuda de la ecuación:

$$\text{Presión en } \text{g}/\text{cm}^2 = \frac{\text{masa en g} \times 1}{\text{área en cm}^2}$$

1. La presión de las rocas en profundidad

Es difícil tallar rocas de tamaño y forma adecuadas para realizar mediciones y cálculos: por tanto, usaremos arena suelta. Los cálculos dan una impresión realista de las presiones litosféricas a diferentes profundidades (es decir, la presión de las rocas suprayacentes, la presión de confinamiento). En profundidad, la arena se transforma en arenisca a causa de la cementación y la compactación.

a) Cálculo de la masa media de 1 cm de espesor de arena



- Con un rotulador, marque una probeta a intervalos de 1 cm, de abajo a arriba.
- Añada 1 cm de altura de arena a la probeta, golpéela suavemente para nivelarla y pésela.
- Añada otro cm de altura, golpee y pese nuevamente.

- Reste la primera cifra de la segunda para hallar la masa del segundo cm de arena y anote el resultado.
- Repita esto varias veces.
- Sume los resultados de todos los cálculos de la masa (ignorando la masa del primer cm de arena, que no son fiables) y divídalo por el número de medias para hallar la masa media de 1 cm de altura de arena.
- (Para una probeta normal de 200 mL y arena normal, la masa de un espesor de arena de 1 cm se sitúa alrededor de 23 g).

b) Cálculo del área del cilindro

- Mida el diámetro interior de la probeta.
- Divida esta media por dos para hallar el radio de la base interna del cilindro.
- Use la fórmula de debajo para calcular el área de la base de la probeta.

$$\begin{aligned} \text{Área de un círculo} &= \pi r^2 = \\ &= \pi (3.142) \times \text{radio en cm} \times \text{radio en cm} \end{aligned}$$

(Una probeta normal de 200 mL tiene un diámetro interno de 4 cm, un radio de 2 cm, y un área de la base de $3.142 \times 2 \times 2 = 12,6 \text{ cm}^2$).

c) Cálculo de la presión de 1 cm de arena

- Use la siguiente ecuación para calcular la presión de 1 cm de altura de arena.

$$\left(\text{Presión} = \frac{mxg}{A} = \frac{23 \text{ g} \times 10}{126 \text{ cm}^2} = 1,83 \text{ g}/\text{cm}^2 \right)$$

Esto equivale aproximadamente a un peso de 1,83 gramos sobre el área aproximada de un dedo pulgar).

d) Cálculo de la presión de 1 m, 100 m, 1 km, 10 km y 100 km de arena

- Utilice estas cifras calculadas para averiguar las presiones a las profundidades que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla para la parte de d)

Altura	Profundidad equivalente	Multiplique la cifra de arriba por:	Presión usando las cifras de arriba	Presión equivalente (pulgar aprox. 0.01 m^2)
1 m	De la mesa al suelo	100	$1,83 \times 100 = 183 \text{ g}/\text{cm}^2$	183 g sobre un dedo pulgar
100 m	Sondeo poco profundo	100	$18.300 \text{ g}/\text{cm}^2$	18.3 kg (18 sacos de azúcar) sobre un dedo pulgar
1 km	Sondeo profundo	10	$183.000 \text{ g}/\text{cm}^2$	183 kg sobre un dedo pulgar
10 km	Sondeos más profundos jamás hechos; la mitad del grosor medio de la corteza	10	$1.830.000 \text{ g}/\text{cm}^2$	1.83 toneladas sobre un dedo pulgar
100 km	Las partes más gruesas de la corteza bajo las cordilleras	10	$18.300.000 \text{ g}/\text{cm}^2$	18.3 toneladas sobre un dedo pulgar

Las presiones reales serían mayores que las que se han calculado con arena suelta, porque las presiones de las rocas suprayacentes provocan la compactación de la arena que (juntamente con la cementación) las transforma en rocas sedimentarias, las cuales son más densas que las arenas sueltas. La arena suelta utilizada aquí tiene una densidad relativa de 1,8, mientras que la densidad relativa de la arenisca es de aproximadamente 2,7, casi el 50% más.

2. La presión del agua en profundidad

Repita la actividad usando agua en vez de arena con el fin de calcular la presión hidrostática aproximada en profundidad. Esto simula el tipo de presión que se encuentra en los acuíferos (las rocas porosas y permeables de las que se extrae agua subterránea). La mayoría de acuíferos se

encuentran a menos de 1 km por debajo de la superficie.

