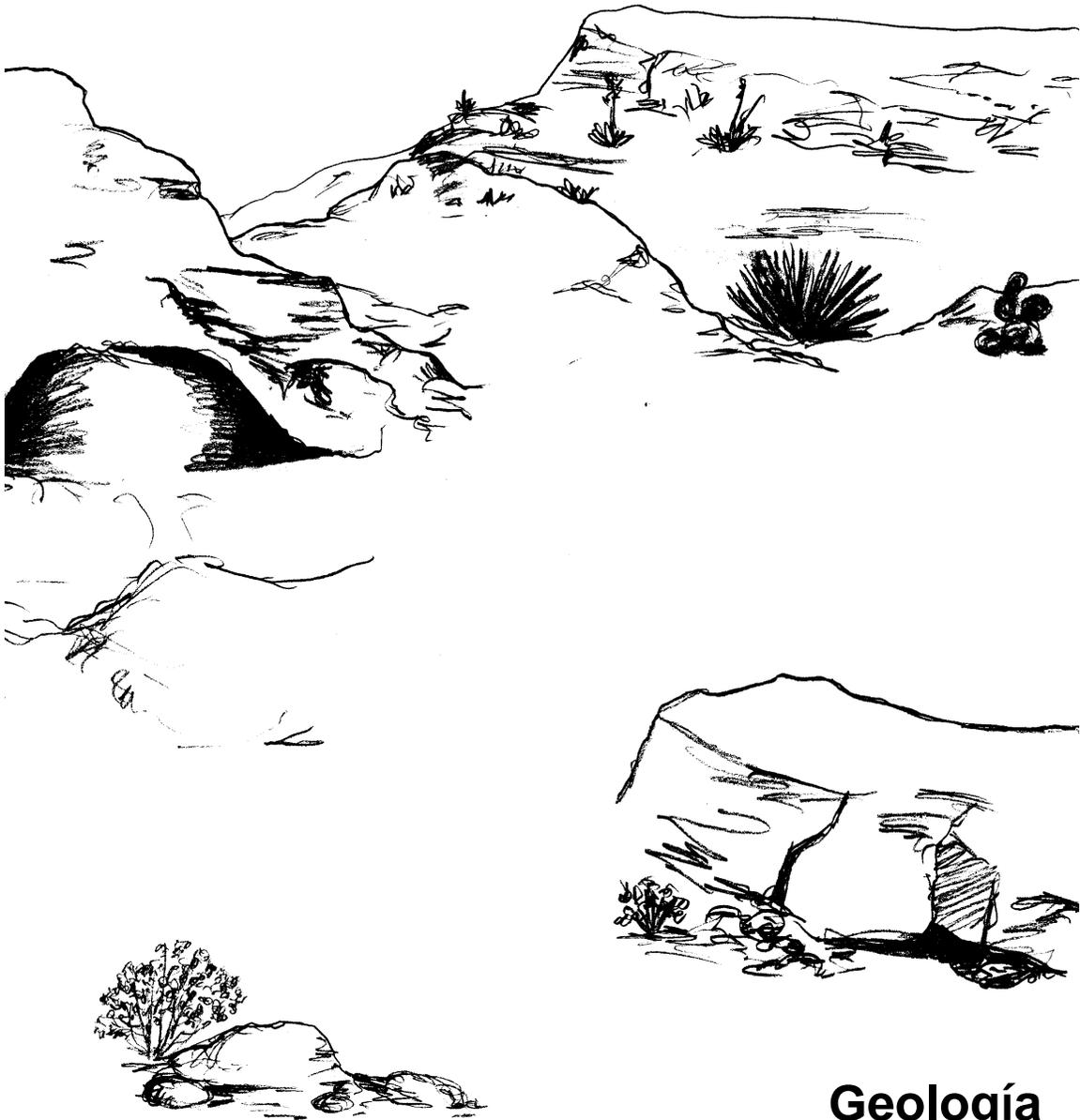


# CUEVAS, CAÑONES, CACTUS Y ANIMALITOS



## Geología

¡Una guía para el uso de escuelas secundarias sobre los ecosistemas y la geología que hacen que el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad sea único!

# Las cuevas, los desfiladeros, los cactus y los animales

## Un currículo para la geología

### I. Las actividades

- a. **¡Surfear en Carlsbad!** Unas actividades relacionadas al desarrollo de la Cuenca Delaware y el Arrecife Capitán (pagina 3)
  - i. **¿Una casa hecha de las esponjas?** Un juego que introduce los organismos diferentes que formaron el arrecife (pagina 4)
  - ii. **Sales Viejas** Una actividad para mostrar la precipitación y sedimentación de la sal en la Cuenca Delaware (pagina 10)
  - iii. **¿Es piedra caliza o yeso?** Una actividad para introducir las piedras principales de la época Permian que se puede encontrar en el parque nacional y los minerales de que son hechas: la caliza, el yeso, la sal, la piedra arenisca y el esquisto (Un experimento muy básico en la mineralogía y la petrología) (pagina 14)
  - iv. **Te presento a Rocky, mi mascota fósil** Una actividad en que los estudiantes hacen unos fósiles del yeso mate y después estudian un fósil actual por describiéndolo, y aprendiendo sobre su ambiente, lo que comió y cómo comió, etcétera (pagina 19)
- b. **Continentes vagabundos** Un estudio de la tectónica (pagina 24)
  - i. **Manzanas, huevos y la tierra** Una actividad para presentar información sobre los estratos del planeta (pagina 25)
  - ii. **Ven a visitarme a mi Antártida... ¿tropical?** Actividad para reconstruir el supercontinente Pangea usando los continentes modernos, la imaginación y un poco ayuda (pagina 29)
- c. **¡ Las almejas tienen alas!** Una exploración del levantamiento y el crecimiento de las montañas (pagina 32)
  - i. **¡Me estás estresando!** Unas actividades para mostrar las tensiones en la superficie del planeta. (pagina 33)
  - ii. **Tierra adolorida y quebradiza** Los estudiantes construyen unos modelos del cartón o del barro para mostrar tres tipos de las quebradas y tres tipos de las encovaduras (pagina 36)
- d. **Comilones de petróleo** Unas actividades para explorar el rol de la bacteria anaeróbica en la formación de las cuevas en el parque nacional (pagina 41)
  - i. **¡Esto es algo más que dinosaurios muertos!** Una actividad para mostrar la formación del petróleo y el gas natural y dónde están atrapados debajo de la superficie (pagina 44)
  - ii. **Cosas raras en sitios raros** Una actividad para explorar las bacterias que viven en lugares extremos (las bacterias

- anaeróbicas que viven debajo de la tierra, la Cueva Lechuguilla, las burgas y el planeta marzo) (pagina 50)
- iii. **Un gas natural que huele mal y el yeso** Una actividad para mostrar lo que pasó cuando el yeso reemplazó la caliza en la formación de las cuevas en las Montañas Guadalupe (pagina 54)
- e. **La compañía la de grava de madre naturaleza** Unas actividades para introducir y explorar los procesos de la erosión (pagina 58)
    - i. **¡Cuñas de hielo!**Una actividad para estudiar el efecto de el agua que hiela y deshiela en las piedras (pagina 59)
    - ii. **Resopla y sopla** Una actividad para estudiar el efecto de los obstáculos en el movimiento de las dunas de arena (pagina 62)
    - iii. **Fiesta de intensas crecidas** Un experimento que muestra los efectos de la erosión y la deposición en las regiones de las cuencas y las montañas en el suroeste de los EEUU (pagina 67)
    - iv. **Los ácidos naturales** Una mirada de los ácidos naturales y como contribuyen a la formación de la caverna. (pagina 71)
  - f. **Cabeza abajo, cabeza arriba y otras lindas decoraciones de las cuevas** Unas actividades para explorar el origen de las formaciones en la cavernas (pagina 75)
    - i. **Cabeza abajo y cabeza arriba** Una actividad para crear unas estalactitas y unas estalagmitas (pagina 77)
    - ii. **Una decoración poco común** Una exploración de las decoraciones especiales (las perlas de la caverna, las palomitas, lo que causa la corrosión y otras) (pagina 82)
    - iii. **Es un mundo pequeño** Una mirada en los microclimas (pagina 86)
    - iv. **Gotea, gotea, gotea** Un estudio de la infiltración y la química del agua (pagina 91)
    - v. **¡Por ahí corre un río... literalmente!**Una exploración de otra manera de formar las cavernas (pagina 96)
- II. **Contenidos estándares con parámetros** (pagina 100)
  - III. **Recursos en geología** (pagina 108)
  - IV. **Glosario** (pagina 110)

## ***¡SURFEA CARLSBAD!***

Aunque parezca difícil de creer, el extremo sudeste de Nuevo México fue cierta vez un mar interior poco profundo: el hogar de una fascinante barrera de arrecifes que puede verse hoy en las Montañas Guadalupe, donde se encuentra el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. El crecimiento de este arrecife, así como el desarrollo de los espesos sedimentos de la cuenca y de una serie de sedimentos situados en la parte posterior del arrecife, han dado como resultado esta clase geológica única en el mundo. Los geólogos de todo el mundo vienen al Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad para estudiar las secuencias formadas por la parte posterior del arrecife—el arrecife—la cuenca, así como la formación de plataformas carbonadas, las cuencas de evaporita y las fascinantes cuevas que se forman en estas rocas solubles.

Esta unidad se concentrará en las rocas formadas en este antiguo medio ambiente de arrecifes. En la primera actividad, los estudiantes estudiarán los principales organismos formadores de arrecifes que se encuentran en el Arrecife Capitán. La segunda actividad proporcionará a los estudiantes la oportunidad de estudiar el desarrollo de los gruesos depósitos de sal que se encuentran en la Cuenca Delaware. En la tercera actividad, los estudiantes aprenderán a identificar las principales rocas sedimentarias que hay en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. La última actividad les dará a los estudiantes la oportunidad de explorar la vida de los tiempos antiguos por medio de los fósiles.

Los antecedentes y el material de apoyo para estas actividades están estrechamente relacionados con el libro *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Se recomienda particularmente que usted lea este libro o adquiera un conocimiento práctico de la geología de las Montañas Guadalupe antes de enseñar esta unidad.

# ¿UNA CASA HECHA DE...ESPONJAS?

*¿Qué tipos de organismos habrías visto si hubieras visitado el Arrecife Pérmico cuando se estaba formando?*

**Sumario:** Los estudiantes analizarán los organismos que formaron el Arrecife Pérmico y luego participarán en un juego donde se les pedirá que recuerden la información aprendida.

**Duración:** Un período de clases de 50 minutos

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** calcáreo, arrecife, extinción, Pangea

**Estándares/ parámetros tratados:** SC11-E5, SC12-E5

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Nombrarán y describirán varios organismos responsables de la formación del Arrecife Pérmico.

## ANTECEDENTES



Durante la última parte del Período Pérmico (hace 280-225 millones de años) Norte América formaba parte del súper continente *Pangea*. El Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad se encontraba entonces muy cerca del ecuador. Un océano interior poco profundo cubría el sudeste de Nuevo México y el área conocida como la “Cuenca Pérmica.” Hacia el sur- sudoeste, el canal de Hovey unía este océano con el Océano Pérmico, de dimensiones mucho mayores. Las condiciones en la parte oeste de la cuenca, un área llamada la Cuenca Delaware hoy día, eran favorables para el desarrollo y el crecimiento de muchos de los organismos que vivían en el océano antiguo. Entre estos organismos se incluían una variedad de moluscos, fusilínidos, algas, equinodermos, trilobites, corales y organismos coloniales como las esponjas y los briozoarios.

Entre los moluscos se encontraban organismos como los pelecípodos y los braquiópodos. Las conchas de estos organismos eran calcáreas y estaban formadas por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Los pelecípodos se clasifican como bivalvos y se identifican por su concha de dos mitades con charnela, en las cuales las mitades son generalmente simétricas o iguales. Las conchas serían un ejemplo de los organismos bivalvos de hoy día. Los braquiópodos eran similares, pero las dos mitades de sus conchas no eran simétricas. A veces se les conoce como moluscos “voladores” por la apariencia “alada” de sus conchas. Mientras que los braquiópodos vivían principalmente en el arrecife, los pelecípodos se supone que vivieran en el límite entre el arrecife y la parte posterior del mismo, más cerca del área de la laguna. Ambos se alimentaban filtrando partículas de comida suspendidas en el agua.

Otro grupo de moluscos encontrados en el Mar Pérmico eran los gasterópodos. Los gasterópodos nos serían más familiares si pensáramos en el caracol común. Se les reconoce por su concha en forma de espiral y por la forma en que se mueven sobre una base ancha y plana. La fuente primaria de comida para los gasterópodos eran las algas.

Aunque se piensa que los corales fueron los constructores de arrecifes más importantes de los mares modernos, éstos eran escasos en el Mar Pérmico. Muchos de los que se han encontrado allí eran corales solitarios en forma de cuerno. En lugar de ellos, las algas fueron unos de los principales organismos constructores de arrecifes encontrados en el Mar Pérmico. Diversas variedades de algas *calcáreas* estaban presentes en el área del *arrecife* y contribuyeron en gran medida al crecimiento del arrecife. Otros grandes constructores de arrecifes fueron las esponjas. Las esponjas eran criaturas que se agrupaban en colonias formando una casa calcárea en la que vivían y filtraban comida del agua. Se han encontrado diversas especies de esponjas de diferentes formas y tamaños.

Los briozoarios eran otro tipo de organismos coloniales que vivieron en el Mar Pérmico. Los briozoarios formaban colonias que parecían abanicos delicados a lo largo del suelo oceánico. Como muchos otros organismos que vivían en el área del arrecife, los briozoarios también filtraban comida del agua.

Los equinodermos también estaban presentes. Se les identifica fácilmente por sus cinco “rayos” o simetría en cinco partes. Un equinodermo encontrado con frecuencia entre los fósiles del arrecife es el crinoideo, un organismo en forma de flor que filtraba partículas de comida suspendidas en el agua.

Muchas personas piensan en la extinción de los dinosaurios como la mayor *extinción* de todos los tiempos. Sin embargo, ésta palidece si la comparamos con la extinción en masa que ocurrió a finales del Período Pérmico. Según los cálculos, casi el noventa por ciento de las especies que vivían en La Tierra en aquel momento se extinguieron.

## **MATERIALES**

Un juego de tarjetas de *Constructores de Arrecifes* por grupo de estudiantes (si se les monta previamente en cartón, las tarjetas serán más duraderas)

Papel para tomar notas durante la sección de inicio

Papel para apuntar los tantos

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Dígales a los estudiantes que la información que se va a discutir les será útil más adelante en la lección. Sugiera que escriban el nombre y las características de los organismos que se analizarán mientras usted escribe en la pizarra las palabras difíciles de deletrear.

Analice los arrecifes, cómo se formaron a partir de los restos calcáreos de organismos vivos y cómo se forman en ambientes tropicales a lo largo de áreas oceánicas poco profundas, etc. Use arrecifes modernos como la Gran Barrera de Arrecifes de Australia o los arrecifes de Belice como ejemplos para su discusión.

Describa y discuta los organismos responsables de la construcción de arrecifes hoy día. Compare y contraste éstos con los constructores de arrecifes del Período Pérmico. Asegúrese de concentrarse en el ambiente en que ellos viven, cómo se forman sus conchas y cómo se alimentan.

Pida a los estudiantes que hagan una lista de las características que tienen las costas de Australia o de Belice que las hacen ambientes ideales para los organismos constructores de arrecifes (agua tropical cálida, agua poco profunda que les permite tener más luz, agua bien oxigenada, etc.) Pregunte a los estudiantes si ellos piensan que las condiciones cerca de Carlsbad, en Nuevo México, eran diferentes durante el Período Pérmico. Pídales que describan cómo ellos piensan que el área de los alrededores del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad pudo haber sido hace 230 millones de años.

### **Actividad**

1. Dígales a los estudiantes que van a usar en un juego sus conocimientos de los organismos constructores de arrecifes que vivieron durante el Período Pérmico. Haga que los estudiantes formen grupos de tres o cuatro.
2. Dé las tarjetas de los Constructores de Arrecifes, boca abajo, a cada grupo de estudiantes, y adviértales que no las miren hasta que se les permita hacerlo.
3. Explique que cada tarjeta contiene una lista de cuatro características de un organismo constructor de arrecifes del Período Pérmico. Ellos tratarán de adivinar cuál es el organismo mientras se les dan las claves.
4. Las persona a quienes se le hayan dado las tarjetas al inicio leerán las claves, una por vez, en orden, hasta que alguien en el grupo adivine qué organismo es, o hasta que se usen todas las claves sin que nadie adivine.
5. Los estudiantes comenzarán a leer las claves mientras otros en el grupo tratan de adivinar el nombre del organismo. Se anotarán puntos por cada respuesta correcta según se indica más abajo. El estudiante que dé las respuestas correctas será el lector de la tarjeta siguiente.
  - Una clave – 4 puntos
  - Dos claves – 3 puntos
  - Tres claves – 2 puntos
  - Cuatro claves – 1 punto
6. El juego continúa hasta que se hayan leído todas las tarjetas. Dé un premio o recompensa a aquellos estudiantes que hayan obtenido la puntuación más alta, o a los que acumulen más de un número predeterminado de puntos.

### **Cierre**

Analice qué pudo haber ocurrido al arrecife si algunas de las condiciones ambientales hubiese cambiado (cambios en la temperatura del agua, en el nivel del mar, en el oxígeno disponible, etc.) Haga que los estudiantes presenten teorías sobre qué puede haber causado el fin del crecimiento del Arrecife Pérmico.

Analice los arrecifes actuales y cualquier condición que pueda estar amenazando su crecimiento (calentamiento oceánico, cambios en el nivel del mar, otros organismos que se alimentan de los constructores de arrecifes, etc.) Haga que los estudiantes expliquen de

qué manera el estudiar los ambientes antiguos, como el del Arrecife Pérmico, puede ayudarles a entender mejor nuestra Tierra actual.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes

- Nombren un organismo cuando se les dé un grupo de sus características.
- Expliquen qué características hacen un área del océano favorable para el crecimiento de los arrecifes.
- Expliquen por qué el estudio de los fósiles puede ayudarnos a tomar decisiones con la información adecuada sobre nuestra Tierra actual.

## **EXTENSIONES**

Trabajando en grupos de tres o cuatro, los estudiantes seleccionan un ecosistema de una lista dada (desierto, bosque lluvioso, montañas, etc.) Haga que ellos discutan en sus grupos los tipos de organismos, plantas y animales que serían típicos de este ecosistema. Ellos deben mencionar los organismos, así como las características que usaríamos para identificarlos.

A continuación ellos viajarán 230 años hacia el futuro y describirán lo que encontraría una persona que estudiara los fósiles de este ecosistema. También deben predecir algunos conceptos erróneos que un futuro paleontólogo cometerá si hace una mala interpretación de los fósiles.

## **RECURSOS**

Doyle, Peter. 1996. *Understanding Fossils: An Introduction to Invertebrate Paleontology*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

Jagnow, David and Jagnow, Rebecca. 1992. *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association.

## Tarjetas de Constructores de Arrecifes

Página 1 de 2

- Filtro mi comida del agua que me rodea.
- Viví en el límite entre el arrecife y la laguna.
- Mi casa está formada por dos mitades de concha casi idénticas.
- Soy similar a las conchas modernas.

*Respuesta: pelecípodo*

- Filtro mi comida del agua que me rodea.
- No fui muy común en el Mar Pérmico.
- Durante el Período Pérmico aparecía con frecuencia en forma de cuerno.
- Formo muchos de los arrecifes que existen en el mundo de hoy.

*Respuesta: coral*

- Me alimento de las algas que crecen en el fondo oceánico.
- Mi casa es una concha en forma de espiral hecha de carbonato de calcio.
- Me muevo sobre una plataforma ancha y plana.
- Hoy día me llamarías el caracol común.

*Respuesta: gasterópodo*

- Filtro mi comida del agua que me rodea.
- Viví a lo largo de la parte superior del montículo del arrecife.
- Mi casa está formada por dos mitades de concha que no tienen la misma forma o tamaño.
- A veces parece que mi concha tiene alas.

*Respuesta: braquiópodo*

*¿Una casa hecha de...esponjas?*

- Filtro mi comida del agua que me rodea.
- Vivo en una colonia con cientos de otras criaturas como yo.
- Fuimos uno de los principales constructores de arrecifes del Mar Pérmico.
- Hoy día los restos de mi casa se usan con frecuencia como un absorbente para limpiar.

*Respuesta: esponja*

- Filtraba mi comida del agua que me rodeaba.
- Viví a lo largo de la parte superior y frontal del arrecife, firmemente unido al fondo del mar.
- Una de mis variedades parecía una bella flor acuática, pero era en realidad un animal.
- Mi cuerpo se identifica por su simetría de cinco partes.

*Respuesta: equinodermo o crinoideo*

- Filtro mi comida del agua que me rodea.
- Vivo en una colonia con cientos de otras criaturas como yo.
- Nuestra casa era con frecuencia una hermosa estructura en forma de abanico unida al fondo oceánico.
- Los restos de mi esqueleto con frecuencia parecen pequeñas ramitas rotas.

*Respuesta: briozoario*

- Soy un fotosintetizador muy importante en el océano.
- Soy uno de los organismos terrestres más antiguos.
- Ayudé a formar el arrecife por mi crecimiento en forma de enormes montículos que dejaron grandes depósitos de calcio.
- Los gasterópodos se alimentan de mí.

*Respuesta: algas*

*¿Una casa hecha de...esponjas?*

# SALES VIEJAS

*¿Cómo se formaron los enormes lechos salinos que quedan cerca de las Cavernas de Carlsbad?*

**Sumario:** Los estudiantes construirán su propia “cuenca de evaporita” en miniatura y anotarán las observaciones que hagan cuando las sales comiencen a precipitarse en el agua.

**Duración:** Dos o tres períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** evaporita, precipitación, salinidad, saturación

**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC5-E2, SC6-E1

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán cómo se formaron los enormes lechos salinos que quedan cerca de las Cavernas de Carlsbad.
- Construirán cuencas de evaporita.

## ANTECEDENTES



¡Imagínate! ¡Los océanos son salados! Bueno, esto no debe ser una sorpresa para nadie. Sin embargo, los océanos contienen más que cloruro de sodio, el compuesto que probablemente conoces como sal de mesa. Cuando los ríos fluyen cuesta abajo hacia el océano, la bahía o el golfo, por el camino disuelven minerales de la tierra a través de la que, o por donde, pasan. Estos minerales disueltos toman la forma de iones, átomos cargados eléctricamente o grupos de átomos. Los más comunes de estos iones son sodio ( $\text{Na}^+$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ). Además, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) disuelto en agua puede formar el ion carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ). La combinación de iones eléctricamente positivos y negativos resulta en un compuesto llamado “sal”. La sal más común es la sal de mesa, o cloruro de sodio. Está formada por una unidad base de un ion de sodio y un ion de cloruro.