(Para una probeta de 200 ml, una altura de 1 cm tiene una masa mediana de 12,6 g. Usando esta cifra

$$\text{Presión} = \frac{m \times g}{A} = \frac{12,6 \text{ g} \times 1}{12,6 \text{ cm}^2} = 1,00 \text{ g/cm}^2$$

3. Presión total en profundidad

La presión total vertical en profundidad es igual a la suma de las presiones litostática e hidrostática ya que ambas actúan conjuntamente (con el añadido de la presión atmosférica sobre ellas).

Tabla para el agua

Altura	Profundidad equivalente	Multiplique la cifra de arriba por:	Presión usando las cifras de arriba
1 m	De la mesa al suelo	100	$1,0 \times 100 = 100 \text{ g/cm}^2$
100 m	Sondeo poco profundo	100	10.000 g/cm^2
1 km	Sondeo profundo	10	100.000 g/cm^2

Bajo presión Calculando las intensas presiones en profundidad – en lb/ sq in

La presión se define como la fuerza por unidad de superficie. Obtendremos buena idea de las intensas presiones en profundidad midiendo y calculando con ayuda de la ecuación:

$$\text{Presión en lb/ q in} = \frac{\text{masa en lb} \times 1}{\text{área en sq in}}$$

1. La presión de las rocas en profundidad

Es difícil tallar rocas de tamaño y forma adecuadas para realizar mediciones y cálculos: por tanto, usaremos arena suelta. Los cálculos dan una impresión realista de las presiones litosféricas a diferentes profundidades (es decir, la presión de las rocas suprayacentes, la presión de confinamiento). En profundidad, la arena se transforma en arenisca a causa de la cementación y la compactación.

a) Cálculo de la masa media de 1 pulgada de espesor de arena

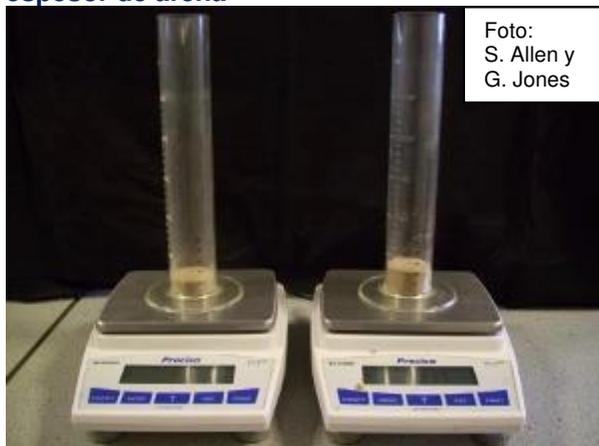


Foto:
S. Allen y
G. Jones

- Con un rotulador, marque una probeta a intervalos de 1 pulgada, de abajo a arriba.
- Añada 1 pulgada de altura de arena a la probeta, golpéela suavemente para nivelarla y pésela.
- Añada otra pulgada de altura, golpee y pese nuevamente.

- Reste la primera cifra de la segunda para hallar la masa de la segunda pulgada de arena y anote el resultado.
- Repita esto varias veces.
- Sume los resultados de todos los cálculos de la masa (ignorando la masa de la primera pulgada de arena, que no son fiables) y divídalo por el número de medias para hallar la masa media de 1 pulgada de altura de arena.
- *(Para una probeta normal de 200 mL y arena normal, la masa de un espesor de arena de 1 pulgada se sitúa alrededor de 0,129 lb).*

b) Cálculo del área del cilindro

- Mida el diámetro interior de la probeta.
- Divida esta media por dos para hallar el radio de la base interna del cilindro.
- Use la fórmula de debajo para calcular el área de la base de la probeta.

$$\begin{aligned} \text{Área de un círculo} &= \pi r^2 = \\ &= \pi (3.142) \times \text{radio en pulgadas} \times \text{radio en pulgadas} \end{aligned}$$

(Una probeta normal de 200 mL tiene un diámetro interno de 1,6 pulgadas, un radio de 0,8 pulgadas, y un área de la base de $3.142 \times 0,8 \times 0,8 = 2,00 \text{ sq in}$).