En el antiguo Mar Pérmico la salinidad del agua cambiaba periódicamente. Se piensa que las variaciones causadas por el cambio de estaciones en la temperatura y la entrada de agua fresca hayan contribuido a los ciclos anuales de salinidad. En mayor escala, la Cuenca Delaware se aislaba periódicamente del Océano Pérmico debido a los cambios en el nivel del mar o al cierre del Canal de Hovey en el sudoeste. Esto daba como resultado un aumento en la *salinidad* cuando el agua de la cuenca comenzaba a evaporarse. A medida que el agua se evaporaba, la concentración de las sales menos solubles alcanzaba el punto de *saturación* y estas sales comenzaban a *precipitarse* en el agua y se asentaban en el fondo, formando los gruesos depósitos de rocas de *evaporita* que se encuentran allí hoy día. Si el agua continuaba evaporándose y haciéndose menos salina, las sales más solubles empezaban también a precipitarse. Con el paso del tiempo, cuando el antiguo

Mar Pérmico fue aislado del Océano Pérmico por última vez, la sal más abundante, el cloruro de sodio, comenzó a precipitarse y se formaron los gruesos lechos salinos de la Salado Formation. Es en esta formación que se encuentra el depósito WIPP. En un momento dado, durante esta sedimentación, se depositó el cloruro de potasio, formando el mineral silvita. La roca que contiene este mineral se llama corrientemente potasio y se extrae de las minas que quedan cerca de Carlsbad.

Los organismos que vivían en los mares antiguos usaban estas sales para su beneficio. Muchos de ellos extraían el calcio y los iones carbonados del agua y los utilizaban para construir conchas de carbonato de calcio, que también se conoce como el mineral calcita. Este compuesto es el principal componente de las rocas de piedra caliza. Una gran cantidad de la arena que está alrededor del arrecife se formó del carbonato de calcio que se precipitó en el agua, o de los restos de esqueletos aplastados y pulverizados de algunos organismos. Estas arenas carbonadas llenaron los huecos del arrecife y fueron atrapadas en las enormes esteras de algas que se formaron a lo largo del arrecife.

Con el paso del tiempo, la erosión ha removido las capas de la cubierta y ha dejado expuestos el arrecife y las sales depositadas en la cuenca. El carbonato de calcio es mucho menos soluble que las otras sales. De hecho, en el ambiente semiárido cerca de las Cavernas de Carlsbad, la piedra caliza formada a partir de este compuesto es resistente a los cambios ambientales y forma la mayor parte de las Montañas Guadalupe. En la cuenca que se encuentra en el sudeste de las Cavernas de Carlsbad, los depósitos de yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) están expuestos en la superficie. El yeso tiene una solubilidad que es aproximadamente diez veces mayor que la de la piedra caliza. Como resultado, el yeso de la cuenca es afectado por los cambios ambientales más rápidamente que la piedra caliza en las Montañas Guadalupe. El agua subterránea que se mueve a través de las grietas en los lechos de yeso ha formado cientos de cavernas poco profundas cerca de la superficie. La mayor de éstas, el Sistema de Cuevas de Park Ranch, tiene más de cuatro millas de longitud y se encuentra a aproximadamente seis millas al sur de White's City. Puede verse desde el centro de visitantes de las Cavernas de Carlsbad. Los lechos salinos existen en la superficie de algunos lugares muy áridos del mundo, como la región cercana al Mar Muerto en Israel. Cerca de Carlsbad, las precipitaciones anuales y las aguas subterráneas son suficientes para disolver estos lechos salinos subterráneos, antes de que sean expuestos en la superficie.

## **MATERIALES**

Taza de medir, 1 taza (250 ml)

Cuchara de medir, una cucharada (15 ml)

Tazón de cristal, 2 cuartos

Sal de mesa

Sales de epsom

Tijeras

Lente de aumento

Papel de construcción negro

La tapa de un tarro grande o un tazón plano y poco profundo

## **PROCEDIMIENTO**

*Inicio*

Pregúnteles a los estudiantes cuántos de ellos tienen un padre u otro familiar que trabaje en una mina de potasio o en la Waste Isolation Pilot Plant (WIPP). Pregúnteles en qué tipo de roca se encuentran situadas las minas de potasio y el depósito de la WIPP. Analice los gruesos lechos de sal de piedra que se encuentran cerca de Carlsbad. Haga que los estudiantes discutan qué condiciones pudieron haber creado lechos de sal de piedra de 2000 pies de espesor. Señale que la sal de piedra (halita) no es el único mineral de la cuenca. El yeso y la piedra caliza son también rocas de evaporita que forman parte de una secuencia de evaporita que tiene una milla de espesor.

En ciertos lugares como la planicie yesosa que se encuentra al sur de White's City, en Nuevo México, encontramos algunas de las capas de yeso expuestas en la superficie. Pida a los estudiantes que discutan en grupos las razones por las cuales no encontramos lechos de halita expuestos en la superficie. ¿Qué les ocurre cuando, por causa de la erosión, suben hasta cerca de la superficie?

### ***Actividad***

#### **HALITA:**

1. En un tazón disuelva 4 cucharadas (60 ml) de sal de mesa en una taza (250 ml) de agua.
2. Deje el tazón aparte y no lo toque hasta que el agua se evapore (este proceso puede durar varias semanas). Si no cuenta con tanto tiempo, exponga el tazón a un calor moderado, como la llama de un bombillo incandescente, para acelerar la evaporación.
3. Haga que los estudiantes estudien los cristales que se forman en el fondo del tazón con una lente de aumento y que dibujen lo que observen. Haga que comparen los cristales que se forman en el fondo del tazón con los que se encuentran a los lados del mismo.

#### **EPSOMITA:**

1. Recorte un círculo de papel de construcción negro que quepa dentro de la tapa de un tarro grande o en un tazón plano y poco profundo.
2. Disuelva cuatro cucharadas (60 ml) de la mezcla de sales de epsom en una taza (250 ml) de agua.
3. Vierta una capa fina de esta solución sobre el papel negro.
4. Déjelo reposar durante una noche, o más tiempo si es necesario.
5. Haga que los estudiantes estudien los cristales que se forman en el fondo del tazón con una lente de aumento y que dibujen lo que observen.

Haga que los estudiantes comparen y contrasten los cristales de halita y de epsomita.

### ***Cierre***

Discuta lo que le ocurre a la sal disuelta en el agua del océano si el océano comienza a evaporarse. Pregúnteles cuál se disuelve más rápido en un vaso de agua de agua fría, ¿la sal o el azúcar? Usando el conocimiento que los estudiantes tienen de que la sal se disuelve con más facilidad, discuta el concepto de solubilidad y el hecho de que algunas sustancias se disuelven más fácilmente que otras. Pregúnteles a los estudiantes si esto significaría que algunas sustancias se precipitarían, o formarían cristales, más fácilmente que otras. Discuta los tres tipos principales de sales encontradas en la Cuenca Delaware y

cómo se formaron en momentos diferentes cuando el Mar Pérmico fue aislado del Océano Pérmico y empezó a evaporarse.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Nombren las tres principales rocas de evaporita encontradas en la Cuenca Delaware.
- Expliquen por qué las rocas se formaron en capas separadas, aun cuando se formaron del mismo cuerpo de agua en evaporación.

## **EXTENSIONES**

Dado un grupo particular de objetivos o preguntas, haga que los estudiantes diseñen y lleven a cabo su propio experimento relacionado con la solubilidad y la sal. Algunos objetivos que se sugieren son:

- Usando diferentes sales, investigue cuál es la más soluble y cuál se precipitará más pronto en el agua.
- ¿El hecho de mezclar dos o más sales afecta su solubilidad?
- ¿Cómo afecta la solubilidad la temperatura del agua?

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Hill, Carol. 1996. *Geology of the Delaware Basin, Guadalupe, Apache, and Glass Mountains, New Mexico and West Texas: Permian Basin Section SEPM*, Publication No. 96-39.

Van Cleave, Janice. 1991. *Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

# ¿ES PIEDRA CALIZA O YESO?

*¿Qué tipos de rocas se pudieron haber formado en el antiguo Mar Pérmico?*

**Sumario:** Los estudiantes identifican los tipos principales de rocas encontradas en el área que está alrededor de las Cavernas de Carlsbad utilizando propiedades como color, tamaño de la veta, contenido mineral y reactividad hacia el ácido.

**Duración:** Dos períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** sedimento, sedimentario, textura

**Estándares/ parámetros tratados:** SC5-E2, SC6-E1, SC12-E2

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Identificarán muestras de piedra caliza, yeso, halita, arenisca y esquisto utilizando varias propiedades químicas y físicas.

## ANTECEDENTES



Los principales tipos de roca que se encuentran cerca del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad son piedra caliza, yeso, halita, arenisca y esquisto. Todas estas rocas son sedimentarias. Se han formado de *sedimentos* depositados en o cerca del Arrecife Capitán durante el Período Pérmico, hace aproximadamente 230 millones de años. Las rocas *sedimentarias* se clasifican en tres tipos: clásticas o detríticas, químicas y orgánicas.

Las rocas sedimentarias clásticas o detríticas se forman de los restos rotos de otras rocas. Estos restos rotos, o sedimentos, pueden variar en su tamaño de una fracción de un milímetro a varios metros. Pueden estar bien distribuidas, con sólo una pequeña diferencia de tamaño entre una roca y otra, o pueden ser de tamaños variados. Los cementos químicos depositados por las aguas subterráneas que se mueven a través de la roca generalmente mantienen los sedimentos unidos. La arenisca, la piedra legamosa y el esquisto son rocas sedimentarias clásticas comunes que se encuentran en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad.

Las rocas sedimentarias químicas son rocas formadas por productos químicos que se han precipitado en el agua. La mayoría de las rocas sedimentarias químicas que se encuentran cerca de Carlsbad se precipitaron en el antiguo Mar Pérmico. El yeso, la halita (sal de piedra) y la piedra caliza química son ejemplos de rocas químicas sedimentarias que se encuentran en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. Muchas de las formaciones que se ven en las cuevas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad también se formaron a partir de los minerales dejados por la evaporación del agua. Para conseguir más información sobre la formación de las rocas sedimentarias químicas, vea la actividad titulada “Sales Viejas.”

Las rocas orgánicas sedimentarias son rocas que se formaron de o por organismos vivos. Con frecuencia se hallan fósiles en las rocas orgánicas sedimentarias. La piedra caliza orgánica y la piedra caliza coquina son dos rocas orgánicas sedimentarias que se encuentran en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad

La identificación de las rocas sedimentarias comienza con determinar si la roca es clástica, química u orgánica. Entonces el tipo de roca se determina por medio del estudio de su textura. De las rocas hechas de pedazos mayores de cristal se dice que tienen una *textura* gruesa. De las rocas hechas de pedazos de cristal más pequeños se dice que tienen una *textura* fina. Otras propiedades que se usan para identificar las rocas son su color, sabor y reactividad hacia ciertos ácidos. El cuadro que aparece en la sección de procedimientos lo guiará a través de las etapas necesarias para identificar los tipos de rocas sedimentarias del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. Usted necesitará ayudar bastante a sus estudiantes en la primera parte de esta actividad.

## **MATERIALES**

Varias muestras de piedra caliza, yeso, halita, arenisca y esquisto.

Lupa

Una pequeña muestra de HCl diluido para la demostración del profesor

Vinagre blanco

Copias de las hojas de información y del cuadro de identificación

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Divida la clase en grupos de tres o cuatro estudiantes. Dé a cada grupo una roca de la lista de materiales. No identifique la roca todavía.

Pídales a los estudiantes que proporcionen una lista de tantas propiedades como ellos puedan encontrar que les sirvan para describir sus piedras. Haga que los estudiantes compartan algunas de sus observaciones con el resto de la clase. Escriba las observaciones en la pizarra y analice las similitudes y las diferencias entre sus observaciones.

Muestre el cuadro de identificación en la pizarra o con la ayuda de un proyector de vistas. Describa cómo se formaron los distintos tipos de rocas sedimentarias. Diga a los estudiantes que ellos usarán este cuadro para identificar las rocas que se les den. Haga que los estudiantes copien el cuadro de identificación.

### ***Actividad***

1. Dé a cada grupo una muestra de roca sedimentaria cada vez. No les dé una roca nueva hasta que los estudiantes hayan determinado el nombre de la primera que se les dio.
2. Haga que los estudiantes clasifiquen la roca en clástica, química u orgánica. La mayoría de ellos necesitarán de su ayuda con la primera roca.
3. Haga que los estudiantes determinen la textura de la roca (tamaño del sedimento o cristal, fósiles).
4. Haga que los estudiantes escriban en una lista los fósiles o minerales que vean.
5. Haga que los estudiantes escriban cualquier observación que hagan. Si piensan que tienen una piedra caliza, deben pedirle ayuda para poner una gota de vinagre en la muestra y verla hacer efervescencia. El HCl diluido también puede usarse, pero

solamente bajo su estricta supervisión y usando gafas protectoras. Después, enjuague la mezcla con gran cuidado.

6. Usando el cuadro de identificación, los estudiantes determinan el nombre de la roca y le enseñan a usted su cuadro de datos y su muestra de roca. Si lo hacen correctamente, continuarán con otra roca hasta que hayan usado seis rocas.

### ***Cierre***

En la parte posterior de su cuadro de datos (individualmente), con la clase completa, o de las dos maneras, haga que los estudiantes respondan las siguientes preguntas:

- ¿Qué propiedades te ayudaron a identificar mejor las rocas clásticas? ¿Las químicas? ¿Las orgánicas?
- Describe un medio ambiente donde puede formarse la arenisca.
- Si el mineral halita se forma por evaporación, ¿sería clástico, químico u orgánico?

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Le den a usted las hojas de información ya completas, y las respuestas a las preguntas.

## **EXTENSIONES**

Dé a sus estudiantes un dibujo de un corte transversal en el Arrecife Capitán similar al que aparece en las páginas 8 y 9 de *Stories from Stones*. Con la clase completa, o en grupos, discuta y trate de determinar dónde se habrían depositado los sedimentos que formaron cada una de las muestras de roca usadas en la actividad.

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Jagnow, David and Jagnow, Rebecca. 1992. *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association.

## CUADRO DE IDENTIFICACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS

<b>ROCAS CLÁSTICAS O DETRÍTICAS</b> (hechas de pedazos rotos de otras rocas)	
NOMBRE	TEXTURA/ COMPOSICIÓN
Conglomerado	Mezcla redonda de tamaños mayores que 2mm de diámetro –grava
Brecha	Mezcla angular de tamaños mayores que 2mm de diámetro –grava
Arenisca	Hecha de arena calcárea (0.06-2 mm de diámetro) –arena
Piedra legamosa	Hecha de sedimentos pulverizados menores que la arena –légamo
Esquisto	Hecha de partículas microscópicas de otras rocas –arcilla
<b>ROCAS QUÍMICAS</b> (parecen estar hechas de cristales)*	
NOMBRE	PROPIEDADES QUE LAS IDENTIFICAN
Piedra caliza	gris/bronceada/ marrón claro, hace efervescencia con el HCl diluido o con el Ácido Acético (vinagre)
Sal de piedra	incolora/ blanca/azul, sabe a sal, se disuelve en agua con facilidad
Yeso	blanco, forma cristales alargados y delgados o luce como azúcar triturado,
* De las rocas sedimentarias, la piedra caliza es la más dura y el yeso es la más blanda.	
<b>ROCAS ORGÁNICAS</b> (se identifican por los fósiles que hay en ellas)	
NOMBRE	PROPIEDADES QUE LAS IDENTIFICAN
Piedra caliza	roca cristalina de color marrón a gris, con fósiles
Coquina	fragmentos de concha grandes, se parece a los Rice Krispies Treat

*¿ES PIEDRA CALIZA O YESO?*

<b>DATOS Y OBSERVACIONES</b>					
<b>Mues- tra</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Minerales o Fósiles Presentes</b>	<b>Textura</b>	<b>Detrítica, Química u Orgánica</b>	<b>Nombre de la Roca</b>
<b>A</b>					
<b>B</b>					
<b>C</b>					
<b>D</b>					
<b>E</b>					
<b>F</b>					

*¿ES PIEDRA CALIZA O YESO?*

# TE PRESENTO A ROCKY, MI MASCOTA FÓSIL

*¿Qué son los fósiles y cómo se forman?*

**Sumario:** Los estudiantes describirán las distintas maneras en que se forman los fósiles, construirán un fósil de yeso blanco y tratarán de describir un organismo y el medio ambiente en que vivió al estudiar su fósil.

**Duración:** Dos o tres períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** calco, fósil, molde, paleontólogo, petrificado, trazas de fósiles

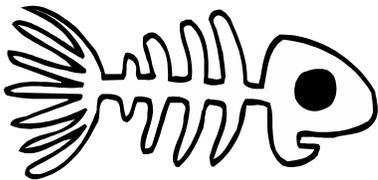
**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC3-E1, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E5

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán el proceso de formación de los fósiles.
- Prepararán un calco/ molde de un fósil hecho de yeso blanco.
- Estudiarán un fósil y tratarán de describir el organismo que lo dejó y el medio ambiente en que vivió.

## ANTECEDENTES



Los dinosaurios... los tiburones de sesenta pies de longitud... las libélulas del tamaño de un hombre... los armadillos del tamaño de un Volkswagen estilo escarabajo...

¿Qué tienen todos ellos en común? Ciertamente no existen hoy día. Sin embargo, todos ellos existieron en

un momento dado, y esto lo sabemos porque hemos encontrado y estudiado sus restos. Los restos, huellas o rastros dejados por organismos vivos en las rocas se llaman *fósiles*. Al analizar los fósiles, podemos decir no solamente qué vivió y dónde vivió, sino también cómo vivía, qué comía, si tenía una estructura social y muchos otros datos valiosos.

La mayor parte de los organismos no crean fósiles. De hecho, son necesarias ciertas condiciones para que los organismos tengan mayores probabilidades de ser preservados como fósiles. En primer lugar, un organismo muerto debe ser protegido de los animales que se alimentan de carroña y de la descomposición causada por los microorganismos. Los organismos que fueron enterrados rápidamente tienen mayores probabilidades de preservarse. De hecho, muchos de los mejores fósiles que se han encontrado fueron depositados cerca de áreas pantanosas, o en estas áreas, donde tenían mayor probabilidad de un enterramiento rápido en lodos no oxigenados.

Los fósiles de las medusas son difíciles de encontrar. Esto no se debe a que haya escasez de medusas, sino a que hay muy pocas partes duras en la medusa. Las partes duras como los huesos, las conchas o los dientes crean los mejores fósiles. Los tiburones han estado en los océanos de La Tierra desde la Era Paleozoica, pero los fósiles más comunes que

encontramos de los tiburones son los dientes. El esqueleto cartilaginoso de los tiburones rara vez sobrevive el proceso de fosilización.

Los fósiles aparecen en muchas formas: restos petrificados, películas carbonáceas, moldes y calcos, restos originales y trazas de fósiles. Los restos *petrificados* se vuelven piedra. A medida que el agua subterránea que contiene minerales disueltos pasa a través del organismo enterrado y lo remoja, los minerales reemplazan los tejidos originales. Con la sedimentación de estos minerales, el organismo, literalmente, “se vuelve piedra.”

Las películas carbonáceas son fósiles que pueden preservar evidencia de tejidos más blandos. Todos los organismos están compuestos por tejidos que contienen carbón. Cuando el organismo es enterrado, el calor y la presión cambian la estructura del tejido, haciendo que los gases y los líquidos salgan del cuerpo y dejando atrás una película carbonácea. El fósil que se forma muestra el bosquejo del organismo original y a veces detalles de la estructura del cuerpo, así como de la estructura del esqueleto.

*Los moldes y los calcos* se forman cuando un fósil se descompone, se desgasta o se disuelve. El vacío que deja se llama molde. Este vacío se llena después con los sedimentos que pasan con el agua a través de las grietas o por los minerales que se precipitan en las aguas subterráneas. Este nuevo fósil “sustituto” se llama calco. Los fósiles moldes y calcos son bastante comunes en las rocas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. En la actividad que acompaña esta lección, los estudiantes harán fósiles moldes y calcos.

A veces los *paleontólogos*, los científicos que estudian los fósiles, son tan afortunados que encuentran los restos reales de un organismo. Cualquier aficionado de *Parque Jurásico* sabe de la existencia de los restos de insectos atrapados en ámbar. El ámbar es una roca hecha de savia. En el caso de *Parque Jurásico*, los insectos que vivieron hace 175 millones de años fueron atrapados y preservados en una gota de savia. Esto protegió el cuerpo de los insectos de la descomposición y la petrificación, y, según la historia, incluso preservó el ADN en la sangre que el insecto había ingerido. Una historia reciente, más realista, se refiere a los restos que se encontraron congelados en Mammoth. Otros restos reales se han encontrado en La Brea Tar Pit de California.

Las *trazas de fósiles* son evidencias de que un organismo estuvo allí sin que quede ningún resto del mismo. Ejemplos de las trazas de fósiles son huellas, marcas de arrastre, agujeros de gusanos y surcos. Partiendo de estos fósiles es posible determinar datos tales como el tamaño de un organismo, su estilo de vida, su comportamiento durante la caza y su dieta.

El estudio de los fósiles nos da información sobre el medio ambiente antiguo también. El Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad está situado en la región nortea semiárida del Desierto de Chihuahua, en elevaciones que van desde 3000 pies a cerca de 7500 pies. Sin embargo, una rápida ojeada a los fósiles del parque nos revela que hubo un tiempo en que el mar cubrió esta área. Las esponjas, las algas, los crinoideos, los moluscos y los braquiópodos eran comunes en el océano antiguo y encontramos sus fósiles hoy día. El estudio de estos fósiles ha proporcionado evidencias de una enorme barrera de arrecifes que muchos creen que existió hace 230 millones de años. Los estudios de los fósiles que

siguen llevándose a cabo en el parque continúan proporcionando información sobre la historia geológica del área.

## **MATERIALES**

Tazones de cartón o mantequilleras

Yeso blanco

Hoja, concha, hueso u otros materiales para convertirlos en fósiles

Petrolato

Fósiles reales (si no hay ninguno disponible pueden sustituirse por modelos o fotos de fósiles)

Un disco de vinilo antiguo, no importa el tamaño o el artista

Un hueso viejo y desgastado

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Alce un disco de vinilo de LD para que los estudiantes lo vean y pídales que describan lo que es. Pídales que le ofrezcan ideas sobre cuán antiguo es el disco, y qué es necesario hacer para que éste trabaje. Pídales que le describan a la persona que ellos piensan que fue su primer dueño.

Alce un hueso viejo y desgastado. Pídales a los estudiantes que describan el organismo del que procede. Pídales que le ofrezcan ideas sobre cuán antiguo es el hueso y a qué parte del organismo perteneció.

Alce un fósil para que la clase lo vea. Pídales a los estudiantes que describan en qué se parece y en qué se diferencia de los dos objetos anteriores.

Discuta el material de apoyo que viene en la sección de Antecedentes con la clase, haciendo énfasis en cómo se forman los fósiles, en los tipos de fósiles y en qué podemos aprender de los mismos.

### ***Actividad***

VAMOS A PREPARAR UN FÓSIL (para hacer en grupos de tres o cuatro)

1. Prepara una porción de yeso blanco que sea suave y espesa.
2. Llena el tazón o la mantequillera con yeso blanco hasta la profundidad de una pulgada.
3. Cubre el objeto que va a ser fosilizado (hoja, concha, hueso, etc.) con una capa fina de vaselina.
4. Presiona el objeto contra el yeso blanco, pero no dejes que el yeso blanco sobrepase la parte superior del objeto.
5. Deja secar el yeso blanco durante 24 horas por lo menos y extrae el objeto.
6. Cubre la parte superior del yeso blanco con una capa fina de vaselina.
7. Vierte más yeso blanco en la parte superior hasta una pulgada de espesor y déjalo secar durante 24 horas por lo menos.
8. Separa las dos mitades. La mitad original representa un fósil molde y la segunda porción de yeso blanco que se vertió representa un fósil calco.

## LABORATORIO DEL PALEONTÓLOGO AFICIONADO

- 1) Dé a cada grupo de estudiantes un fósil real (pueden ser sustituidos por modelos o fotos).
- 2) Cada grupo debe estudiar el fósil y proporcionar las mejores respuestas a las siguientes preguntas:
  - a. ¿Cómo se llama el fósil?
  - b. ¿Cómo y qué comía el fósil?
  - c. ¿Cómo se movía el fósil, o de qué forma se unía a la tierra o al fondo oceánico?
  - d. Encuentra una estructura u objeto en el fósil y explica detalladamente para qué se usaba.

Repita las mismas preguntas con dos o tres fósiles más.

### **Cierre**

Pregúnteles a los estudiantes si les fue fácil o difícil responder las preguntas del laboratorio del paleontólogo. Pregúnteles cómo creen ellos que un paleontólogo profesional respondería estas preguntas. Lleve la discusión a concentrarse en el hecho de que el presente tiene las claves del pasado. En otras palabras, la mejor información que tenemos para ayudarnos a conocer el pasado es la información que encontramos hoy día en La Tierra.

Pídales a los estudiantes que den razones a favor o en contra del planteamiento “El presente tiene las claves del pasado” y analícelo con la clase.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Le den al maestro los fósiles moldes/ calcos y el trabajo que hicieron en el Laboratorio del Paleontólogo.
- Describan las condiciones necesarias para que se forme un fósil.
- Describan cinco tipos de fósiles.
- Hagan una lista con cinco aspectos importantes que podemos determinar al estudiar los fósiles.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes presenten distintas hipótesis sobre qué tipo de fósiles serían dejados por la sociedad actual. ¿Qué pensaría un paleontólogo, dentro de 230 millones de años, de los organismos que viven hoy día? ¿Qué pensaría de nuestra forma de comer, estructura social, medios de transporte y de entretenimiento?

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Van Cleave, Janice. 1991. *Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

Carolina Biological Supply Company - [www.carolina.com](http://www.carolina.com)  
Fisher Scientific - [www1.fishersci.com](http://www1.fishersci.com)

Flinn Scientific, Inc. - [www.flinnsci.com](http://www.flinnsci.com)  
Sargent-Welch - [www.sargentwelch.com](http://www.sargentwelch.com)

# ***CONTINENTES VAGABUNDOS***

El lugar donde hoy se encuentra Carlsbad estuvo, en un momento dado, situado cerca del ecuador. Se han hallado fósiles de plantas tropicales cerca de la Antártida. Se han encontrados los mismos animales y las mismas rocas en diferentes continentes. Estas evidencias, y otras, sugieren que la tierra no es tan estática como quisiéramos creer. Durante el siglo pasado los científicos, considerando esta información y otras evidencias, llegaron a la conclusión de que los continentes se mueven. Las investigaciones han mostrado que el fondo del Océano Atlántico se está dilatando en el centro. La sismología ha encontrado evidencias de grandes plumas conductoras en el manto, que mueven las placas litosféricas rotas como con una correa de transmisión.

Los continentes que se mueven en la superficie de un planeta van a causar ciertos daños. Los continentes que chocan se convierten en montañas al contraerse. El calor generado por la fricción de este impacto hace que algunas rocas que conforman los continentes se derritan. Estas rocas derretidas suben hasta la superficie, cerca del punto donde se produjo el choque, y crean un volcán. Los continentes que se separan dan lugar a la aparición de cuencas. Estas cuencas se hunden bajo el nivel del mar y son cubiertas por el agua. Los terremotos son también consecuencias obvias del estrés en las placas litosféricas.

Las actividades de esta unidad están diseñadas para complementar los estudios hechos en clases sobre la tectónica de placas y su efecto en la superficie de la tierra.

# MANZANAS, HUEVOS Y LA TIERRA

¿Cómo es la tierra por dentro?

**Sumario:** Los estudiantes usarán manzanas y huevos duros para modelar la estructura interna de la tierra.

**Duración:** Un período de clases de 50 minutos

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** célula de convección, corteza, núcleo interno, litosfera, manto, modelo, Discontinuidad de Mohorovicic, núcleo externo, plasticidad

**Estándares/ parámetros tratados:** SC1-E1, SC2-E2, SC2-E3, SC4-E1, SC4-E5, SC6-E1, SC6-E8, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán las capas internas de la tierra.
- Usarán manzanas y huevos duros para modelar las capas internas de la tierra.

## ANTECEDENTES



¿Cómo es la tierra por dentro? ¿Está toda formada por el magma? ¿Cómo lo sabemos? A través de la historia se ha especulado mucho sobre lo que hay realmente en el centro de nuestro planeta. Algunos creían que la tierra era una esfera hueca y que una civilización completa vivía en su interior. En 1864 Julio Verne escribió *Viaje al centro de la Tierra*. En este libro, el continente perdido de la Atlántida, los dinosaurios y muchas aventuras se encuentran en el centro de la tierra. Pero fue sólo en el siglo

pasado que comenzamos a comprender qué había realmente en el centro de nuestro planeta.

Es sólo con el desarrollo de la ciencia de la sismología que hemos podido echar una ojeada a lo que se encuentra debajo de nosotros. En 1909 el científico yugoslavo Andrija Mohorovicic descubrió que las ondas sísmicas cambiaban su velocidad en un punto entre los 32 y los 64 kilómetros bajo la superficie de la tierra. La *Discontinuidad de Mohorovicic*, como se le conoce, marcó el límite entre la corteza terrestre y el manto. Estudios posteriores han mostrado que el interior de la tierra está compuesto por cuatro capas principales: la corteza, el manto, el núcleo interno y el núcleo externo. Estudios más recientes han mostrado que incluso estas capas pueden ser subdivididas y que los límites entre ellas no están tan claramente definidos como se pensaba antes.

El centro denso de la tierra se llama *núcleo interno*. Tiene un radio de aproximadamente 1300 kilómetros y comienza a una profundidad de cerca de 5150 kilómetros. Está compuesto de níquel y hierro. Las temperaturas en el núcleo interno alcanzan los 5000 °C. Esta temperatura es mucho más alta que el punto de fusión del níquel y el hierro. Sin embargo, la intensa presión que existe en el centro de la tierra empuja tan fuertemente los átomos de níquel y hierro unos contra los otros que éstos permanecen sólidos.

Alrededor del núcleo interno se encuentra el *núcleo externo*, que es líquido. Comienza a una profundidad de alrededor de 2900 kilómetros y tiene aproximadamente 2250 kilómetros de espesor. Las presiones, que son menores en esta área, permiten que el níquel y el hierro se derritan. Sin embargo, las temperaturas son aún altas, pues van desde 2200°C en la parte superior hasta casi 5000° C cerca del núcleo interno.

La capa que se encuentra directamente debajo de la tierra es el *manto*. Está compuesta principalmente por los elementos silicio, oxígeno, hierro y magnesio. Aunque esta capa es sólida, las altas temperaturas y la presión hacen que la roca sólida fluya. Esta propiedad se conoce como *plasticidad*. Las temperaturas van desde 2200° C cerca del fondo hasta 870° C cerca de la superficie. Las investigaciones sísmicas han indicado que el manto contiene grandes *células* de convección, que se mueven con lentitud. En estas células, el material del manto que es más caliente y menos denso sube hacia la superficie, mientras que el material más frío y denso se hunde hacia el fondo.

La capa más delgada y cercana a la superficie de la tierra se llama *corteza*. Está compuesta principalmente por los elementos oxígeno, silicio, magnesio y aluminio. El hierro, el calcio, el sodio y el potasio también abundan allí. El espesor de la corteza varía desde 8 kilómetros bajo los océanos hasta 70 kilómetros bajo los continentes. Las áreas de corteza oceánica más nuevas y densas se componen principalmente de rocas basálticas y son más delgadas. Las áreas más antiguas y menos densas de corteza continental son más gruesas y están compuestas principalmente de rocas graníticas.

La corteza terrestre y la parte superior del manto forman la *litosfera*. La litosfera está dividida en secciones grandes que se llaman placas litosféricas. Hay siete placas mayores y siete placas menores. La mayoría de las placas contienen tanto corteza oceánica como continental. El movimiento de estas placas se denomina deriva continental.

## **MATERIALES**

Huevos duros (uno por grupo)  
Manzanas (una por grupo)  
Pequeños cuchillos afilados (uno por grupo)  
Papel para dibujar lo observado  
Crayones o lápices de colores  
Una pelota de baloncesto  
Una pelota de goma sólida

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Pregúnteles a los estudiantes “¿Qué es un *modelo*?” Analice las formas en que se construye un modelo según una escala determinada.

Alce una pelota de baloncesto, una pelota de goma sólida y una manzana y pregunte a los estudiantes: “¿Cuál de ellas es el mejor modelo de lo que es la tierra por dentro?” Haga una lista con las razones de su elección en la pizarra o usando un proyector.

### ***Actividad***

Esta actividad puede hacerse en grupos o como una demostración dirigida por el maestro.

1. Muestre a los estudiantes un huevo duro. Pídales que le describan sus partes. Analice la naturaleza frágil de la cáscara. Pregunte a los estudiantes si ellos piensan que el huevo sería un buen modelo de la tierra.
2. Dé unos golpecitos al huevo en una superficie dura, con suavidad, tratando de que se rompa en “placas” grandes. Describa la superficie de la corteza terrestre a los estudiantes y presénteles la idea de las capas litosféricas. Mientras hace esto, delinee las placas con un marcador. Haga que los estudiantes dibujen lo que observen.
3. Usando un cuchillo afilado, corte con suavidad el huevo a todo lo largo y muéstrelo a los estudiantes. Presente la idea de las capas de la tierra y describa cada capa a los estudiantes. Asegúrese de señalarles que, aunque una sola yema representa el núcleo, la tierra tiene en realidad dos capas en su núcleo. Pida a los estudiantes que hagan una lista de los puntos a favor y en contra de usar un huevo como modelo del interior de la tierra.
4. Dé a cada grupo una manzana y un cuchillo y pida que hagan lo siguiente:
  - a. Corten la manzana de arriba hacia abajo en tantos pedazos o tajadas como estudiantes haya en el grupo.
  - b. Haga que cada estudiante dibuje su tajada de manzana en un pedazo de papel.
  - c. En su dibujo, haga que los estudiantes señalen cada una de las capas de la manzana con el nombre de la capa de la tierra que ésta representa.
  - d. Haga que los estudiantes escriban las propiedades de cada capa en el papel.
  - e. En el papel, pida a los estudiantes que hagan una lista de los puntos a favor y en contra de usar una manzana como modelo del interior de la tierra.

### **Conclusión**

Deje que los estudiantes se coman su tajada de la “tierra”.

Pídales sugerencias sobre qué otros objetos podrían ser utilizados como modelos de la tierra. Con cada uno analice brevemente los puntos a favor y en contra.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Le entreguen los papeles con los dibujos y las respuestas.
- Mencionen y describan cada una de las capas de la tierra
- Digan cuáles características debe tener un buen modelo.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes diseñen y construyan sus propios modelos del interior de la tierra utilizando materiales que ellos mismos escojan.

## **RECURSOS**

Coble, Charles, et al. 1993. *Prentice Hall Earth Science*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

Ford, Brent. 1996. *Project Earth Science: Geology*. Arlington, VA.: National Science Teachers Association.

# VEN A VISITARME A MI ANTÁRTIDA... ¿TROPICAL?

*¿Por qué se encuentran fósiles de plantas tropicales en la Antártida?*

**Sumario:** Los estudiantes usarán un mapa de los continentes tal como existen hoy día y tratarán de trabajar “hacia atrás” para reconstruir Pangea.

**Duración:** Un período de clases de 50 minutos.

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** deriva continental, expansión del suelo marino, tectónica de placas

**Estándares/ parámetros tratados:** SC1-E1, SC1-E2, SC2-E1, SC2-E2, SC4-E1, SC4-E5, SC5-E2, SC6-E1, SC6-E8, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán las evidencias que apoyan la teoría de la deriva continental.
- Explicarán la importancia de la deriva continental en la formación del Arrecife Capitán

## ANTECEDENTES



¿Alguna vez has mirado atentamente un globo terráqueo o un mapamundi y notado que algunos de los continentes parece que encajaran como las piezas de un rompecabezas? A principios de 1900, un científico llamado Alfred Wegener lo consideró así. De hecho, él llegó a proponer que los continentes se encontraban en movimiento y que en un momento determinado habían estado unidos como una sola masa terrestre. Llamó a esa masa terrestre Pangea, que significa “toda tierra”. Pero antes de su muerte en 1930,

Wegener no había reunido las evidencias necesarias para convencer a muchos de su teoría. Sin embargo, desde entonces hasta hoy los investigadores han encontrado suficientes pruebas, de modo que la teoría de Wegener es ahora ampliamente aceptada como precisa.

Entre las evidencias a favor de la teoría de la deriva continental se encuentran la exactitud con que se corresponden los continentes, las huellas dejadas por los fósiles, las señales climáticas y de las rocas. Los fósiles de un mismo animal, el *Mesosaurus*, se han encontrado tanto en América del Sur como en África. El fósil de un helecho, el *Glossopteris*, se ha encontrado en África, Australia, la India, América del Sur y en la Antártida. Otros fósiles también se han encontrado en continentes separados por cientos o miles de millas de agua oceánica. Distintas hipótesis, entre ellas la de la deriva continental, se han propuesto para explicar este fenómeno.

Los fósiles de plantas de climas mucho más cálidos se han encontrado en la Antártida y en Spitzbergen, una isla del Océano Ártico. Además, se ha encontrado evidencia de glaciación en regiones cálidas de América del Sur, África, la India y Australia. De

nuevo, se han usado varias hipótesis para explicar este fenómeno, y una de ellas es la que plantea la deriva continental.

Tipos de rocas y estructuras similares se han encontrado en África y en América del Sur. Si uniésemos los dos continentes como las piezas de un rompecabezas, estas capas se corresponderían. Montañas similares a los Apalaches en el este de los Estados Unidos se han encontrado en Groenlandia y en la parte oeste de Europa. De nuevo, si juntásemos los continentes como las piezas de un rompecabezas, estas montañas se corresponderían como una cadena larga. Podrían usarse varias hipótesis para explicar este fenómeno, entre ellas la de la deriva continental.

Desde el principio de los años sesenta las investigaciones han encontrado evidencia adicional con respecto a la expansión del suelo del Océano Atlántico y a las medidas actuales del movimiento continental. Fue el científico Harry Hess, de la Universidad de Princeton, quien primero sugirió la idea de la *expansión del suelo oceánico*. Sin embargo, la expansión del suelo oceánico no se confirmó hasta que los científicos que estaban a bordo del barco de investigaciones *Glomar Challenger* recolectaron información sobre las rocas que se encuentran en el fondo marino. Recientemente se han hecho mediciones que indican la dirección exacta y la velocidad en que los continentes están moviéndose.

Con la confirmación de la *deriva continental* se propuso una nueva teoría llamada *tectónica de placas*. La misma plantea que la corteza terrestre está fracturada en placas que se mueven alrededor del manto. Se incluyen en la teoría una descripción de las placas, de las fuerzas de la astenosfera, parte del manto superior, que las empuja, y de lo que sucede a lo largo de los límites entre las placas.

## **MATERIALES**

Copias de mapas continentales (tomados de esta actividad, u otros que usted haya copiado de otra fuente, incluyendo la plataforma continental, si es posible), uno por estudiante

Fotos o dibujos tomados de revistas y recortados en forma de rompecabezas.

Tijeras

Goma de pegar (las barritas de goma son las mejores)

Papel

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Dé a cada grupo de tres o cuatro estudiantes una de las fotos o dibujos recortados y pídale que recompongan la imagen. Después que hayan hecho esto, pregúnteles qué claves o indicios los ayudaron.

Haga que los estudiantes miren un mapa que muestre claramente todos los continentes. Pregúnteles si piensan que los continentes parecen un rompecabezas mal hecho.

### ***Actividad***

1. Dé a los estudiantes copias de la hoja con los continentes (o de los mapas continentales que usted les ha conseguido).

2. Diga a los estudiantes que corten cada continente y lo coloquen en un pedazo de papel tal como se encuentran hoy día.
3. Diga a los estudiantes que ellos van a hacer su mejor esfuerzo por poner los continentes juntos como si se tratara de un rompecabezas. Sin embargo, no pueden alzar un continente, tienen que deslizarlo. No se les permite “saltar” sobre otros continentes. Sugiera que cierren el Océano Atlántico primero, puesto que África y América del Sur se corresponden obviamente.
4. Una vez que hayan ordenado los continentes como ellos creen que estuvieron en un momento dado, haga que los peguen en su hoja de papel.

### ***Conclusión***

Con toda la clase analice cualquier dificultad que los estudiantes hayan tenido a la hora de unir los continentes. Pregunte a los estudiantes: “Si los continentes estuvieron realmente unidos de esta forma en un momento dado, ¿qué evidencia debo encontrar en apoyo a esta teoría?” Discuta todas las respuestas.

Lleve la clase a una discusión de la teoría de Alfred Wegener sobre la deriva continental y las evidencias que se han encontrado desde entonces en apoyo a la misma.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Le entreguen sus rompecabezas "continentales".
- Describan la evidencia que apoya la teoría de la deriva continental.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes continúen haciendo estudios sobre lo que sucede en los límites entre las placas. Concéntrese en los límites divergentes, convergentes y en las fallas de transformación. Describa las distintas características que pueden verse en la superficie de la tierra que sirvan como evidencia de estos límites.

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Ford, Brent. 1996. *Project Earth Science: Geology*. Arlington, VA.: National Science Teachers Association.



## ***¡LAS ALMEJAS TIENEN ALAS!***

Cuando yo tenía diez años, mi familia hizo un viaje a las montañas. Mientras estábamos allí, fuimos a caminar por un prado que se encontraba a una elevación de aproximadamente 3000 metros. En aquel campo encontré mis primeros fósiles. Sin embargo, había algo en aquellos fósiles que yo no comprendía. Se trataba de fósiles de caracoles y de almejas de más de seis pulgadas. Yo era lo suficientemente listo como para saber que provenían de animales que vivieron en un ambiente oceánico, pero no podía figurarme cómo habían llegado a la cima de una montaña de Nuevo México, tan lejos de cualquier océano.

El estudio de la historia de la tierra nos revela un planeta cuya capa exterior se dobla: algunas áreas se levantan y caen muchas veces, en tanto que las placas tectónicas chocan o se separan. La montaña más alta del mundo tiene en su cima piedra caliza marina que se formó en un océano entre Eurasia y la India, en el pasado remoto. El movimiento de las placas tectónicas en la superficie de la tierra crea gran estrés en la corteza. Como resultado de este estrés, la corteza se extiende, se dobla y se rompe en muchos lugares.

En esta unidad los estudiantes conocerán los tipos de estrés que dan forma a la superficie de la tierra. Ellos tendrán la oportunidad de aprender cómo identificar las distintas fallas y pliegues que estudian los geólogos.

# ¡ME ESTÁS ESTRESANDO!

*¿Qué tipos de estrés en la tierra causan los terremotos, los volcanes y producen las montañas?*

**Sumario:** Los estudiantes demuestran los distintos tipos de estrés que se encuentran en la corteza terrestre.

**Duración:** Un período de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** compresión, cizalla, estrés, tensión

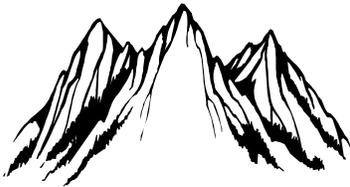
**Estándares/Parámetros tratados:** SC2-E1, SC4-E1, SC4-E5, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán la tensión, la compresión y la cizalla.

## ANTECEDENTES



A medida que las placas litosféricas se mueven en la superficie de la tierra, una cantidad significativa de *estrés* se acumula a lo largo de sus bordes. Este estrés puede ocurrir en forma de *compresión*, cuando las placas chocan, de *tensión* cuando las placas se separan o de *cizalla* cuando las placas se deslizan lateralmente una junto a la otra.



Cuando las placas chocan, la compresión hace que las rocas que están en los bordes se doblen o, cuando alcanzan su límite elástico, que se rompan. Estas fracturas se conocen como fallas contrarias. Los terremotos son comunes en estas áreas. Los Andes de América del Sur se encuentran a lo largo del borde que converge entre las Placas de América del Sur y las de Nazca. Las montañas y los volcanes del sur de Europa se forman a lo largo de las placas que convergen entre África y Eurasia.



La tensión es el estrés que se crea cuando una placa comienza a dividirse o cuando las placas se empiezan a separar. A medida que las rocas que se encuentran a lo largo de uno de estos bordes alcanzan su límite de elasticidad, las mismas comienzan a romperse en fallas normales. El estiramiento de las rocas y la caída de bloques de fallas a lo largo de los bordes crean áreas bajas llamadas valles en hendidura. Uno de los bordes divergentes más conocidos se encuentra a lo largo de la Cordillera Centro Atlántica, donde las placas de América del Sur y las de América del Norte se están alejando de las placas africanas y euroasiáticas. Otro ejemplo de un valle en hendidura es la hendidura del Río Grande que corre del norte al sur a través de la región central de Nuevo México. Los resultados de este hundimiento son las cadenas montañosas norte-sur que bordean el Río Grande, como las Montañas Sandías, y gran parte de la histórica actividad volcánica del centro de Nuevo México.