c) Cálculo de la presión de 1 pulgada de arena

- Use la siguiente ecuación para calcular la presión de 1 pulgada de altura de arena.

$$\left(\text{Presión} = \frac{m \times g}{A} = \frac{0,129 \text{ lb} \times 1}{2,00 \text{ sq in}} = 0,065 \text{ lb/sq in} \right)$$

Esto equivale aproximadamente a un peso de 0,004 libras sobre el área aproximada de un dedo pulgar).

d) Cálculo de la presión de d'1 yarda (3 pies), 100 yardas, 1 milla, 7 millas i 70 millas de arena

- Utilice estas cifras calculadas para averiguar las presiones a las profundidades que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla para la parte de d)

Altura	Profundidad equivalente	Multiplique la cifra de arriba por:	Presión usando las cifras de arriba	Presión equivalente (pulgar aprox. 0.01 m ²)
1 yarda	De la mesa al suelo	36	$0,065 \times 36 = 2,34 \text{ lb/sq in}$	6 oz sobre un dedo pulgar
100 yarda	Sondeo poco profundo	100	234 lb/sq in	40 lb (20 sacos de azúcar) sobre un dedo pulgar
1 milla	Sondeo profundo	17,6	$234 \times 17,6 = 4.118 \text{ lb/sq in}^2$	700 lb sobre un dedo pulgar
7 millas	Sondeos más profundos jamás hechos; la mitad del grosor medio de la corteza	7	$4.118 \times 7 = 28.826 \text{ lb/sq in} = 14,4 \text{ tons (US)/sq in}$	2,5 tons (US) sobre un dedo pulgar
10 millas	Las partes más gruesas de la corteza bajo las	10	$288.260 \text{ lb/sq in} (144 \text{ tons/sq in})$	25 tons (US) sobre un dedo pulgar

cordilleras			
-------------	--	--	--

Las presiones reales serían mayores que las que se han calculado con arena suelta, porque las presiones de las rocas suprayacentes provocan la compactación de la arena que (juntamente con la cementación) las transforma en rocas sedimentarias, las cuales son más densas que las arenas sueltas. La arena suelta utilizada aquí tiene una densidad relativa de 1,8, mientras que la densidad relativa de la arenisca es de aproximadamente 2,7, casi el 50% más.

2. La presión del agua en profundidad

Repita la actividad usando agua en vez de arena con el fin de calcular la presión hidrostática aproximada en profundidad. Esto simula el tipo de presión que se encuentra en los acuíferos (las rocas porosas y permeables de las que se extrae agua subterránea). La mayoría de acuíferos se

encuentran a menos de 1 milla por debajo de la superficie.

(Para una probeta de 200 ml, una altura de 1 cm tiene una masa mediana de 12,6 g. Usando esta cifra

$$Presión = \frac{m \times g}{A} = \frac{12,6 \text{ g} \times 1}{12,6 \text{ cm}^2} = 1,00 \text{ g/cm}^2$$

3. Presión total en profundidad

La presión total vertical en profundidad es igual a la suma de las presiones litostática e hidrostática ya que ambas actúan conjuntamente (con el añadido de la presión atmosférica sobre ellas).

Tabla para el agua

Altura	Profundidad equivalente	Multiplique la cifra de arriba por:	Presión usando las cifras de arriba
1 yarda	De la mesa al suelo	36	$0,036 \times 36 = 1.30 \text{ lb/sq in}$
100 yardas	Sondeo poco profundo	100	130 lb/sq in
1 milla	Sondeo profundo	17,6	$130 \times 17,6 = 2288 \text{ lb/sq in}$

*En esta sección se utilizan las unidades del llamado Sistema Imperial (usadas en países de tradición anglosajona). Se han respetado las abreviaturas en inglés: *lb* para libras; *oz* para onzas; *in* para pulgadas, *sq in* para pulgadas al cuadrado. Nota del Traductor.

.....

Ficha técnica

Título: Bajo presión

Subtítulo: Calculando las intensas presiones en profundidad

Tema: Se mide la presión de un determinado espesor de arena y de agua y se utiliza este cálculo para tener una idea de las intensas presiones que hay en profundidad.

Edad de los alumnos: 12 -18 años

Tiempo necesario: 20 minutos

Aprendizajes de los alumnos: Los alumnos pueden:

- utilizar una balanza electrónica;
- hacer cálculos aritméticos;
- hacerse una idea de la intensidad de las presiones esperadas a diversas profundidades.