La cizalla ocurre cuando dos placas se deslizan lateralmente una junto a la otra con muy poco movimiento vertical. La falla creada por este borde se llama falla de transformación. El arrastre a lo largo del límite, debido a la fricción entre las placas, ocasiona un estrés adicional. Este estrés crea una serie de otras fallas que se extienden en forma radiada a partir del borde. Los terremotos periódicos sirven para aliviar este estrés. Un ejemplo bien conocido de una falla de transformación es la falla de San Andreas en California. En esta actividad nos enfocaremos en comprender las distintas formas de estrés que se producen en la corteza a medida que las placas litosféricas se mueven. En la próxima lección, *Tierra dolorida y quebradiza*, estudiaremos las fallas y los pliegues que ocurren como resultado del estrés.

#### MATERIALES

Arcilla – suficiente para que cada estudiante o grupo tenga tres capas de 4”x 6”x 1/2”

Papel encerado

Papel para dibujar y tomar notas

#### PROCEDIMIENTO

##### ***Inicio***

Muestre a los estudiantes fotos de un área después de un terremoto. Pídales que le describan la destrucción que observan. Pregúnteles: “¿Qué causó este daño?” Una vez que hayan determinado que la causa fue un terremoto, pregunte: “¿Ustedes dirían que se liberó energía en este terremoto?” Pregunte a los estudiantes qué fuente ellos creen que tuvo esa energía.

##### ***Actividad***

1. Haga que los estudiantes coloquen los tres pedazos de arcilla, por separado, en hojas de papel encerado.
2. Haga que los estudiantes comiencen a empujar lentamente, con las manos, los extremos opuestos de uno de los pedazos, haciendo que éste se comprima. Haga que dibujen lo que observen.
3. Haga que los estudiantes sostengan el segundo pedazo de arcilla en las manos y comiencen a separarlo lentamente. De nuevo pídale que dibujen lo que observen.
4. Mientras sujetan un lado del último pedazo de arcilla aplastado contra el papel encerado, haga que los estudiantes empiecen a empujar el otro lado con lentitud, lateralmente, con la otra mano, de modo que una mano se deslice junto a la otra. De nuevo pídale que dibujen lo que observen.

##### ***Cierre***

Haga las siguientes preguntas a los estudiantes:

- ¿Qué le ocurre a la arcilla cuando tus manos la comprimen desde direcciones opuestas?
- ¿Qué le ocurre a la arcilla cuando la estiras?
- ¿Qué le ocurre a la arcilla cuando la empujas de manera que tus manos se deslicen una al lado de la otra?

Discuta el concepto del estrés en la corteza terrestre y sus posibles fuentes. Describa la tensión, la compresión y la cizalla y relaciónelas con las muestras de arcilla de los estudiantes.

### EVALUACIÓN

Haga que los estudiantes:

- Definan el estrés y describan sus causas en la corteza terrestre.
- Describan la tensión, la compresión y la cizalla, y den ejemplos de qué tipos de estructuras se desarrollan en la corteza terrestre como resultado de cada una.

### EXTENSIONES

Observe fotos aéreas o tomadas por satélites y trate de encontrar áreas de la superficie de la tierra donde exista estrés. Un mapa tectónico de la superficie de la tierra como los que se encuentran en la mayoría de los libros de texto de Ciencias Naturales sería de gran ayuda. En cada lugar, haga que los estudiantes traten de determinar el tipo de estrés presente.

### RECURSOS

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

# TIERRA ADOLORIDA Y QUEBRADIZA

¿Cómo se llaman los diferentes tipos de fallas y pliegues de la Tierra?

**Sumario:** Los estudiantes describen y preparan modelos de diferentes fallas y pliegues.

**Duración:** Dos o tres períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** anticlinal, límite elástico, monoclinal, falla normal, falla contraria, falla de transformación, sinclinal

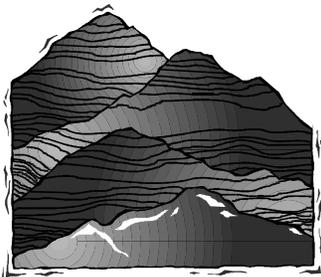
**Estándares/Parámetros tratados:** SC2-E1, SC2-E3, SC4-E1, SC4-E5, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

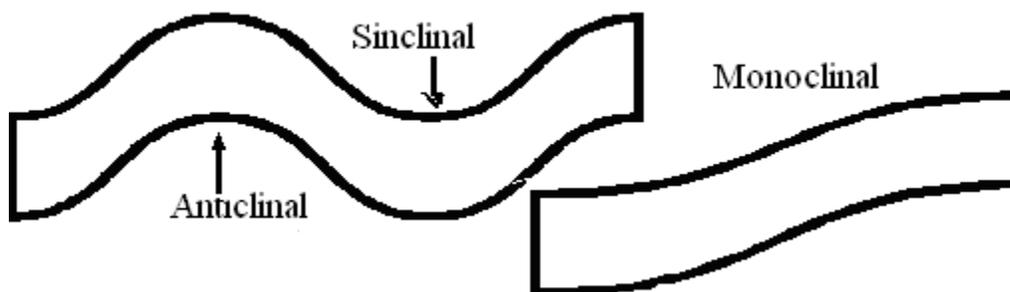
- Describirán los tres tipos principales de fallas (normal, contraria, de transformación).
- Describirán los tres tipos principales de pliegues (sinclinal, anticlinal, monoclinal).
- Construirán modelos de arcilla o de cartón para demostrar los distintos tipos de fallas y pliegues.

## ANTECEDENTES



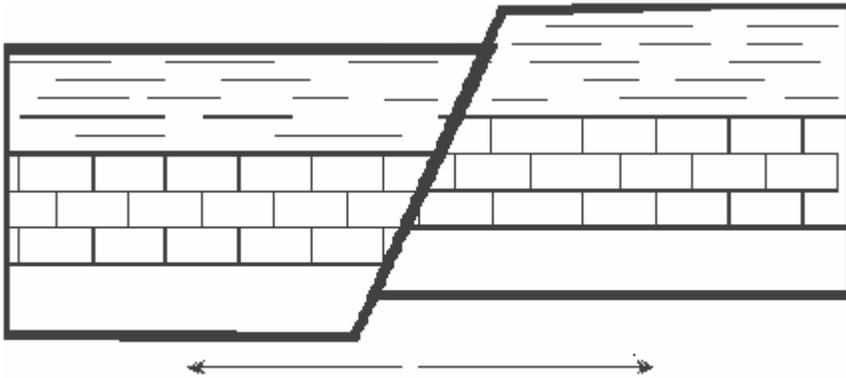
El estrés de la tierra que analizamos en la lección *¡Me estás estresando!* da como resultado las fallas y los pliegues que se encuentran en los bordes de las placas tectónicas de la tierra. En esta actividad los estudiantes identificarán los distintos tipos de fallas y pliegues y también construirán modelos que los representen.

Cuando se aplica estrés a un objeto, el mismo comienza a ceder, a doblarse o a curvarse. Algunos objetos, como la arcilla, se doblan con facilidad. Otros, como las rocas, requieren de mucho calor y presión antes de que se doblen. Los pliegues que se forman en las montañas son resultado de la compresión. Un pliegue hacia arriba se llama anticlinal y un pliegue hacia abajo se llama sinclinal. Un pliegue en el que hay una sola ladera se llama monoclinal.



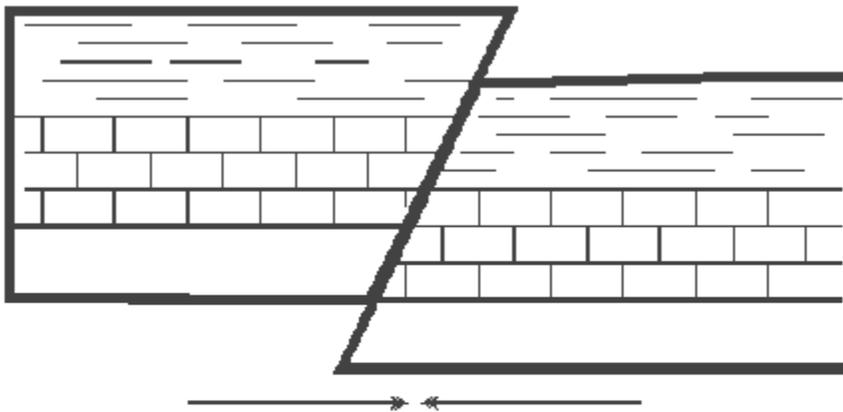
Hay un límite respecto a cuánto se pueden estirar y doblar las cosas. Esto se llama *límite elástico*. Una vez que se pasa este punto, el objeto se romperá, ya sea una banda elástica o

una roca. Si la roca se rompe y ocurre un movimiento a lo largo de la rotura, esto se llama falla. Una falla causada por la compresión, en la cual un bloque se desliza hacia arriba y sobre otro, se llama *falla contraria o falla en reversa*. Una falla causada por la tensión o el estiramiento, en la cual un bloque se hunde con respecto a otro, se llama *falla normal*. Una falla causada por la cizalla, en la cual un bloque se desliza lateralmente a lo largo de otro con muy poco movimiento vertical, se llama *falla de transformación o falla de deslizamiento y choque*.



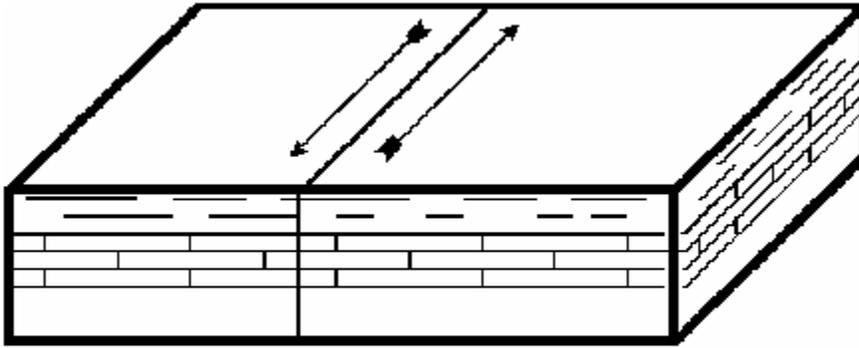
**Falla normal**

**Las fallas normales se forman por la tensión**



**Falla en reversa**

**Las fallas en reversa se forman por la compresión**



### **Falla de deslizamiento y choque**

**Las fallas de deslizamiento y choque se forman por la cizalla**

Las montañas con fallas existen en muchos lugares del mundo. Una de las regiones más espectaculares son Los Himalayas, donde la placa indo-australiana choca con la placa euro-asiática. Las fuerzas de compresión han levantado la piedra caliza formada en el océano hasta una elevación de más de 8000 metros en esa área. En el oeste de los Estados Unidos, el estiramiento de la placa de Norteamérica ha dado como resultado muchas cadenas montañosas con bloques de fallas que se extienden de norte a sur. Estas montañas forman la Provincia de la Cuenca y Cordillera del sudoeste. Los bordes abruptos de las montañas marcan una serie de fallas normales con desplazamientos que tienen con frecuencia más de una milla. Las Montañas Guadalupe, en las que están situadas las Cavernas de Carlsbad, son un ejemplo de una cadena montañosa con bloques de fallas. La evidencia más espectacular de esto se encuentra a lo largo de la escarpa del lado oeste, cerca de Guadalupe Peak, y se puede ver con claridad desde Salt Flat en Texas.

En la superficie de la tierra, las fallas y los pliegues en gran escala producen grandes líneas que pueden verse en fotografías tomadas desde el espacio. Los geólogos planetarios buscan estas líneas como evidencia de actividad tectónica en otros planetas. Tomando estas líneas como claves, han podido determinar que otros planetas de nuestro sistema solar también han experimentado actividad tectónica. En varios planetas se ha encontrado evidencia de actividad geológica que está ocurriendo ahora. En esta lección se les pedirá a los estudiantes que miren mapas y traten de encontrar en la tierra superficies con líneas que proporcionen evidencia de actividad tectónica.

### **MATERIALES**

Libros de texto que muestren diagramas de distintos tipos de fallas y pliegues

Mapas que muestren rasgos de la superficie terrestre como cadenas montañosas y valles con ríos

Papel encerado

Arcilla

Cajas de cartón

Crayones o marcadores

Tijeras

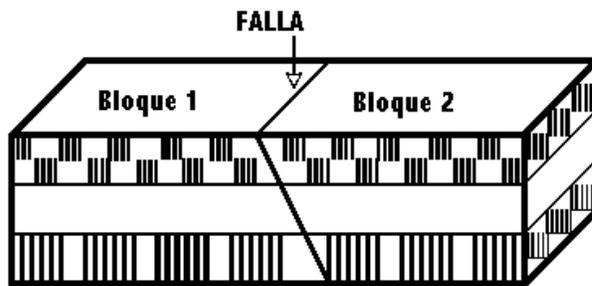
Cinta adhesiva, engrudo o pegamento

## PROCEDIMIENTO

### *Inicio*

Haga que los estudiantes estudien los mapas y busquen rasgos que tengan algún tipo de forma regular (linear, redonda, ovalada, etc.). Analice con los estudiantes qué pudo causar que estas figuras se formaran en la superficie terrestre. El análisis debe incluir la tectónica de placas y las fallas y pliegues que se forman.

Usando dibujos o un proyector o la pizarra, así como los bosquejos que aparecen en los libros de texto, describa y analice los distintos tipos de fallas y pliegues con sus estudiantes.



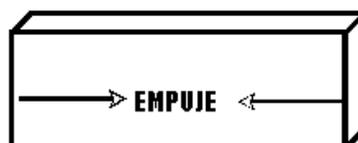
### *Actividad*

#### FALLAS

1. Corte y sujete con cinta adhesiva, o pegue, cajas de cartón para hacer dos “bloques de fallas” por grupo, o por estudiante, con un lado que tenga una inclinación de aproximadamente  $30^\circ$  como se muestra en el dibujo que aparece arriba.
2. Coloree las capas de las cajas que se correspondan en ambos lados. Los estudiantes pueden incluso construir pequeños pueblos (del tamaño de las casas de Monopolio) en la parte superior de los bloques, si quieren
3. Cuando los bloques estén terminados los estudiantes pueden deslizarlos a lo largo de la falla para modelar fallas normales, contrarias y de transformación.

#### PLIEGUES

1. Ponga juntos, formando capas, dos colores de arcilla para modelar en un rectángulo de aproximadamente 3’’x 6’’x 1’’. Prepare tres bloques de esta manera.
2. Ponga un bloque de arcilla sobre una hendidura de aproximadamente cuatro pulgadas entre los dos bloques. Ponga algo que haga peso en el medio. Haga que los estudiantes dibujen lo que sucede. El pliegue que se forme será sinclinal.
3. Ponga uno de los bloques de arcilla en un pedazo de papel encerado. Haga que los estudiantes empujen los extremos de la arcilla hasta unirlos lentamente, como se muestra abajo. El pliegue que se forme será anticlinal.



4. Ponga otro bloque de arcilla en un libro con aproximadamente una o dos pulgadas de arcilla en el libro y algo que haga peso en la arcilla que está sobre el libro para mantenerla en su sitio. Deje que el resto cuelgue sobre el borde. El pliegue que se forme será monoclinial.

### ***Cierre***

Analice las distintas formas de estrés que produjeron las diferentes fallas y pliegues.

Haga que los estudiantes dibujen y nombren cada uno de ellos.

### **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Nombren cada falla y pliegue correctamente cuando les muestren un modelo o dibujo.
- Describan el estrés o las fuerzas de la tierra que causan los pliegues y las fallas.

### **EXTENSIONES**

Consiga fotos de otros planetas o lunas. Haga que los estudiantes analicen las fotos buscando evidencias de fallas o de pliegues. Haga que los estudiantes describan lo que esta evidencia indica acerca del planeta.

### **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Sprinkel, D.A., Chidsey, T.C., and Anderson, P.B., editors. 2000. *Geology of Utah's Parks and Monuments*. Salt Lake City, UT., Utah Geological Association, publication 28.

VanCleave, Janice. 1991. *Janice VanCleave's Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y., John Wiley & Sons, Inc.

# ***COMILONES DE PETRÓLEO***

Las cavernas se forman de muchas maneras diferentes. Las cavernas de las Montañas Guadalupe, incluyendo las del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad, se formaron por uno de los procesos más inusuales. La formación de las cavernas está estrechamente relacionada con los depósitos de hidrocarburos de la Cuenca Delaware, situada en la base de la Escarpa Guadalupe.

Se han encontrado enormes depósitos de yeso en muchas de las cavernas de las Montañas Guadalupe. Durante muchos años los geólogos trataron de desarrollar modelos que explicaran estos depósitos, pero no tuvieron demasiado éxito. Sólo en los últimos 20-30 años se ha propuesto un modelo que no solamente explica el porqué de los depósitos de yeso, sino que también explica la morfología tan especial de las cuevas. Según este modelo, las bacterias anaerobias que existen en la profundidad de la Cuenca Delaware facilitan una reacción entre los hidrocarburos y el sulfato de calcio o anhídrita. La anhídrita es una forma andrógina del yeso que incluye agua en su estructura cristalina.

De acuerdo con el modelo, un subproducto de esta reacción, el gas de sulfuro de hidrógeno, se elevaba a través de las hendiduras de las rocas hasta la superficie del nivel freático en las Montañas Guadalupe. Allí el oxígeno se combinaba con el gas sulfuro de hidrógeno para producir ácido sulfúrico. Este ácido sulfúrico reaccionó con la piedra caliza del arrecife antiguo y comenzó a disolver vastas cavernas. A medida que el sulfuro de hidrógeno se oxidaba más y más profundamente en las hendiduras, se formaron los hondos pozos de las cavernas. Cuando los niveles del agua subterránea cambiaron, se formaron pasajes a nuevos niveles. Un subproducto de la reacción del ácido sulfúrico y la piedra caliza (principalmente el carbonato de calcio) fue el sulfato de calcio, o yeso, que más tarde se depositó en los grandes espacios vacíos.

En esta unidad, los estudiantes participarán en actividades diseñadas para presentarles varios componentes de la espeleogénesis de las Montañas Guadalupe. En estas actividades se han simplificado reacciones químicas y procesos muy complejos. Si los estudiantes se interesan por aprender más, recomíéndeles que lean el libro *Stories From Stones: The Geology of the*

*Guadalupe Mountains.* Además, recomiéndeles que tomen química como parte de sus cursos en la preparatoria.

# ¡ESTO ES ALGO MÁS QUE DINOSAURIOS MUERTOS!

*¿Cómo se forman el gas y el petróleo, y por qué se acumulan en un lugar bajo la tierra?*

**Sumario:** Los estudiantes describirán cómo se forman el gas y el petróleo y cómo son atrapados bajo la tierra.

**Duración:** Tres o cuatro períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** hidrocarburos, kerógeno, permeable, petróleo, trampas de petróleo, porosidad

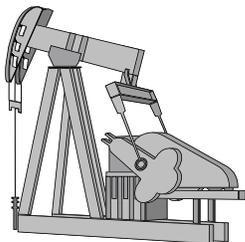
**Estándares/ parámetros tratados:** SC5-E2, SC6-E1, SC12-E1, SC12-E2, SC12-E5

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán cómo se forman el gas y el petróleo.
- Describirán tres tipos de trampas de petróleo y gas.

## ANTECEDENTES



La vida, tal como la conocemos, no sería posible sin combustibles fósiles. El *petróleo* es el más importante de tales combustibles. Otra palabra que se usa con frecuencia para referirse al petróleo es *hidrocarburos*. Las moléculas de petróleo consisten principalmente de los elementos hidrógeno y carbono. La mayoría de los depósitos de petróleo se encuentran en rocas formadas en ambientes marinos.

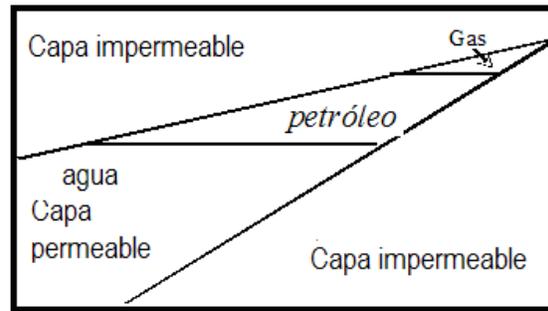
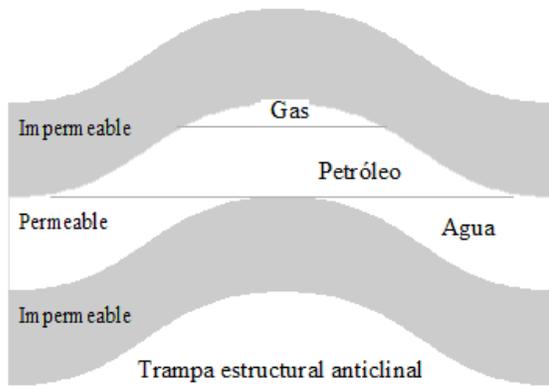
La formación del petróleo empieza en las cuencas marinas donde los organismos microscópicos y las algas viven suspendidos en el agua. Cuando mueren, ellos se hunden hasta el fondo, donde se mezclan con el lodo que está en el fondo de la cuenca. El ambiente bajo en oxígeno del agua del fondo impide que los organismos se oxiden o se descompongan. A medida que los sedimentos continúan acumulándose, la capa que contiene los restos de los organismos microscópicos se entierra más y más profundamente. Con el tiempo, el calor y la presión se acumulan hasta el punto que los restos de los organismos comienzan a experimentar cambios químicos. Primero, los restos se convierten en un hidrocarburo ceroso llamado *kerógeno*. Más calor y más presión hacen que el kerógeno se convierta en las distintas formas de petróleo con las que estamos familiarizados: metano o gas natural, petróleo, gasolina, kerosén y petróleo diesel. Las rocas de las que provienen estos hidrocarburos se llaman rocas almacén.

Dentro del yacimiento de petróleo, los distintos hidrocarburos empiezan a separarse según la densidad que tienen, y empiezan a migrar a través de las rocas en las que hay pasadizos formados por hendiduras, espacios entre las vetas o poros. Estas aberturas se conocen como *porosidad*. Si las áreas de porosidad están conectadas y el fluido se puede

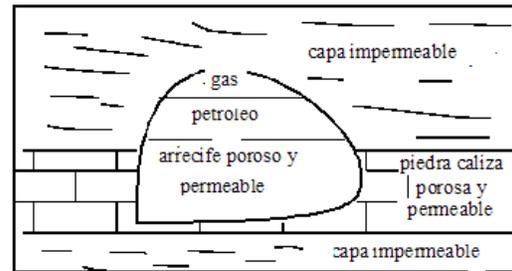
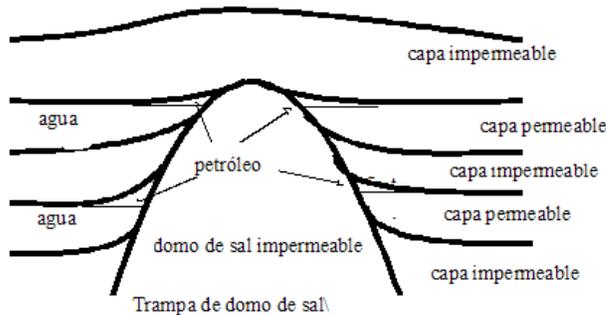
mover a través de ellas, se dice que las rocas son permeables. Los hidrocarburos migran a lo largo de un lecho de rocas con *permeabilidad* hasta que llegan a la superficie o alcanzan una estructura geológica que los atrapa en un lugar determinado. Las rocas permeables en las que el petróleo se almacena con el tiempo se conocen como rocas de yacimiento. Dentro del yacimiento, los hidrocarburos permeables, como son menos densos, se mueven hacia arriba. Generalmente hay agua asociada con los yacimientos de hidrocarburos. Puesto que el agua es más densa, se encuentra en el fondo. Los hidrocarburos líquidos, o el petróleo, se encuentran en el medio.

Las estructuras, o *trampas de petróleo*, que detienen o hacen más lenta la migración de los hidrocarburos pueden tomar distintas formas. Cuatro de las trampas más comunes son trampas estructurales, trampas estratigráficas, domos de sal y arrecifes. En el caso de una trampa estructural, las fallas o los pliegues atrapan el petróleo contra una capa impermeable. En las trampas estratigráficas, los yacimientos se crean por las diferencias en las capas sedimentarias. Con frecuencia una capa de arenisca permeable se encontrará “atrapada” entre dos capas impermeables de esquisto. Si estas capas están inclinadas, los hidrocarburos se elevarán a través de la capa de arenisca. Si esta capa adelgaza y con el tiempo se agota, atraparán a los hidrocarburos, produciendo un yacimiento de petróleo. En el caso de un domo de sal, un lecho salino “se ampolla” y se mueve hacia arriba a través de las capas más densas que están por encima de éste. Al hacerlo, levanta parte de las capas de la cubierta, incluyendo rocas de yacimientos potenciales. La sal es impermeable, así que cualquier hidrocarburo que se mueva a lo largo de una capa permeable será atrapado en el yacimiento. Debido a la naturaleza de los organismos que lo forman, un *arrecife* se convierte en un lecho de piedra caliza muy poroso y permeable. Si el arrecife yace cerca de las rocas almacén y tiene una capa impermeable en su parte superior, se convierte en un yacimiento rocoso perfecto.

En la Cuenca Delaware, se piensa que los hidrocarburos son de origen marino, el resultado de los restos de organismos microscópicos que vivían en los mares antiguos. Dentro de la cuenca actual, la mayor parte del petróleo que se encuentra está en trampas estratigráficas. El Arrecife Capitán ciertamente cumple los requerimientos para ser considerado poroso. Las cavernas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad son sólo un ejemplo de la gran porosidad que se encuentra en el antiguo arrecife. Pero las investigaciones recientes parecen indicar que ningún hidrocarburo migró en el gran arrecife, o a través de él. Hay, sin embargo, evidencias de la migración de hidrocarburos bajo el arrecife desde la cuenca hasta el sudoeste, hacia la parte posterior del arrecife, al noroeste del parque. Porqué los hidrocarburos no entraron al arrecife es aún fuente de especulación e investigaciones para los geólogos de todo el mundo.



trampa estratigráfica "pellizcada"



Trampa de arrecife

## MATERIALES

Cubetas graduadas de 250 ml. - 3

Cubetas de 100 ml. - 3

Varias botellas de refresco de dos o tres litros

Aceite (puede ser de cocinar o de auto)

Arena (de varios colores, si se puede)

Grava (de varios colores, si se puede)

Escoria (rocas de lava, ¡batman!)

Arcilla

## PROCEDIMIENTO

### Inicio

Pregúnteles a los estudiantes cómo se forman el gas y el petróleo. La mayoría responderá que a partir de dinosaurios muertos. Discuta con los estudiantes la necesidad de un ambiente bajo en oxígeno si el gas y el petróleo van a formarse a partir de un organismo, y analice cómo muchos dinosaurios no estaban en condiciones de ser preservados.

Pregúnteles a los estudiantes si hay mucha vida en los océanos. Guíe la discusión al tema de los organismos microscópicos como algas, diatomea y plancton. Pregúnteles a los

estudiantes qué sucede con estos organismos cuando mueren. Analice y describa cómo estos organismos microscópicos, pequeños como son, “se apilan” en el suelo oceánico, donde el ambiente bajo en oxígeno posibilita que sean enterrados y convertidos lentamente en hidrocarburos. Si algún estudiante tiene dudas de que esto sea posible, usted revisará con la clase la dieta del mayor mamífero del mundo, la ballena azul, que se alimenta de estos mismos organismos microscópicos.

Analice y describa con los estudiantes cómo estos microorganismos, por la influencia del tiempo, de la presión y del calor, se convierten en hidrocarburos.

### **Actividad**

1. Prepare las botellas para demostrar la porosidad y la permeabilidad del modo siguiente:



- a. Corte 3 ó 4 pulgadas del fondo de tres botellas de tres litros y vuévalas al revés.
  - b. Pegue una capa de tela en el fondo de cada una para impedir que la arena y la grava se derramen.
  - c. Llene las botellas como se muestra en el dibujo.
2. Vuelva las tres botellas al revés con una cubeta graduada de 250 ml bajo cada una de ellas. Pregúntele a los estudiantes: “Si yo vierto 100 ml de agua en cada una de ellas al mismo tiempo, ¿a través de cuál viajará el agua más rápido?” Mantenga su mente abierta a todas las sugerencias de ellos. Haga que los estudiantes justifiquen sus hipótesis. Haga que los estudiantes le ayuden a usted a verter 100 ml de agua en cada botella al mismo tiempo. Observe las cubetas de 250 ml para ver a través de cuál botella el agua pasa más rápido. Discuta los resultados con la clase. Pida que le den teorías en relación con las diferentes velocidades de infiltración en las botellas.
  3. Defina qué es la porosidad para los estudiantes. Muéstreles un pedazo de escoria (piedra de lava con huecos), un pedazo de arenisca y un pedazo de un conglomerado o un puñado de grava. Pregúntele cuál de las muestras tiene porosidad. Los estudiantes deben contestar: “las tres”. Pregúntele cuál formaría una roca en la que los fluidos se moverían con más facilidad a través de ella. Algunos estudiantes seleccionarán la escoria, debido al tamaño de sus poros. Señale a los estudiantes que, aunque las tres muestras tienen porosidad, los huecos no están conectados en la escoria, así que el fluido no se moverá con mucha facilidad a través de la misma. Los poros en la grava son mayores que en la arena o en la arenisca, de modo que el fluido se moverá más fácilmente a través de la grava. Analice las diferencias en porosidad y

permeabilidad. Expanda la discusión para señalar que el agua no es el único fluido que se mueve a través de la tierra, pues el petróleo también lo hace.

4. Pregúnteles a los estudiantes qué sucede cuando se mezclan el agua y el aceite. Mezcle 100 ml de agua con 10 ml de aceite y haga que los estudiantes observen y describan el resultado. Pregúnteles por qué el aceite descansa en la superficie del agua. Si es necesario, revise el concepto de *densidad* y por qué algunos objetos flotan sobre otros. Pregúnteles a los estudiantes qué ocurriría en una capa de roca permeable si el agua, el petróleo y el gas natural se mezclaran. La discusión debe llevar a la idea de que se separarían con el gas en la superficie y el agua en el fondo.
5. Pregúnteles a los estudiantes: “Si los hidrocarburos se mueven a través de la tierra en una capa permeable de roca, qué los detendría? Escuche todas las teorías. Describa el concepto de *trampa de petróleo* a los estudiantes. Usando un proyector o dibujos en la pizarra, demuestre y analice las trampas estructurales, estratigráficas, de domos de sal y de arrecifes.
6. Recorte aproximadamente 5 pulgadas del fondo de las botellas de refresco vacías de tres litros. Asegure bien la tapa, vuelva al revés las botellas vacías de tres litros y coloque la parte superior en el fondo, usando el fondo como base. En la botella, haga que cada grupo use arena, grava, arcilla u otros materiales que usted les haya proporcionado para construir el modelo de una de las trampas de petróleo que usted les haya asignado. Con materiales de diferentes colores, usted puede inducir a sus estudiantes a que sean muy creativos con sus modelos.

### **Cierre**

Muestre los modelos para que sus estudiantes lo vean. Usando los modelos en su análisis, revise brevemente los conceptos de porosidad, permeabilidad y los distintos tipos de trampas de petróleo. Pida a los estudiantes que digan los puntos a favor y en contra de usar botellas de tres litros como modelos para discutir estos conceptos.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Mencionen tres cosas que aprendieron en esta lección que ellos no conocían de antes, o algo acerca de lo cual aumentaron sus conocimientos como resultado de esta lección.
- Describan cómo se forman el gas y el petróleo.
- Definan y describan permeabilidad y porosidad.
- Describan tres tipos de trampas de petróleo.

## **EXTENSIONES**

Invite a alguien que tenga relación con la industria petrolera a hablarles a sus estudiantes sobre las exploraciones de petróleo y cómo se perforan los pozos.

Haga que los estudiantes investiguen las causas de la dependencia de la sociedad en el petróleo. Haga que incluyan fuentes alternativas de energía en sus investigaciones.

## **RECURSOS**

Chernicoff, S., Fos, H.A., and Venkatakrishnan, R. 1997. *Essentials of Geology*. New York, N.Y.: Worth Publishers.

Hill, Carol. 1996. *Geology of the Delaware Basin, Guadalupe, Apache, and Glass Mountains, New Mexico and West Texas*: Permian Basin Section SEPM, Publication No. 96-39.

Murck, B.W., Skinner, B.J., and Porter, S.C. 1996. *Environmental Geology*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

Shew, R.D. 1998. *Geology of the Guadalupe Mountains*. Guía preparada para un seminario de campo/ taller liderado por el Parque Nacional de las Montañas Guadalupe y la Universidad del estado de Nuevo México-Carlsbad.

Shew, R.D., and Shew, D.M. 2000. *Geology and Natural History of McKittrick Canyon*. Guía preparada para un taller liderado por el Parque Nacional de las Montañas Guadalupe y la Universidad del estado de Nuevo México-Carlsbad.

# COSAS RARAS EN SITIOS RAROS

*¿Cuán extremas son las condiciones en las que algunas cosas pueden vivir?*

**Sumario:** Los estudiantes usarán la información aprendida durante la discusión de la clase en un juego en el cual describirán distintos ambientes en los que se han encontrado bacterias.

**Duración:** Uno o dos períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** bacteria anaerobia, residuos de la corrosión, extremófilos, leche de luna, *pool fingers* (dedos de charca)

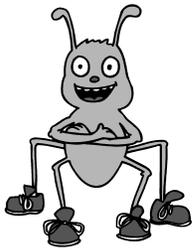
**Estándares/ parámetros tratados:** SC1-E2, SC12-E7

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán tres ambientes “hostiles” en los que se han encontrado bacterias.

## ANTECEDENTES



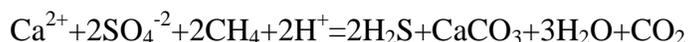
Cuando pensamos en los ambientes en que viven los organismos, tendemos a pensar sólo en la zona en la cual nosotros mismos nos sentimos cómodos. Cuando se nos pide que pensemos en organismos que viven en ambientes extremos, la mayoría de la gente piensa en los osos polares, los camellos o los pájaros. Las temperaturas frías, calientes y secas, o los lugares muy elevados sobre la superficie de la tierra, son los ambientes más extremos que la mayoría de la gente puede imaginarse para los organismos vivos. Sin embargo, las investigaciones han demostrado que algunos microorganismos pueden vivir en ambientes mucho más extremos que lo que alguna vez se pensó que fuera posible.

Se han encontrado microorganismos que viven en algunos ambientes muy hostiles. Entre ellos está el frío del Ártico y del Antártico, los respiraderos de volcanes, los respiraderos calientes en el piso oceánico, los lugares muy secos, las rocas que están en lo profundo de la tierra, los ambientes químicos severos, los manantiales termales muy calientes y los ambientes donde hay una radiación muy alta. Estos *extremófilos* no fueron realmente reconocidos hasta 1970, pero después de su descubrimiento se encontraron viviendo en algunos de los lugares de condiciones más severas en toda la tierra.

A través del curso de su evolución estos organismos desarrollaron características que les permitieron vivir en sus ambientes peculiares. Los que viven en temperaturas cercanas al punto de congelación tienen, como parte de su composición celular, compuestos anticongelantes, como sales, azúcares y aminoácidos. Los termófilos, o sea, los organismos que viven en condiciones de calor excesivo, se encuentran en los manantiales termales de Yellowstone National Park y también en las profundidades del medio del Océano Atlántico, cerca de chimeneas hidrotérmicas negras, respiraderos que arrojan

agua supercaliente. Aquellos que viven en ambientes químicos extremos han desarrollado procesos corporales que les permiten soportar ambientes excesivamente acidógenos, alcalinos o salados.

Los extremófilos también se encuentran en lo profundo de la tierra. Algunos de ellos viven dentro de las rocas. Son anaerobios y no necesitan oxígeno para respirar. Algunos se alimentan del gas de hidrógeno que se libera cuando el agua subterránea reacciona con las rocas a través de las cuales pasa. En la Cuenca Delaware las bacterias anaerobias obtenían energía vital al facilitar las reacciones redox del sulfuro contenido en el yeso y del carbón contenido en el metano. En el límite de la Castile Formation (yeso impermeable) y el grupo Montañoso Delaware (lechos permeables de petróleo) que se encuentra debajo, las bacterias facilitaron la siguiente reacción:



En esta reacción, el sulfuro de la anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) se redujo y se combinó con el hidrógeno acidógeno ( $\text{H}^+$ ) para producir sulfato de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ). El carbono contenido en el metano ( $\text{CH}_4$ ) se oxidó para producir un ion carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) que se combinó con el ion calcio disponible ( $\text{Ca}^{2+}$ ) para producir piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ). Esta piedra caliza con frecuencia tiene las mismas estructuras y estratificación que se ven en el yeso situado próximo a la misma, por lo que se cree que la alteración de yeso a piedra caliza ocurrió en el lugar. El sulfato de hidrógeno se movió entonces a través de grietas en el arrecife donde, cerca del nivel freático, se oxidó para formar ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Este ácido disolvió los grandes vacíos que se convirtieron en las cavernas de las Montañas Guadalupe. Un subproducto de esa reacción ocurrió cuando el ion sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) se combinó con los iones de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) liberados en la reacción y con agua para formar el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

En las cavernas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad se han encontrado amplias evidencias de que los microbios son responsables de muchos de los rasgos inusuales que allí se ven. Entre estos rasgos inusuales se encuentran los *residuos de la corrosión*, un material que se compone principalmente de residuos insolubles. Las investigaciones indican que estos residuos son los desperdicios de las bacterias que se han comido el lecho de rocas. En las áreas donde se encuentra este residuo, el mismo cubre los suelos y las paredes de las cavernas. Los *pool fingers* (dedos de charca) son delgados dedos de calcita, de hasta 30 centímetros de largo y de 2 a 6 milímetros de diámetro. Estos dedos se han formado bajo el nivel del agua en las charcas y contienen lo que se piensa que son filamentos de bacterias. *La leche de luna* es un material pastoso que consiste de calcita, hidromagnesita, yeso y otros materiales. Se encuentra en depósitos limitados en las cavernas de las Montañas Guadalupe. Cuando la estudiamos con una lente de aumento potente, ésta parece contener filamentos o fibras de origen bacteriano. Muchas de estas investigaciones se han hecho en la Cueva de Lechuguilla.

Los microbiólogos continúan estudiando la vida en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. Aunque el área de entrada a la Cueva de Lechuguilla fue explotada por los mineros durante muchos años, el primer ingreso de seres humanos a las profundidades no ocurrió hasta 1986. Ese año, un grupo de exploradores de cavernas provenientes de Colorado, siguiendo una corriente de aire que soplaba a través de un cúmulo de rocas y

polvo en el piso, excavó un pasaje que llevaba a las profundidades de la caverna. Tan pronto como la administración del parque se dio cuenta de qué lugar tan especial era la caverna, se pusieron restricciones a la exploración y a las investigaciones que se hacían en ella, para ayudar a preservar este medio ambiente tan especial. Numerosas bacterias nuevas se han encontrado en la caverna. El doctor L.M. Mallory y otros han estudiado activamente estas bacterias y su posible ayuda en crear una cura para el cáncer y otras enfermedades. La NASA ha mostrado un gran interés en los microbios de la Cueva de Lechuguilla. Los exobiólogos piensan que cualquier tipo de vida que se encuentre en otros planetas de nuestro sistema solar será probablemente de tipo microbial, similar a la que existe en la Cueva de Lechuguilla. Ellos esperan que el estudio de estos organismos les permitirá “tomar las huellas dactilares” de cualquier extraterrestre potencial.

## **MATERIALES**

Marcadores o creyones  
Hojas de papel grandes (2' x 3')

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Pregúnteles a los estudiantes "¿Qué criterio es esencial para que algo pueda vivir?" Haga que los estudiantes nombren los ambientes más extremos en los que ellos piensan que algo pueda vivir.

Analice con la clase los diferentes ambientes hostiles que hay en la tierra en los cuales viven microbios. Recuérdeles a los estudiantes que un tipo de bacteria *e. coli* vive en sus propios intestinos.

Analice el papel desempeñado por las bacterias en el desarrollo de las cavernas en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad.

### ***Actividad***

1. Dé a los estudiantes una hoja de papel grande (2' x 3') así como creyones o marcadores.
2. Dígales que diseñen un organismo que pueda vivir en ambientes extremos. Ofrézcales diferentes ejemplos de ambientes extremos para que ellos escojan. Luego, ellos deberán explicar por qué su organismo se adapta a los retos particulares del ambiente en que vive.
3. Haga que cada grupo le presente su trabajo a la clase y cree las condiciones para que los demás estudiantes les hagan preguntas a cada grupo que presenta.

### ***Cierre***

Pregúnteles a los estudiantes cómo se relaciona esta lección con los viajes espaciales. Guíe una discusión sobre cómo otros cuerpos del sistema solar como Marte, Io, Ganimedes y Europa pueden tener el mismo ambiente en el cual uno de estos organismos podría vivir.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Describan tres maneras en las que los microbios se han adaptado a ambientes hostiles.
- Brevemente, describan el papel desempeñado por las bacterias en el desarrollo de las cavernas en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad.
- Expliquen por qué la NASA está interesada en los microbios que se encuentran en las cavernas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad.

## **EXTENSIONES**

Utilizando el Internet, haga que los estudiantes encuentren sitios web relacionados con la NASA que describan la búsqueda de vida extraterrestre. Haga que los estudiantes estudien y hagan un informe sobre un viaje potencial a la luna de Júpiter, Europa, o sobre la búsqueda de vida bajo la superficie de Marte.

## **RECURSOS**

DuChene, H.R., and Hill, C.A. 2000. *The Caves of the Guadalupe Mountains Research Symposium*. In Hose, L.D. (ed.) *Journal of Cave and Karst Studies* 62(2).

Hill, C.A. 1987. *Geology of Carlsbad Cavern and Other Caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas*. Socorro, N.M.: New Mexico Bureau of Mines and Mineral Recursos, Bulletin 117.

Hill, Carol. 1996. *Geology of the Delaware Basin, Guadalupe, Apache, and Glass Mountains, New Mexico and West Texas: Permian Basin Section SEPM*, Publication No. 96-39.

Jagnow, David and Jagnow, Rebecca. 1992. *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association.

Sasowsky, I.D. and Palmer, M.V. 1994. *Breakthroughs in Karst Geomicrobiology and Redox Geochemistry*. Karst Waters Institute, Special Publication 1.

Smith, R.B. and Siegel, L.J. 2000. *Windows Into the Earth*. New York, N.Y.: Oxford University Press.

# GAS APESTOSO Y ALABASTRO

*¿Cómo todo ese yeso llegó al Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad?*

**Sumario:** Después de la discusión en clase, los estudiantes participarán en un juego de cartas diseñado para demostrar los procesos que llevaron al cambio de la piedra caliza a yeso en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad.

**Duración:** Uno o dos períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** disolver, escarpa, juntura, túnel de lava

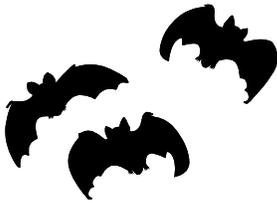
**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E1, SC12-E1, SC12-E7

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán la relación entre las entradas de piedra caliza de las cavernas y los depósitos de yeso que se encuentran en ellas.

## ANTECEDENTES



Las cavernas se forman a través de muchos procesos diferentes. El modelo clásico para la formación de cavernas de solución plantea que el agua meteórica ligeramente ácida *disuelve* el lecho de rocas al descender a través del mismo. En tanto que el lecho de rocas se disuelve, las grietas ensanchadas, o las junturas, se convierten en pasajes de cavernas. Algunos de estos pasajes ensanchados pueden contener, con el paso del tiempo, grandes ríos de aguas subterráneas, como es el caso del Parque Nacional de las Cavernas de Mammoth, en Kentucky. Procesos similares son responsables de la formación de cavernas de yeso. En el Sistema de Cavernas de Park Ranch, en el sudeste de Nuevo México, que está a aproximadamente 10 kilómetros al sudeste del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad, los poco frecuentes aguaceros pueden llenar los pasajes de yeso de las cavernas hasta el techo. Estas cavernas se llaman con frecuencia “desagües de las tormentas del desierto.”

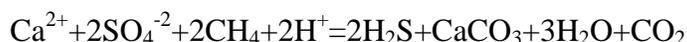
En los volcanes protegidos, como los volcanes apagados del Monumento Nacional El Malpaís, se encuentran pasajes de cavernas en antiguos flujos de lava. Durante la última erupción en esa área, la lava, que se movía a gran velocidad, se enfrió y se solidificó cerca de la superficie, mientras que la lava caliente y líquida continuó fluyendo en el interior. Con el paso del tiempo, la lava fluyó fuera del túnel en distintos lugares, dejando atrás una abertura o una caverna.