Contexto:

Esta actividad utiliza medidas de laboratorio de la fuerza producida por diferentes espesores de arena y de agua para calcular su presión en profundidad y extrapolar aproximadamente las presiones profundas de la corteza.

Las dos actividades (la de la arena y la del agua) empiezan llenando la probeta hasta una altura determinada antes de la primera medición, dado que el fondo de la probeta es curvo y la primera medición de arena/agua no sería fiable.

Las presiones litostáticas reales serían más grandes que lo que sugieren las calculadas para la arena, ya que las presiones de las rocas suprayacentes (presiones de confinamiento) provocan la compactación de las arenas que (juntamente con la cementación) las transforman en rocas sedimentarias; estas son más densas que las arenas sueltas. La arena utilizada en los cálculos anteriores tenía una densidad relativa de 1,8 mientras que la densidad de la arenisca se sitúa alrededor de 2,7, casi un 50% más grande.

Cuanto más profunda sea la roca más densa será, incrementando así la presión sobre las rocas subyacentes. Las rocas de la corteza profunda son normalmente metamórficas o ígneas, las cuales son generalmente más densas que las sedimentarias.

En cada profundidad los materiales se encuentran en equilibrio porque la presión por unidad de superficie es exactamente igual a la masa de los materiales suprayacentes sobre la unidad de superficie multiplicada por la aceleración de la gravedad.

Ampliación de la actividad:

Puede seguir con la actividad de Earthlearningidea “La presión del agua subterránea: una demostración de cómo aumenta la presión hidrostática con la profundidad”.

Principios subyacentes:

- Cuanto mayor sea el grosor de la roca suprayacente, más grande será la presión sobre las rocas de debajo
- Cuanto más profundo se encuentre el cuerpo de agua, mayor será la presión hidrostática.

Desarrollo de habilidades cognitivas:

Los cálculos de las diferentes cifras permiten construir un modelo que, cuando se relaciona con las profundidades de la corteza del “mundo real” permite establecer nuevas conexiones.

Material

- probeta (por ejemplo, de 200 ml)
- rotulador para marcar la probeta
- balanza electrónica
- regla
- arena seca y agua

Enlaces útiles:

<http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/resource/1161/unit-14-who-s-for-a-hot-tight-squeezein-inner-space>

Fuente: Esta actividad está basada en una idea diseñada por David Thompson, y publicada en “*Who’s for a hot, tight squeeze in inner space*”, Unit 14 de la serie “*Science of the Earth*” de la Earth Science Teachers’ Association” (1989) publicada por Geo Supplies, Ltd, Sheffield. David murió recientemente y esta Earthlearningidea se publica en su memoria.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las técnicas de laboratorio de la Keele Education, Suzy Allen y Gwyn Jones por preparar y comprobar los aparatos, y a Martin Devon por sus comentarios constructivos.

© El equipo de Earthlearningidea. El equipo de Earthlearningidea se propone presentar una idea didáctica cada semana de coste mínimo y con recursos mínimos, útil para docentes y formadores de profesores de Ciencias de la Tierra, a nivel escolar de Geología y Ciencias, juntamente con una “discusión en línea” sobre cada idea con la finalidad de desarrollar una red de apoyo. La propuesta de “Earthlearningidea” tiene escasa financiación y depende mayoritariamente del esfuerzo voluntario.

Los derechos (copyright) del material original de estas actividades han sido liberados para su uso en el laboratorio o en clase. El material con derechos de terceras personas contenido en estas presentaciones sigue perteneciendo a las mismas. Cualquier organización que quiera hacer uso de este material, deberá ponerse en contacto con el equipo de Earthlearningidea.

Se han hecho todos los esfuerzos posibles para localizar a las personas o instituciones que poseen los derechos de todos los materiales de estas actividades para obtener su autorización. Si cree que se ha vulnerado algún derecho suyo, póngase en contacto con nosotros; agradeceremos cualquier información que nos permita actualizar nuestros archivos.

Si tiene alguna dificultad para leer estos documentos, póngase en contacto con el equipo de Earthlearningidea para obtener ayuda.

Comuníquese con el equipo de Earthlearningidea en: info@earthlearningidea.com