Cerca del borde de las *escarpas* de las montañas donde se han formado fallas se encuentran las cavernas tectónicas. Estas cavernas se forman cuando una falla o una *juntura* se anchan a lo largo del borde de una escarpa, en lugar de formarse por la disolución del lecho de rocas. Varias de estas cavernas se encuentran en la Escarpa Algerita, en las Montañas Guadalupe, al oeste y al noroeste del Parque Nacional de las

Cavernas de Carlsbad. Estas cavernas son con frecuencia pozos profundos revestidos de una gran cantidad de rocas sueltas.

Los glaciares tienen con frecuencia cavernas a lo largo de sus bases. Cuando el hielo de los glaciares se derrite, el agua encuentra su camino hacia la base del glaciar, donde fluye a lo largo del límite entre el hielo y el lecho rocoso. Allí, el agua puede derretir un pasaje lo suficientemente grande como para que los seres humanos lo atraviesen. Estas cavernas de glaciares con frecuencia se extienden varios cientos de pies debajo de un glaciar.

Las cavernas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad tienen una historia diferente. Se formaron debido a la acción del agua acidógena subterránea. Sin embargo, esta agua no descendió desde arriba, sino que los componentes necesarios para el proceso se elevaron desde la Cuenca Delaware, que queda cerca. En la Cuenca Delaware, la Castile Formation, compuesta principalmente de anhidrita y yeso, yace sobre la arena, la piedra caliza y el esquisto del petróleo que creó el Grupo Montañoso de Delaware. El gas metano, que se mueve a través de las rocas de Delaware, fue detenido al alcanzar Castile, que es impermeable. En este punto, las bacterias anaerobias que viven en la roca facilitaron las reacciones redox en las que el sulfato contenido en la anhidrita se alteró para convertirse en gas de sulfuro de hidrógeno, y el carbón contenido en el gas metano se convirtió en parte de una roca de carbonato de calcio, la piedra caliza. El gas de sulfuro de hidrógeno se identifica fácilmente por su fuerte olor a huevo podrido. El gas metano producido por la Cuenca Delaware es, en su mayor parte, considerado como un “gas agrio” debido a la cantidad de sulfuro de hidrógeno que contiene. La reacción se resume en la fórmula siguiente:



En esta reacción, el sulfuro de la anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) se redujo y se combinó con el hidrógeno acidógeno ( $\text{H}^+$ ) para producir sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ). El carbón contenido en el metano ( $\text{CH}_4$ ) se oxidó para producir un ion carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) que se combinó con el ion de calcio disponible ( $\text{Ca}^{2+}$ ) para producir piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ). Esta piedra caliza con frecuencia tiene las mismas estructuras y estratificación que se ven en el yeso situado próximo a la misma, por lo que se cree que la alteración de yeso a piedra caliza ocurrió en el lugar.

El sulfuro de hidrógeno se movió entonces a través de las hendiduras o juntas en el arrecife, donde empezó a migrar hacia arriba. Cerca del nivel freático, se encontró con agua oxigenada y se oxidó para formar ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Este ácido disolvió los grandes vacíos que luego se convirtieron en las cavernas de las Montañas Guadalupe. Las juntas a lo largo de las cuales se elevó el gas de sulfuro de hidrógeno fueron ensanchadas gradualmente hasta que se convirtieron en los profundos pozos que caracterizan muchas cavernas de las Montañas Guadalupe. El Pozo sin Fondo de las Cavernas de Carlsbad es un ejemplo de tales pozos.

Un subproducto de esta reacción ocurrió cuando el ion sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) se combinó con los iones de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) liberados en esta reacción, y con agua, para formar el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). En la Caverna de Carlsbad, algunos de estos enormes depósitos de yeso se pueden encontrar en el Big Room cerca de Jumping Off Place, en el Talcum Passage, y

en el Salón de Nuevo México. En algunas cavernas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad, como la Cueva de Lechuguilla, el sulfuro se ha depositado en su estado natural, cristalino y amarillo.

## **MATERIALES**

Copias de las tarjetas que aparecen impresas al final de la lección (pegadas en un cartón y laminadas). Se necesitará un juego de tarjetas para cada grupo de tres o cuatro estudiantes. Número de tarjetas por juego: Metano y yeso (15); Bacterias (5); Gas  $H_2S$  y calcita que reemplazan la anhidrita (10); Oxígeno +  $H_2S$  = Ácido Sulfúrico (15); Se disuelve la piedra caliza y se deposita el yeso (10)

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Pregúnteles a los estudiantes cómo se forman las cavernas. Escriba todas las ideas en la pizarra o con ayuda de un proyector. Analice las diferentes ideas que se presenten. Describa y analice con la clase el presente modelo de cómo se formaron las cavernas de las Montañas Guadalupe.

### ***Actividad***

1. El objetivo de esta actividad es ser el primero en obtener un juego completo de cinco tarjetas y ponerlas en orden (Metano y Yeso, Bacterias Anaerobias, Gas  $H_2S$ , Ácido Sulfúrico, Depósitos de Yeso). Dé a cada grupo de tres o cuatro estudiantes un juego completo de tarjetas. Diga a los estudiantes que barajen las tarjetas y las dejen boca abajo.
2. Diga a los estudiantes que le den cinco tarjetas a cada persona del grupo. Ellos pueden mirar sus propias tarjetas, pero no deben mostrárselas a nadie más.
3. Diga al que esté repartiendo las tarjetas que coloque el resto de las mismas boca abajo en la mesa. De este grupo ellos podrán tomar tarjetas nuevas. Dígalas que pongan la primera tarjeta en la mesa, cerca del primer grupo. El segundo grupo así creado se usará para las tarjetas que se vayan descartando.
4. La persona que esté a la izquierda de quien está repartiendo las tarjetas será la primera en jugar. Se le dará la posibilidad de escoger la tarjeta que está en la parte superior del primer grupo o la que está en la parte superior del segundo (las descartadas). Al seleccionar una, los jugadores deben recordar que su objetivo es ser los primeros en reunir un juego completo de cinco tarjetas.
5. Después de escoger una tarjeta, el jugador deberá seleccionar una de las suyas y descartarla. La pondrá, boca arriba, en el grupo de las tarjetas descartadas. La próxima persona juega a su vez, y también deberá escoger entre las tarjetas desconocidas, pues están boca abajo, del primer grupo, y la tarjeta conocida, pues está boca arriba, del segundo grupo (el de las tarjetas descartadas).
6. El juego continúa hasta que uno de los jugadores tenga un juego completo de cinco tarjetas. Los jugadores TIENEN QUE colocar las tarjetas en el orden apropiado. Los otros miembros del grupo son responsables de ver que esto se haga correctamente.
7. El juego continúa durante una o varias rondas, según lo que permita el tiempo disponible.

### **Cierre**

Alce un juego de tarjetas, una cada vez, y haga que los estudiantes le digan cuál le sigue.

Pida a los estudiantes que le describan de nuevo las distintas maneras en que se forman las cavernas. Pregúnteles si alguna vez habían pensado que las bacterias pudieran ser responsables de la formación de la Caverna de Carlsbad.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Describan tres maneras diferentes en que se forman las cavernas.
- Describan el papel de las bacterias en la formación de la Caverna de Carlsbad.
- Expliquen cómo el calcio que se encuentra en la piedra caliza del Arrecife Capitán puede alterarse hasta convertirse en parte de los grandes depósitos de yeso que hay en las cavernas.

## **EXTENSIONES**

Pida a los estudiantes que hagan investigaciones, usando el Internet y la biblioteca, sobre otras cavernas con historias inusuales. Un ejemplo de posibles cavernas a estudiar es la Cueva de Villa Luz en Tabasco, México, donde las formaciones bacterianas legamosas cuelgan del techo de la caverna sobre el agua acidógena. A estas formaciones legamosas se les ha dado el nombre de “moquitos.” Esta actividad no necesita concentrarse en la actividad bacteriana en las cavernas. En lugar de eso, los estudiantes deben buscar datos que se consideren interesantes o inusuales.

## **RECURSOS**

DuChene, H.R., and Hill, C.A. 2000. *The Caves of the Guadalupe Mountains Research Symposium*. In Hose, L.D. (ed.) *Journal of Cave and Karst Studies* 62(2).

Hill, C.A. 1987. *Geology of Carlsbad Cavern and Other Caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas*. Socorro, N.M.: New Mexico Bureau of Mines and Mineral Recursos, Bulletin 117.

Jagnow, David and Jagnow, Rebecca. 1992. *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association.

metano



y yeso

**BACTERIA**



**ANAERÓBICA**

Gas H<sub>2</sub>S  
"huevos podridos"



La calcita reemplaza a la  
anhidrita

**Oxígeno + Sulfuro  
de hidrógeno**



= **Ácido sulfúrico**

La piedra caliza se disuelve



El yeso se deposita

# LA COMPAÑÍA DE GRAVA DE LA MADRE NATURALEZA

Cualquiera que vaya a dar caminatas por la parte posterior del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad notará que el lugar es muy rocoso. Las grandes rocas angulares que rompen los acantilados en las laderas de las colinas, las rocas redondas, del tamaño de las pelotas usadas en los juegos de bolos, así como los bancos de grava y arena que se encuentran en el fondo de los cañones, forman una parte muy significativa del paisaje. Los procesos que tomaron el lecho de rocas formado por piedra caliza, arenisca y esquisto de las Montañas Guadalupe y lo transformaron en sedimentos menores se llaman desgaste y erosión.

Los procesos que rompen las rocas en pedazos menores se conocen como desgaste. El desgaste mecánico rompe la roca en pedazos pequeños sin alterar su composición química. Ejemplos de desgaste mecánico son el apalancamiento de las raíces, las cuñas de hielo, la abrasión y el calentamiento diferencial. Con el desgaste químico cambia la composición química de la roca. Ejemplos de éste son las reacciones con el agua, los ácidos y el oxígeno. Los pedazos más pequeños que son el resultado del desgaste llaman sedimentos. En el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad todos éstos son procesos activos.

Los procesos que mueven los sedimentos se conocen como erosión. Los principales agentes de la erosión son el viento, el agua, la gravedad y el hielo (glaciación). En el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad todos estos procesos, excepto la glaciación, son activos.

En esta unidad, las actividades explorarán el desgaste causado por las cuñas de hielo y las reacciones con ácidos, dos de los procesos más activos en el parque. La erosión causada por el viento y por el agua formará parte también del contenido de las actividades.

# ¡CUÑAS DE HIELO!

*¿Qué hace que las rocas se rompan en las montañas?*

**Sumario:** Los estudiantes modelarán el efecto que los ciclos de congelación/descongelación tienen en el desgaste de las rocas.

**Duración:** Parte de dos períodos de clase de 50 minutos con una actividad nocturna.

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** abrasión, calentamiento diferencial, cuñas de hielo, desgaste mecánico, apalancamiento de las raíces

**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E1, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán las cuatro formas principales de desgaste mecánico.
- Modelarán cuñas de hielo.

## ANTECEDENTES



Los procesos mediante los cuales una roca se rompe en pedazos más pequeños sin cambiar su composición química se conocen como *desgaste mecánico*. Los más comunes de estos procesos son el *apalancamiento de las raíces*, la abrasión, el calentamiento diferencial y las cuñas de hielo. Cuando una planta crece a través de una hendidura en una roca, empieza a ejercer una presión gradual en los lados de esta hendidura. Lentamente, con el paso del tiempo, la presión aumenta y la hendidura se ancha hasta que, al fin, la roca se rompe.

*La abrasión* es la desintegración de las rocas debido a la influencia de partículas sólidas transportadas por el viento, el agua u otras fuerzas. Ejemplos clásicos de abrasión se pueden ver en el Parque Nacional de Arches, en el Parque Nacional de Zion y en el Parque Nacional de Bryce Canyon. En todos estos parques de Utah la arena transportada por el viento ha tallado formas inusuales y ventanas espectaculares. A lo largo del fondo de los cañones de las Montañas Guadalupe en Texas y Nuevo México hay lugares donde el lecho rocoso ha sido pulido por los abrasivos que transportan las aguas de las crecidas.

*El calentamiento diferencial* es el estrés que se crea dentro de una roca cuando la parte superior de la misma se expande y se contrae por el calentamiento diario, mientras que el interior de la roca permanece estable. El estrés generado por esta flexión, con el paso del tiempo, hace que algunas capas se separen y se despeguen de la superficie de la roca. Otra forma de calentamiento diferencial llamada desintegración intergranular ocurre en las rocas que están compuestas de una mezcla de minerales de colores claros y oscuros. Cuando se exponen a la luz del sol, los minerales de color oscuro absorben más energía que los de colores claros y se calientan a velocidad diferente. Esta diferencia en las velocidades de calentamiento, combinada con la diferencia en las velocidades de expansión termal, produce estrés entre los cristales minerales. Cuando este ciclo se repite

diariamente durante varios años, los cristales terminan por separarse unos de otros. Si se pasa una mano sobre el granito o la diorita que ha experimentado este proceso, se encontrará un puñado de cristales que recuerdan la sal y la pimienta.

*Las cuñas de hielo* comienzan cuando el agua se filtra en las hendiduras de una roca. Este proceso depende de los ciclos de congelación nocturna y descongelación diurna del agua. Cuando el agua se congela por la noche y cambia su estado de líquido a sólido, las moléculas de H<sub>2</sub>O se alinean en un patrón repetitivo conocido como cristal de hielo. Este acondicionamiento ordenado de las moléculas toma más espacio que el que ocupan las mismas moléculas en estado líquido. Debido a esto, el hielo se expande aproximadamente un 9% y ejerce gran presión en los lados de la hendidura. Durante el día el hielo se derrite, es posible que más agua se filtre en la hendidura, y el ciclo comienza de nuevo. Cuando estos ciclos de congelación/ descongelación continúan durante años, la hendidura sigue ensanchándose hasta que la roca se rompe. Este método es más efectivo en las regiones donde existe un número máximo de ciclos de congelación/ descongelación durante el curso de un año. Durante los meses que pasan desde finales del otoño hasta principios de la primavera este proceso es muy activo en la parte más alta de las Montañas Guadalupe.

## **MATERIALES**

Botellas plásticas de refresco, de un litro de capacidad (una por cada grupo de tres o cuatro personas)

Un marcador para señalar la botella plástica

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Pídales a los estudiantes que describan cualquier proceso que ellos creen pueda hacer que las rocas grandes que existen en la naturaleza se transformen en rocas más pequeñas. Haga una lista con estas ideas y analícelas.

Describe y analice el apalancamiento de las raíces, la abrasión y el calentamiento diferencial.

Analice el concepto de las cuñas de hielo.

### ***Actividad***

Esta actividad incluirá el dejar las botellas en el congelador durante la noche.

1. Viertan aproximadamente 800 ml de agua en las botellas de refresco de un litro y pónganles la tapa.
2. Marquen el nivel del agua en un lado de la botella.
3. Pongan las botellas en un congelador durante la noche. Colóquenlas en una cazuela u otro recipiente que pueda contener el volumen del agua usada, por si acaso.
4. Saquen las botellas del congelador antes de usarlas en la clase.
5. Haga que los estudiantes marquen el nivel del hielo en la botella y señalen cualquier deformación que noten en la misma.

### ***Cierre***

Analice lo que se observó. Haga que los estudiantes presenten distintas hipótesis sobre por qué el volumen del agua aumenta cuando ésta se convierte en hielo.

Pregúnteles a los estudiantes si alguno de ellos ha tenido problemas con las tuberías que se congelan y explotan durante el invierno. Analice el efecto que la congelación tendría en cualquier cosa que contenga agua.

Revise el concepto de las cuñas de hielo e incorpore las observaciones del laboratorio en la discusión.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Confeccionen una lista con las maneras en que ocurre el desgaste mecánico.
- Describan los procesos en que trabaja el desgaste mecánico.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes diseñen y realicen experimentos o demostraciones que modelen una de las otras tres formas de desgaste mecánico que se mencionan en la sección de Antecedentes.

Haga que los estudiantes escriban una lista de cualquier ejemplo de desgaste mecánico que ellos observen en el transcurso de una semana.

## **RECURSOS**

Coble, Charles, et al. 1993. *Prentice Hall Earth Science*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

# RESOPLA Y SOPLA

*¿Por qué y cómo se forman las dunas de arena?*

**Sumario:** Los estudiantes usarán la información aprendida en la discusión de la clase para hacer modelos de migración de las dunas de arena.

**Duración:** Un período de clases de 50 minutos

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** abrasión, deflación, deposición, pavimento desértico, cara de deslizamiento

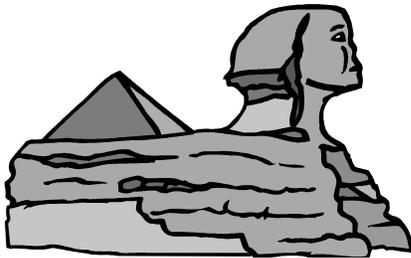
**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán cómo se forman las dunas de arena.
- Describirán el efecto de los obstáculos en la migración de las dunas de arena.

## ANTECEDENTES



La energía se define como la habilidad de hacer trabajar o de mover una masa a distancia. Cualquiera que haya estado en el área de Carlsbad durante la primavera sabe que, según esta definición, el viento tiene energía. El viento llena con regularidad el aire del polvo y los desperdicios que ha recogido, y luego mueve los desperdicios a otros lugares.

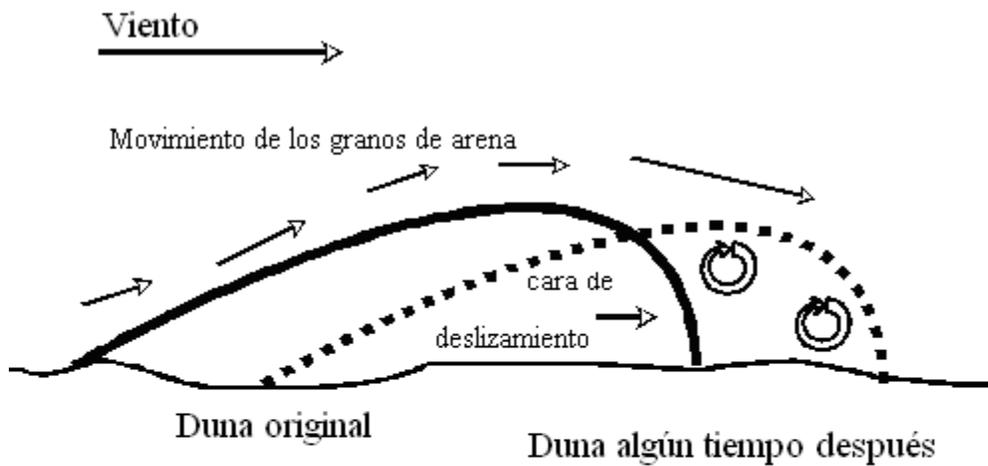
Dos palabras que se usan para describir la erosión producida por el viento son deflación y abrasión. Cuando el viento sopla a lo largo de partículas sueltas y recoge o mueve las más pequeñas, se dice que hay *deflación*. Cuando los objetos propulsados por el viento golpean objetos estacionarios o sedimentos y los aflojan de manera que ellos también sean erosionados, se dice que hay *abrasión*. La *deposición* ocurre cuando el viento sopla con lentitud y pierde energía. Sin la energía que una vez tuvo, el viento no puede transportar los sedimentos como lo hacía antes, y éstos comienzan a depositarse en la tierra.

Diferentes factores hacen difícil que el viento recoja sedimentos. El tamaño de los sedimentos es uno de estos factores. Cuando el viento sopla en un área que contiene sedimentos sueltos de distintos tamaños, transporta primero las partículas más pequeñas, dejando las más grandes detrás. Con el tiempo, los sedimentos mayores forman un revestimiento protector en la tierra, impidiendo que el viento arrastre los sedimentos menores. Esta capa protectora se llama *pavimento desértico* y se puede apreciar en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad.

Otros dos factores que afectan la habilidad del viento para arrastrar consigo sedimentos son la cubierta vegetativa y la humedad. La cubierta vegetativa protege del viento al suelo que se encuentra debajo de ella, y ayuda a mantener el suelo húmedo. Cuando los

sedimentos están húmedos, se mantienen unidos y resisten la deflación. Cuando se quita la vegetación, el suelo queda expuesto al sol. A medida que el suelo comienza a secarse, puede ser erosionado por el viento con más facilidad. En época de sequías esto es un proceso natural. La falta de lluvias puede hacer que la vegetación muera. A medida que muere, el suelo que se encuentra debajo de ésta será expuesto al viento y erosionado. Cualquier actividad humana que ocasione cambios en la cubierta vegetativa puede también acelerar la erosión del viento. Algunas de estas actividades son la minería de superficie, la labranza y la construcción. Durante los años 30, en la parte central de los Estados Unidos, las tierras de labranza se quedaron sin vegetación debido a la sequía. El viento que se movía a través de estos campos erosionó grandes cantidades de la parte superior del suelo y la llevó a lugares tan lejanos como Nueva Inglaterra y la parte norte del Océano Atlántico. Hoy día, en un esfuerzo por prevenir o hacer más lentas estas tormentas de tipo “tazones de polvo”, se han plantado guardabrisas a lo largo de los campos. Los guardabrisas son generalmente filas de árboles plantados entre los campos. Estas filas de árboles impiden y demoran el flujo de aire que sopla al nivel de la tierra e inhiben su habilidad para erosionar el suelo de los campos.

Los depósitos dejados por el viento con los que la mayor parte de la gente está familiarizada son las dunas de arena. Las dunas de arena son montículos de arena que migran en la dirección que les dictan los vientos que predominan en un área. Cuando el viento se mueve por el lado de barlovento de la duna, el lado que tiene el declive más gradual, éste erosiona los sedimentos que están en ese lado de la duna y los lleva, o los hace subir a saltos, a la parte superior de la duna. Cuando el viento se mueve por la parte posterior, o de sotavento, de la duna, su velocidad disminuye y pierde energía. Este lado que tiene la pendiente más empinada, donde los sedimentos se depositan, se conoce como *cara de deslizamiento*. Cerca de la duna, el viento forma remolinos, o áreas que rotan en dirección contraria. En estas áreas de menor energía se deposita la arena traída desde el frente de la duna. De esta manera, la duna migra en la dirección en que sopla el viento.



## MATERIALES

Arena  
 Harina  
 Grava  
 Piedras de 1" - 2" de diámetro  
 Charolas de hornear de 9" x 13" o tinas de tamaño similar  
 Pajillas  
 Láminas de cartón  
 Cinta adhesiva  
 Papel para dibujar

## PROCEDIMIENTO

### *Inicio*

Defina qué es la energía para la clase. Pídales ejemplos de cosas que tienen energía en la naturaleza. Para cada ejemplo, pida pruebas.

Si los estudiantes no lo sugieren, pregúnteles: “¿El viento tiene energía?” Las respuestas pueden variar. Si algún estudiante dice que no, pregúntele sobre los veleros, los tornados y la primavera en el sudeste.

Una vez que se haya establecido que el viento sí tiene energía, analice la deflación, la abrasión y la deposición. Pida a los estudiantes que le den ejemplos de maneras de prevenir que el viento ocasione la erosión del suelo. Analice las condiciones que crearon el “tazón de polvo” de los años 30. Describa el pavimento desértico y pregúnteles a los estudiantes dónde ellos piensan que podría encontrarse.

Pregúnteles a los estudiantes si alguno de ellos ha visitado las dunas de arena de cualquier lugar, incluyendo el Monumento Nacional de White Sands, el Monumento Nacional de Great Sand Dunes o las dunas de arena del este de Carlsbad, en Nuevo México. Pregúnteles acerca de la forma de las dunas. Describa y analice el movimiento de las dunas de arena.

### **Actividad**

1. Mezcle con cuidado la arena, la grava y la harina.
2. Cubra la parte inferior de una charola de hornear o de una tina de lavar con 1/2 pulgada de la mezcla. Ponga una o dos rocas en la charola, cerca del centro. Use una charola así arreglada por cada grupo de dos a cuatro estudiantes. Permita que los estudiantes “esculpan” el paisaje en la forma que deseen, pero deje establecido que, una vez que el viento comience a soplar, no podrán tocar otra vez los sedimentos que están en la charola.
3. Haga que los estudiantes usen tres o cuatro pedazos de cartón y cinta adhesiva para construir una barrera alrededor de su “campo de dunas.”
4. Usando la pajilla, los estudiantes soplarán **SUAVEMENTE** la arena de un lado a otro del molde. El viento siempre debe venir del mismo lado, durante toda la actividad. Diga a los estudiantes que si los sedimentos no se mueven, ellos necesitan producir más viento. Si su mesa parece un campo durante la época del tazón de arena, entonces no necesitarán tanto viento.
5. Haga que los estudiantes dibujen su campo de dunas cuatro o cinco veces durante la actividad, con intervalos de tres o cuatro minutos entre un dibujo y otro. El primer dibujo deberá hacerse antes de comenzar. Específicamente, haga que dibujen las dunas y cómo las mismas cambian, las áreas de deflación y deposición, lo que sucede a los sedimentos que están alrededor de las rocas más grandes, la formación del pavimento desértico y cualquier lugar en que ellos noten que los sedimentos son separados según su tamaño.

### **Cierre**

Después de limpiar la arena y la harina de las mesas o los escritorios, pregúnteles a los estudiantes que hayan estado en dunas de arena si los rasgos que vieron en sus cazuelas eran similares a los que habían observado en las áreas con dunas de arena. Pida que le den ejemplos de otras áreas donde hayan visto apilarse sedimentos a lo largo del lado de un objeto similar a la roca de la charola. Algunos ejemplos pueden ser a lo largo del bordillo de la acera durante una tempestad de polvo y al lado de una casa o de una cerca durante una tormenta de arena o una nevada.

Pregúnteles a los estudiantes qué puede hacerse para prevenir la erosión del viento. Las sugerencias deben incluir plantar vegetación y guardabrisas.

## **EVALUACIÓN**

Recoja los dibujos.

Haga que los estudiantes:

- Definan y expliquen *la deflación, la abrasión y la deposición*.
- Mencionen tres factores que afectan la erosión del viento.
- Describan dos maneras de prevenir o hacer más lenta la erosión del viento.
- Describan cómo se mueve una duna de arena.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes:

- Hagan investigaciones en el Internet o en la biblioteca y busquen fotos de dunas de arena de distintas partes del mundo.
- Estudien las fotos y traten de determinar la dirección dominante en que sopla el viento.
- Identifiquen los rasgos que se vean en las fotos que estén destinados a detener o a hacer más lenta la erosión del viento.
- Comparen y contrasten las dunas para determinar si tienen varias formas básicas diferentes. Haga que investiguen los distintos tipos de formas de dunas (dunas barján, dunas transversales, dunas parabólicas, dunas en forma de horquilla, dunas en forma de estrella, dunas en forma de domos y dunas reversibles) y traten de determinar cuáles tipos se encuentran en cada foto. (Las dunas barján y las dunas en forma de horquilla son las más comunes.)

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

VanCleave, Janice. 1991. *Janice VanCleave's Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y., John Wiley & Sons, Inc.

# FIESTA DE INTENSAS CRECIDAS

*¿Por qué el agua es el principal agente de erosión en el árido sudoeste?*

**Sumario:** Los estudiantes observarán y describirán la erosión de los barrancos y cañones y la erosión producida por las corrientes de agua en el desierto sudoeste, mediante el uso de arroyos construidos por ellos.

**Duración:** Dos períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase y fuera de ésta

**Vocabulario:** abanico aluvial, arroyo, banco, cañón, meandro, banco socavado, cascada

**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Nombrarán los rasgos o accidentes geográficos formados por el agua que se mueve en la superficie terrestre.
- Describirán los rasgos o accidentes geográficos formados por la erosión en arroyos construidos en una bandeja o en modelos de cañones.

## ANTECEDENTES



Los cuatro agentes primarios de la erosión son el viento, el agua, la gravedad y el hielo. De éstos, el más activo en la superficie de la tierra es el agua. Incluso en el semiárido sudoeste de los Estados Unidos, el agua contribuye más a esculpir la tierra que el viento, el hielo o la gravedad. La mayoría de las precipitaciones en el área del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad ocurre en forma de lluvias breves y densas que se asocian con tormentas de truenos. Desde un pequeño y oscuro riachuelo de lodo que corre a lo largo del North Slaughter Canyon hasta una crecida que paraliza el tráfico en Walnut Canyon, los efectos de estas lluvias intensas y periódicas se pueden ver en todo el parque.

La mayor parte de los depósitos y accidentes geográficos que se ven a lo largo de los ríos que fluyen durante todo el año son similares o idénticos a aquellos que se forman por las crecidas periódicas en el desierto sudoeste. Entre ellos están los *cañones*, los *arroyos*, las *cascadas*, los meandros, los depósitos de bancos, los bancos socavados y, en la mayoría de los cañones, los abanicos aluviales. Los cañones, los arroyos y las cascadas son rasgos familiares para cualquiera que haya pasado algún tiempo en las montañas, cerca de un río que serpentea o da vueltas al correr colina abajo. Así, una vuelta en el río se llama *meandro*. Los depósitos de rocas, grava y arena, redondeados por la acción abrasiva del agua de las crecidas, que se mueve con rapidez, se llaman *bancos*. Un examen detallado de los depósitos de los bancos revelará que los sedimentos contenidos en éstos se distribuyen de acuerdo a su tamaño. Como el agua de un río o de un cañón inundado

corre alrededor, sobre y a través de los obstáculos que encuentra, su velocidad cambia. Estos cambios en velocidad y energía dan como resultado que los sedimentos se distribuyan o que se depositen en distintos lugares a lo largo del fondo de un arroyo o de un cañón. Con frecuencia, el agua que se mueve a gran velocidad por el borde exterior de un meandro cortará el interior del banco, dejando suelo o plantas o árboles arriba de éste. Cuando esto sucede, el banco se conoce como *banco socavado*.

A medida que una crecida rápida se precipita cañón abajo en las Montañas Guadalupe, o en montañas con bloques de fallas similares, ésta posee una gran cantidad de energía y mueve sedimentos de mayor volumen y tamaño. Las montañas como las Guadalupe se caracterizan por cañones profundos que cortan de repente la cara de una escarpa y se abren abruptamente en llanuras planas o en valles de suelo plano paralelo a la escarpa. Cuando las aguas, que tienen gran energía, se precipitan fuera de los límites del cañón y se extienden por las planicies que están a la salida de la boca del cañón, éstas disminuyen de velocidad y pierden energía repentinamente. Una loma de desperdicios y sedimentos traídos por la crecida –una loma grande, en forma de cono, que se llama *abanico aluvial*– se encuentra en la boca de los cañones como los que se ven en las Montañas Guadalupe. Con frecuencia, las áreas inactivas del abanico tendrán una gran cantidad de vegetación típica del desierto y de los fondos de los cañones. Sin embargo, los arroyos que salen de la boca del cañón pasarán a través de estas áreas llevando las aguas de las crecidas y los sedimentos a las áreas del abanico donde ocurre una deposición activa.

## **MATERIALES**

Canalón de vinilo para lluvias, cortado en secciones de dos pies.

Tapas para el canalón – una por cada sección del canalón

Arena o tierra

Rocas de 1 ó 2 pulgadas de diámetro

Suministro de agua - botellas de un litro con una tapa bien segura, y algo que sirva para rellenarlas funcionarán perfectamente.

## **PROCEDIMIENTO**

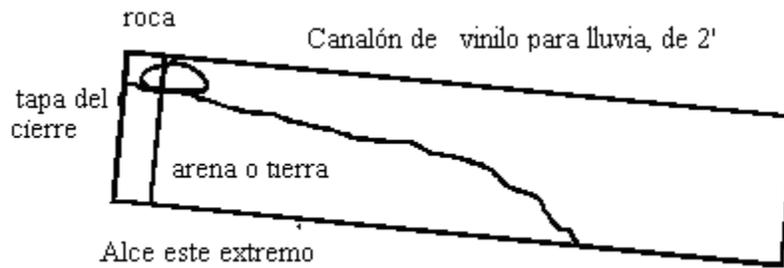
### ***Inicio***

Pregúnteles a los estudiantes si alguno de ellos ha visto una crecida rápida. Haga que le describan los efectos de las crecidas que hayan observado durante y después de la misma. Haga que le describan los cambios ocurridos en el paisaje y en los caminos y cualquier depósito de sedimentos que hayan observado.

Analice cómo las crecidas periódicas rápidas han contribuido a darle forma al paisaje del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad y sus alrededores. Describa los distintos rasgos y accidentes geográficos que se asocian con el agua en movimiento.

### ***Actividad***

1. Utilizando las secciones de dos pies de los canalones de vinilo, prepare modelos de cañones/ arroyos según se muestra en la figura.



2. Llene cada canalón con tierra, aproximadamente  $\frac{2}{3}$  del canalón, y haga un declive donde termina la tierra, a poco más o menos  $\frac{2}{3}$  de la distancia del final (ver el dibujo). Puede dársele forma a la tierra de modo que la sección del medio quede ligeramente más baja que los bordes. Ponga una roca en la tierra, en el extremo superior. El agua se verterá sobre esta roca. Si lo desean, deje que los estudiantes construyan pequeñas aldeas con casas de “Monopolio.”
3. Asegúrese de hacer esta parte de la actividad en un lugar fuera de la clase, donde el agua y el lodo no creen problemas para otros. Coloque el modelo de cañón inclinado, con el extremo taponado tres o cuatro pulgadas más alto que el extremo inferior. Al llegar a este punto, los estudiantes **no** tienen permiso para tocar o manipular más la tierra. A partir de este momento, sólo se le permitirá al agua hacer este trabajo.
4. Dígales a los estudiantes (y muéstreles cómo hacerlo) que viertan agua suavemente en la roca y la dejen fluir fuera de la boca del cañón. Esto puede tomar unos minutos, puesto que la tierra absorberá al inicio una buena parte del agua.
5. Una vez que un arroyo comience a fluir a lo largo del cañón, se les dice a los estudiantes que paren y que dibujen el cañón, asegurándose de señalar donde se están formando rasgos como arroyos, cascadas y depósitos de bancos.
6. Dígales a los estudiantes que continúen vertiendo agua suavemente para estimular crecidas periódicas, y que se detengan cada tres o cuatro minutos para hacer un nuevo dibujo, prestándoles gran atención a los cambios que ocurran a lo largo del cañón.
7. Dígales a los estudiantes que presten mucha atención a los depósitos que están en la boca del cañón, o cerca de la misma. Señale los abanicos aluviales que comienzan a desarrollarse justo afuera de la boca del cañón. Pida a los estudiantes que los incluyan en sus dibujos.
8. Limpie el reguero.

### **Cierre**

Analice los rasgos que los estudiantes han visto desarrollarse en sus cañones. Pregúnteles si alguno ha visto rasgos similares en la vida real.

## **EVALUACIÓN**

Recoja los dibujos.

Haga que los estudiantes:

- Describan los distintos paisajes y los depósitos que se asocian con el agua en movimiento.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes:

- Estudien el efecto del declive en la escorrentía y en la erosión inclinando los modelos de cañones a diferentes alturas.
- Estudien el efecto de la vegetación en la erosión mezclando hierba con la tierra.
- Varíen la intensidad del flujo de agua como un estudio acerca del efecto de la velocidad del agua en la erosión.

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

VanCleave, Janice. 1991. *Janice VanCleave's Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y., John Wiley & Sons, Inc.

# LOS ÁCIDOS NATURALES

*¿Qué causa esos enormes huecos en la tierra?*

**Sumario:** Los estudiantes describirán el origen de varios ácidos que forman las cavernas y modelarán el efecto de los ácidos en las rocas carbonadas.

**Duración:** Un período de clases de 50 minutos

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** ácido, infiltración, carso, arroyos resurgentes, sumideros, arroyos sumergidos

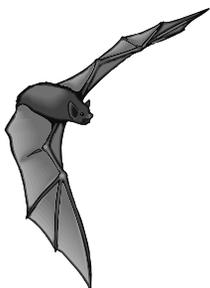
**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E3

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

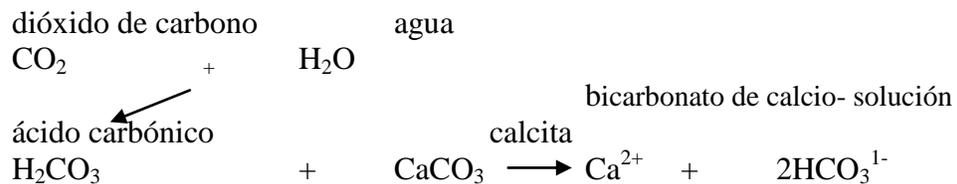
- Describirán los orígenes de dos ácidos que forman las cavernas.
- Modelarán el efecto de los ácidos en las rocas carbonadas.

## ANTECEDENTES



Los ácidos naturales ejercen un efecto de desgaste en las rocas. En la lección *Gas apestoso y alabastro* se describen los procesos por medio de los cuales el ácido sulfúrico que viene desde abajo puede formar cavernas como las que existen en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. Sin embargo, un proceso diferente forma las cavernas en las rocas carbonadas. El agua subterránea contiene ácido carbónico, el mismo *ácido* débil que da a los refrescos su efervescencia, y éste puede disolver las rocas carbonadas como la piedra caliza. En las regiones áridas, como las del desierto sudoeste, las precipitaciones insuficientes impiden que éste sea un proceso dominante en la formación de las cavernas. Sin embargo, en el este de los Estados Unidos, este proceso forma la mayoría de las cavernas. El mayor sistema de cavernas de todo el mundo, el sistema Mammoth Cave - Flint Ridge, se formó a medida que el agua ligeramente acidulada del subsuelo disolvía una serie de pasajes subterráneos grandes que quedan bajo el río, debajo de la llanura de sumideros del sudoeste de Kentucky.

A medida que el agua de lluvia cae, absorbe algo de dióxido de carbono del aire que la rodea. Sin embargo, la mayor parte del dióxido de carbono que se encuentra en las aguas subterráneas viene del suelo a través del cual pasa el agua cuando ésta *se infiltra*, o sea, se hunde en la tierra. A medida que el agua subterránea se mueve a través de las grietas o juntas que hay en el lecho de piedra caliza, ésta comienza a disolver lentamente la roca. Las reacciones químicas que ocurren en este proceso se muestran debajo.

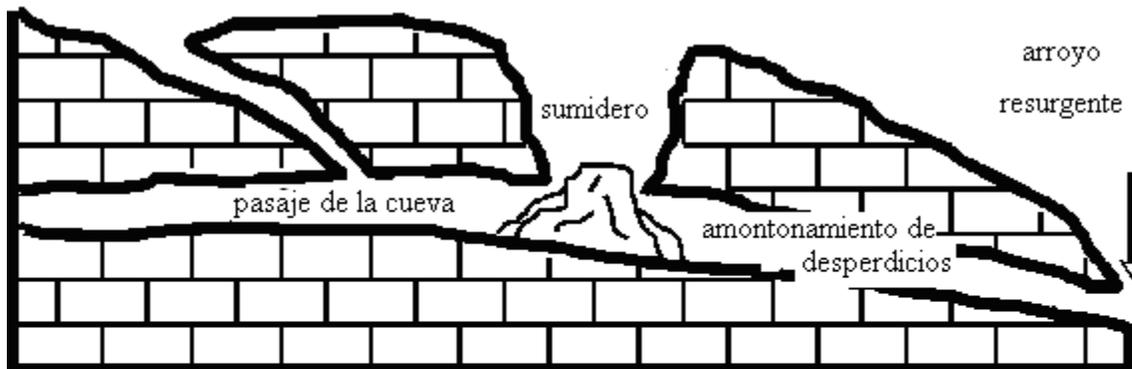


Los ríos formados por esta agua subterránea ligeramente acidulada fluirán gradualmente colina abajo hasta alcanzar el nivel freático en la base, o hasta volver a emerger en la superficie como un manantial. En el Parque Nacional de las Cavernas de Mammoth, el río subterráneo fluye hasta que finalmente se une al Green River, el río que corre al nivel de la base del área. Los pasajes de las cavernas en el Parque Nacional de las Cavernas de Mammoth se han formado en varios niveles. Los pasajes de las cavernas más antiguas se encuentran más altos, pues corresponden a la época en que emergieron en el Valle del Green River, que entonces era menos profundo. A medida que el Green River entra más profundamente en el suelo del valle, los ríos subterráneos que lo alimentan también se introducen más profundamente en los lechos de piedra caliza, creando pasajes nuevos y más bajos.

La disolución de las rocas solubles da como resultado una cantidad de rasgos o accidentes geográficos de la superficie terrestre que se clasifican, de forma colectiva, como *carso*. Entre estos accidentes geográficos se encuentran los *arroyos sumergidos*, los *arroyos resurgentes*, los *sumideros* y las entradas de las cavernas. Los terrenos de carso cubren aproximadamente el 12% de las superficies de la tierra que son secas y no están cubiertas por el hielo. Se estima que un 25% de la población mundial depende de los acuíferos de carso para abastecerse de agua. A medida que las juntas en el lecho de la piedra caliza se hacen mayores, aumentará la velocidad de la infiltración desde arriba. Con el paso del tiempo, el flujo de agua hará mayor la junta, hasta el punto de que pueda considerarse un pasaje de caverna. Los arroyos de la superficie que se canalizan dentro de estas cavernas se llaman arroyos sumergidos. El punto en el cual estos arroyos suben de nuevo a la superficie se llama manantial de carso o arroyo resurgente.

Bowling Green, en Kentucky, se encuentra en una llanura donde hay tantas depresiones que parece la superficie de una pelota de golf. De hecho, se le llama la “llanura de los sumideros”. Una llanura marcada con sumideros similares se extiende desde cerca de Santa Rosa, en Nuevo México, hasta Culberson County, en Texas. Ambas llanuras se formaron de una manera similar, por la disolución de las rocas solubles. En Kentucky, el tipo de roca es la piedra caliza. En Nuevo México, la roca soluble es el yeso. A medida que la roca se disuelve y forma un pasaje de caverna, se debilita el apoyo que le ofrece a la roca y al suelo que la cubren. Si se disuelve una cantidad suficiente de rocas, el pasaje puede empezar a derrumbarse. El derrumbe puede continuar hacia arriba hasta que llegue a la superficie. El resultado puede ser una entrada de caverna derrumbada o sólo una depresión cerrada en la superficie.

Entrada a la cueva con arroyo sumergido



## MATERIALES

Tiza (gis) blanca (partida en pedazos de 1 centímetro)

Cubetas de 100 ml o tazas plásticas de 8 onzas

Agua

Vinagre blanco

Gafas protectoras

Trozos de piedra caliza

## PROCEDIMIENTO

### *Inicio*

Pregúnteles a los estudiantes cómo luciría un campo grande o un prado si el lecho rocoso que se encuentra bajo el mismo comenzara a disolverse. Analice las ideas que se presenten.

Explique a los estudiantes que esto que acaban de analizar ocurre en muchas partes del mundo. Describa y analice los cambios que se producen en las rocas carbonadas por la acción del agua subterránea acidulada.

Describa los accidentes geográficos que ocurren como resultado de la disolución de las rocas solubles.

### *Actividad*

1. Proporcione a los estudiantes gafas protectoras.
2. Ponga 100 ml de agua en una de las cubetas o tazas plásticas.
3. Ponga 100 ml de vinagre en otra cubeta o taza.

4. Dé a cada grupo de estudiantes dos pedazos de tiza. Haga que pongan uno en el agua y el otro en el vinagre, y que anoten sus observaciones.

### **Cierre**

Explique a los estudiantes que la tiza (gis) es un tipo de piedra caliza hecha de las conchas de animales diminutos.

Muestre a la clase un pedazo de piedra caliza. Pida que le hagan una lista de similitudes y diferencias entre la tiza y la piedra caliza. Asegúrese de señalarles que las dos son iguales químicamente. Pregunte a los estudiantes que creen ellos que pasaría si se expusiera la piedra caliza a la acción de un ácido débil como el vinagre.

Revise la manera en que se forman las cavernas a medida que las rocas solubles se disuelven por la acción del agua subterránea ligeramente acidulada.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes

- Describan qué le sucede a la piedra caliza cuando se le expone al agua subterránea acidulada.
- Describan características de la superficie terrestre que se encuentran en áreas que tienen un lecho de rocas solubles.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes realicen investigaciones sobre los problemas de contaminación hallados en los acuíferos de carso. Ejemplos de acuíferos incluyen los que se encuentran en las áreas de carso situadas en el este de los Estados Unidos (Kentucky, Tennessee, el noroeste de Georgia, el noreste de Alabama, Missouri y la Florida serían buenos lugares para comenzar). También, Edwards Aquifer, que está en la región central de Texas, sería un buen tema de estudio. Haga que los estudiantes describan los orígenes más comunes de la contaminación, los métodos de investigación y las actividades que se hacen para disminuir o prevenir la contaminación.

Haga que los estudiantes estudien los efectos de la temperatura, del tamaño de la tiza y de la concentración de ácidos en la velocidad a la cual la tiza se disuelve.

Haga los mismos experimentos usando pedazos de piedra caliza.

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Moore, G.W., and Sullivan, G.N. 1978. *Speleology: The Study of Caves*. Teaneck, N.J.: Zephyrus Press, Inc.

VanCleave, Janice. 1991. *Janice VanCleave's Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y., John Wiley & Sons, Inc.

# CABEZA ABAJO, CABEZA ARRIBA Y OTRAS LINDAS DECORACIONES DE LAS CUEVAS

Si le pide a la mayoría de la gente que describa un tipo de formación que existe en las cuevas, probablemente le describirán las que se encuentran “cabeza abajo y cabeza arriba”, conocidas más propiamente como estalactitas y estalagmitas. Aunque éstas son probablemente las más conocidas entre las formaciones de las cuevas, las cuevas contienen también otras formaciones fascinantes. Las perlas de cuevas, las rosetas de maíz, los globos de hidromagnesita y los cristales de selenita son sólo unos pocos ejemplos de otras formaciones que crecen en las cuevas.

Otros rasgos interesantes que se encuentran en las cuevas son el resultado de la corrosión del lecho rocoso y de las formaciones. Los causados por la corrosión generalmente son el resultado del mismo compuesto, el ácido carbónico, que dio lugar a la formación de grandes estalactitas y estalagmitas. Sin embargo, los procesos relacionados con los rasgos causados por la corrosión son bastante diferentes. Un elemento clave en el desarrollo de los rasgos causados por la corrosión es el aire caliente que se eleva.

Una cueva constituye un clima en sí misma, y dentro de ésta hay muchas variaciones ligeras de ese clima. Estos “microclimas” con frecuencia dan como resultado hermosas formaciones que pueden ocurrir sólo si existen las condiciones precisas. Generalmente, los microclimas son el resultado del movimiento del aire, o de la falta de éste, dentro de un sistema de cueva.

El agua es otro elemento clave en la formación de las decoraciones de las cuevas. Sin ella, la Caverna de Carlsbad sería sólo un hueco vacío en medio de la tierra. El agua subterránea ligeramente acidulada, al migrar hacia abajo a través del lecho de piedra caliza, llevó consigo la calcita disuelta a los vacíos de la caverna, donde se depositó en forma de estalactitas, estalagmitas y colgaduras. La migración del agua desde la superficie de la cueva ha sido el tema de muchos estudios. Un tema de preocupación reciente ha sido el transporte de productos contaminantes desde el centro de visitantes y el área de la oficina hasta la caverna, por medio del agua subterránea. Se han hecho

varios estudios para determinar la velocidad de infiltración del agua subterránea dentro de muchas áreas de la caverna.

# CABEZA ABAJO Y CABEZA ARRIBA

*¿Cómo crecen las estalactitas y las estalagmitas?*

**Sumario:** Los estudiantes describirán y modelarán la formación de estalagmitas y estalactitas.

**Duración:** La lección inicial y el laboratorio – un período de clases y luego dejar crecer la formación durante varios días.

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** colada estalagmítica, represa, espeleotemas, estalactita, estalagmita

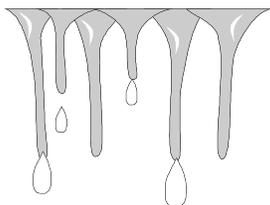
**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC4-E3, SC5-E2, SC6-E6

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán cómo se forman las estalactitas y las estalagmitas.
- Modelarán formaciones de estalactitas y estalagmitas.

## ANTECEDENTES



Los espeleotemas encontrados en las cuevas se forman de muchos minerales diferentes. En el libro *Cave Minerals of the World*, Carol Hill y Paolo Forti describen 255 minerales diferentes que han sido identificados en las cuevas. Además, describen 38 tipos de espeleotemas. Es obvio que, además de las estalactitas y estalagmitas, hay más minerales de cavernas y espeleotemas. Este ejercicio está diseñado para presentarles a

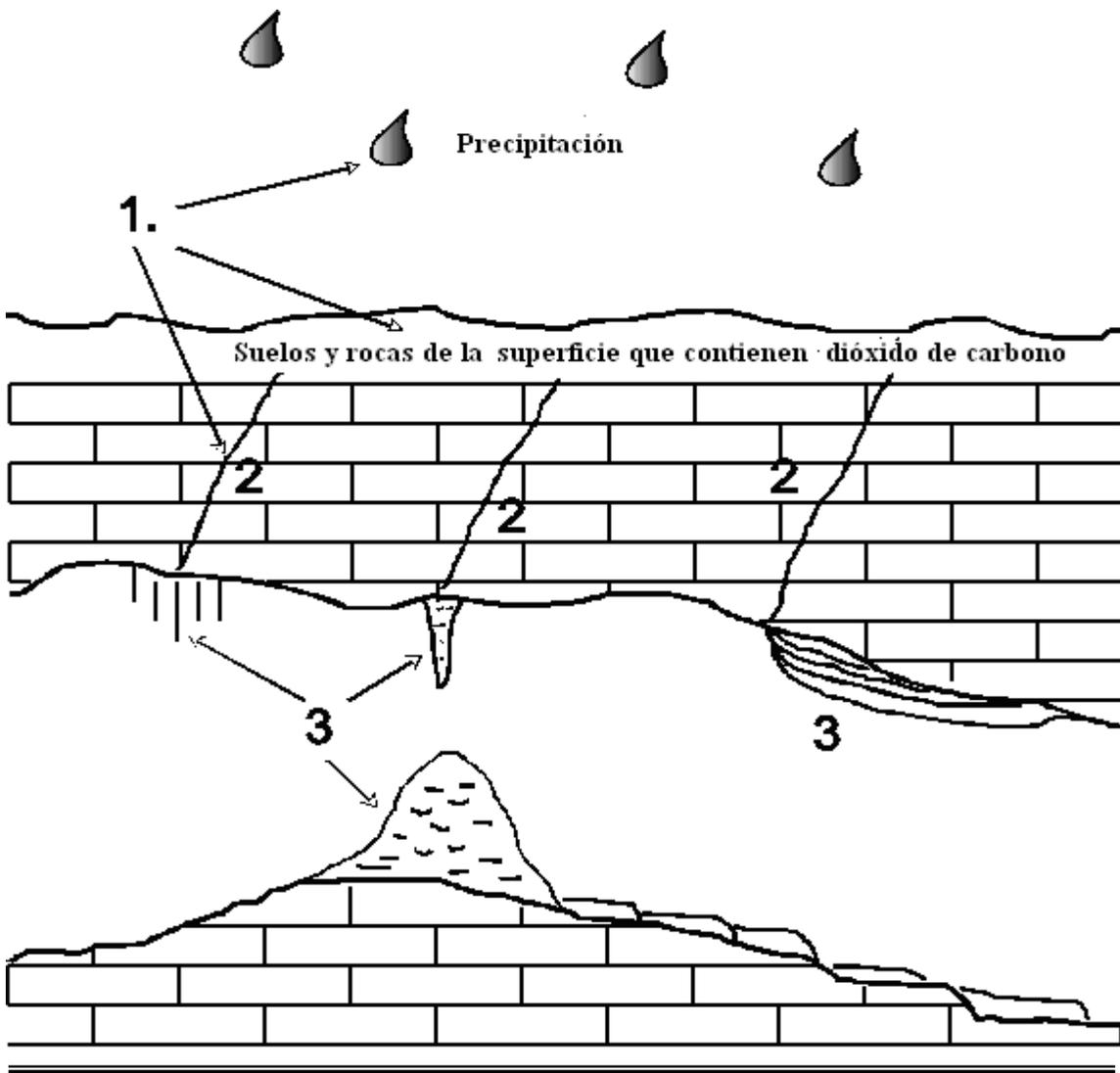
los estudiantes la idea de los minerales que se llevan en solución de un lugar a otro, donde se precipitan en forma de *espeleotemas*.

La lluvia o las otras precipitaciones que caen en las Montañas Guadalupe absorben el dióxido de carbono del aire y del suelo a medida que se filtran en la tierra. Esto hace que el agua se vuelva ligeramente acidulada. Esta agua se infiltra hacia abajo, primero a través de los poros del suelo y después a través de hendiduras o juntas en el lecho de rocas. A medida que el agua se encuentra con la piedra caliza, empieza a disolver lentamente pequeñas cantidades de la calcita contenida allí y la lleva hacia abajo.

Al llegar a la cueva, el agua puede quedarse en el techo, correr por un lado del pasaje o salpicar el suelo. Parte del dióxido de carbono contenido en el agua es liberado en el aire de la cueva. Con este cambio en la química del agua, la calcita no puede ya permanecer en forma de solución y comienza a precipitarse como sólido. A medida que la calcita se precipita, los nuevos cristales que se forman se unen a los cristales de calcita ya existentes y los espeleotemas en los que éstos se depositan se hacen mayores.

A veces el agua corre en forma de sábana a lo largo del suelo o por la pared de la cueva hacia abajo. A medida que el agua fluye, el dióxido de carbono se pierde en la atmósfera de la cueva y la calcita comienza a precipitarse en la superficie sobre la cual fluye el agua. Con el paso del tiempo, esto dará lugar a una capa pulida de calcita que cubre el piso o la pared original de la cueva. Esta capa se llama colada estalagmítica y se puede ver en toda la Caverna de Carlsbad.

1. El agua meteórica que se infiltra en la tierra absorbe el dióxido de carbono del aire y del suelo a través del cual pasa.
2. Esta agua acidulada disuelve el mineral calcita a medida que se mueve hacia abajo a través de hendiduras o grietas en el lecho de piedra caliza, y lo lleva hacia la parte inferior de la cueva.
3. Mientras el agua cuelga del techo, corre hacia abajo de un lado de la cueva o salpica la tierra, libera dióxido de carbono. Entonces la calcita se precipita en el agua y se adhiere a la superficie formando pajitas, estalagmitas, estalagmitas, colgaduras y otros espeleotemas diferentes.



Con frecuencia, el agua que fluye a lo largo del piso de la cueva se aposentará en charcas. A medida que el agua fluye sobre el borde de las mismas para continuar corriendo hacia abajo, se vuelve turbulenta. Esto hace que el dióxido de carbono del agua sea liberado en la atmósfera de la caverna. Como resultado, la calcita comienza a precipitarse y a unirse con el borde de la charca. Con el paso del tiempo, la acumulación de calcita en el borde de la charca puede llegar a formar una presa, haciendo la charca más profunda. Estas represas, o gours, se encuentran en muchas de las cuevas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad. Probablemente la más famosa de ellas es la Chinese Wall, situada en Slaughter Canyon Cave.

La velocidad de crecimiento de los espeleotemas varía de cueva a cueva y también varía entre lugares situados dentro de una misma cueva. Según Hill y Forti, la velocidad de crecimiento de los espeleotemas se ve afectada por factores tales como el clima y los patrones de infiltración de agua. Ellos citan estudios en los cuales se obtuvieron amplios rangos de velocidades de crecimiento de los espeleotemas en diferentes lugares. En un estudio, las velocidades de crecimiento iban desde 0.22 a 9.29 cm/100 años. Ellos se refieren a un estudio llevado a cabo por Derek Ford, en el cual él concluye que la mayor parte del travertino (calcita) de las cavernas creció durante la última mitad del Período Pleistoceno, lo cual indica que ésta tiene menos de un millón de años. Sin embargo, a pesar de la variabilidad en la velocidad de crecimiento de la calcita, éste es todavía un proceso muy lento en escala humana, pues es muy poco el crecimiento que se puede apreciar durante la duración de una vida humana.

Los estudiantes preguntan con frecuencia cómo recordar cuál formación es una *estalactita* y cuál es una *estalagmita*. Estalactita tiene dos letras “t” en ella y se puede asociar con la palabra techo. Estalagmita tiene la letra “g” y se le puede asociar con la palabra grava, que a su vez les recordaría el suelo, donde éstas crecen. Los estudiantes podrán usar este método u otro similar como ayuda para recordar las diferencias entre los distintos tipos de espeleotemas.

## **MATERIALES**

Sales de epsom

Frascos pequeños (dos por cada grupo)

Madeja de hilo

Arandelas u otros objetos que se puedan usar como pequeñas pesas

Tijeras

Colorante para comida

Cuchara

Papel de aluminio

Papel

## **PROCEDIMIENTO**

*Inicio*

Muestre a los estudiantes fotos de pasajes de cuevas, decorados. Haga que le describan los espeleotemas que vean. Pídales que escriban un resumen de cómo ellos piensan que estos espeleotemas se formaron.

Describa y analice, con toda la clase, los mecanismos por medio de los cuales se forman los espeleotemas de calcita más comunes. Analice la lenta velocidad de crecimiento del espeleotema y los factores que influyen en este proceso.

### ***Actividad***

1. Prepare una solución saturada de sales de epsom. Esto se puede hacer llenando cada frasco con 2/3 de sales de epsom y añadiendo la misma altura de agua. Revuélvala.
2. Corte pedazos de hilo de 50 cm. de longitud. Ate una pesa a cada extremo.
3. Coloque cada extremo del hilo en diferentes frascos y presione la pesa contra el fondo del frasco.
4. Haga una bandeja de al menos 60 cm. de longitud, doblando y plisando los extremos de un pedazo de papel de aluminio.
5. Coloque los frascos en la bandeja. El hilo debe colgar entre ellos con la parte más baja de la lazada a 2-3 cm. por encima de la bandeja.
6. Deje los frascos sin tocar durante una semana. Haga que los estudiantes comprueben diariamente el crecimiento del espeleotema. Haga que dibujen los cambios en los espeleotemas diariamente, o que reflejen su crecimiento en una gráfica.
7. Si lo desea, puede añadir colorante para comidas a las soluciones de sales de epsom.

### ***Cierre***

Revise brevemente con los estudiantes los mecanismos de crecimiento de los espeleotemas. Analice los puntos a favor y en contra de usar el modelo de sales de epsom que ellos han estado observando durante la semana transcurrida. Dígalos a los estudiantes que algunas formaciones que se encuentran en las cuevas se formaron del mismo mineral contenido en las sales de epsom. El mineral se llama epsomita y tiene la fórmula química  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ . Los espeleotemas de epsomita crecen con mucha mayor rapidez que los de calcita. Según Hill y Forti, se han conocido algunos espeleotemas de epsomita que crecieron de 25 a 35 cm. en sólo unas pocas semanas.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Le entreguen los dibujos o gráficos que demuestran la velocidad de crecimiento de los espeleotemas de epsomita hechos en la clase.
- Describan cómo se forman los espeleotemas de calcita, tales como las estalactitas y las estalagmitas.
- Describan tres factores que afectan la velocidad de crecimiento de los espeleotemas.

## **EXTENSIONES**

Use el procedimiento descrito arriba para crear espeleotemas de sales de epsom, pero hágalo en un diorama de caverna. Pueden usarse varias soluciones con diferentes colores. Coloque los frascos sobre la caja donde se construirá el diorama. Coloque la caja en una bandeja de papel de aluminio o en una charola poco profunda de las usadas para galletitas. Haga un hueco en la parte superior de la caja para que el hilo pueda pasar a

través de éste con facilidad. Ponga algunos pedazos de hilo a través de la caja y hacia atrás en el otro frasco. Otros pedazos más cortos de hilo se pueden suspender con un extremo en un frasco y el otro extremo colgando dentro de la “cueva”. Anime a los estudiantes a que sean creativos al tratar de reproducir distintas variedades de espeleotemas.

## **RECURSOS**

Ambrose, Janet, et.al. eds. 1999. *About Bats, Caves and Deserts*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns National Park.

Hill, Carol and Forti, Paolo, 1997, *Cave Minerals of the World, 2nd ed.* Huntsville, Alabama: National Speleological Society, Inc.

Jagnow, David and Jagnow, Rebecca. 1992. *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association.

Van Cleave, Janice. 1991. *Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

# UNA DECORACIÓN POCO COMÚN

*¿Existen otros tipos de formaciones que puedan encontrarse en las cuevas?*

**Sumario:** Los estudiantes usarán la información aprendida durante la discusión en clases para modelar la formación de otras decoraciones de las cuevas tales como perlas de cuevas, rosetas de maíz y rasgos causados por la corrosión.

**Duración:** Una clase de 50 minutos para la lección inicial. Cinco o diez minutos diariamente durante una o dos semanas después.

**Lugar:** La clase

**Vocabulario:** perlas de cueva, rosetas de maíz de las cuevas, condensación/corrosión, ramaje de escarcha, saturado

**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC4-E3, SC5-E2, SC6-E6

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán cómo se forman otros tres tipos de formaciones de cuevas.
- Construirán un modelo que muestre cómo se forman las rosetas de maíz de las cuevas.

## ANTECEDENTES



Las cuevas contienen muchos espeleotemas, además de las estalactitas y las estalagmitas con las que la mayoría de las personas están familiarizadas. Tres de los otros espeleotemas, o rasgos más comunes encontrados en las cavernas, son las perlas de cuevas, el ramaje de escarcha y las rosetas de maíz direccionales (una forma de coraloide), así como los rasgos causados por los procesos de condensación/corrosión.

Las *perlas* de cuevas crecen en charcas poco profundas de agua saturada con el mineral calcita. Granos de arena, huesos de murciélagos, rocas, conchas, fragmentos de madera u otros pedazos pequeños de calcita pueden formar el núcleo alrededor del cual crecerán las perlas. A medida que el dióxido de carbono se pierde en el aire, la calcita se deposita en el objeto, así como a lo largo del suelo y de las orillas de la charca. Mientras se añade más y más calcita, las perlas se redondean. La agitación, generalmente del agua que gotea, se supone que impide que las perlas se adhieran al fondo de la charca.

El ramaje de escarcha direccional, las *rosetas de maíz* direccionales y los rasgos causados por los procesos de *condensación/corrosión* deben su existencia a la circulación del aire dentro de una cueva. El ramaje de escarcha y las rosetas de maíz direccionales se forman a medida que el aire frío y más seco desciende en la caverna durante los meses invernales. Para ver un dibujo detallado y hacer un análisis más profundo acerca de la circulación del aire en las cavernas según las estaciones, vea la lección *Es un mundo*

*pequeño*. Este aire seco hace que el agua se evapore más rápido en el lado de las formaciones que quedan frente a la entrada de la caverna. A medida que el agua se evapora, la calcita se precipitará y formará las delicadas formas de ramaje de escarcha o las rosetas de maíz similares al coral. Varios buenos ejemplos de rosetas de maíz direccionales se pueden ver a lo largo del pasaje principal de la Caverna de Carlsbad, entre la entrada natural y la Iceberg Rock. En esta área, las rosetas de maíz crecen en el lado que queda frente a muchas estalactitas y estalagmitas. Algunos pasajes en el Left-Hand Tunnel, entre el Lunchroom y el Lake of the Clouds tienen excelentes ejemplos de ramaje de escarcha direccional.

Los rasgos causados por los procesos de condensación/corrosión se forman cuando el gas dióxido de carbono que el agua libera en la cueva es absorbido por el agua condensada en la pared o en el techo de la cueva. Según Hill, deben estar presentes tres condiciones atmosféricas para que esto ocurra: nivel alto de dióxido de carbono en el aire, humedad alta en el aire y un gradiente de temperatura, o diferencia, entre el aire de los distintos pasajes. El dióxido de carbono es liberado de las charcas de la caverna, como ocurre en el Lake of the Clouds de la Caverna de Carlsbad. Si el aire que está cerca de la charca es más cálido que el aire que está en otro pasaje superior, las corrientes de aire arrastradas por la densidad (ver *Es un mundo pequeño*) harán que el aire más cálido y cargado de humedad y de dióxido de carbono ascienda hacia el techo y a lo largo del mismo. Al alcanzar el techo y las formaciones del techo, el agua comenzará a condensarse en estas superficies más frías. El dióxido de carbono se disolverá en esta agua fresca, convirtiéndola en acidulada y agresiva hacia el lecho de rocas y las formaciones de calcita. Durante un período de tiempo, el lecho de rocas se volverá "punk", o blando y marcado por la corrosión. Los espeleotemas serán grabados al aguafuerte por el agua acidulada que corre a lo largo del lado que queda frente a la corriente de aire ascendente. Esta ligera corriente de aire puede mover el agua (ahora saturada con carbonato de calcio o calcita) hasta las orillas del área corroída. Allí, el dióxido de carbono puede desgasificarse de nuevo, haciendo que la calcita se precipite y que crezcan bordes a lo largo de las orillas del área corroída. Este tipo de condensación/corrosión es muy evidente en el Creeping Ear, que se encuentra localizado en el Lake of the Clouds Passage, de la Caverna de Carlsbad.

## **MATERIALES**

Refresco carbonado en una botella plástica transparente

Agua del grifo

Agua carbonada

Vinagre blanco

Tres botellas de spray pequeñas (atomizadores)

Tiza blanca

Arcilla

Papel de aluminio o pequeñas cazuelas de aluminio (de aproximadamente 10 cm. de diámetro)

## **PROCEDIMIENTO**

Esta actividad está diseñada para simular los procesos de condensación/ corrosión en las cuevas.

### ***Inicio***

De pie en el medio de la clase, agite rápidamente la botella de refresco y proceda como si fuera a abrirla. Cuando los estudiantes parezcan preocupados por lo que usted está haciendo, pregúnteles por qué no se debe abrir la botella. Analice la carbonación de los refrescos y cómo este proceso causa la efervescencia. Pregunte qué pasa si se deja la botella de refresco abierta toda la noche. Haga que los estudiantes presenten hipótesis sobre lo que sucedería con la efervescencia. Llévelos a comprender la idea de la desgasificación, proceso por el cual la mayor parte del dióxido de carbono deja el líquido y regresa al aire. Pregunte a los estudiantes qué ellos piensan que sucederá si el dióxido de carbono desgasificado se encontrara con una gota de agua pura, sin dióxido de carbono en ella. Durante la discusión, llévelos a comprender que el dióxido de carbono dejará un refresco, donde se encuentra en exceso. También volverá a entrar, o se disolverá, en agua pura.

Describa y analice la desgasificación del dióxido de carbono que ocurre en las charcas de las cuevas. Analice el material de la sección de Antecedentes con los estudiantes, asegurándose de examinar la manera en que el aire menos denso y más cálido se eleva y lleva el dióxido de carbono hacia arriba. También asegúrese de analizar la forma en que el dióxido de carbono se disuelve en el agua condensada a lo largo de la pared de la cueva, haciendo que el agua se vuelva ligeramente acidulada.

### ***Actividad***

1. Coloque tres pelotas de arcilla (de aproximadamente 1" de diámetro) en el fondo de cazuelas de aluminio separadas. Si está usando papel de aluminio, doble los bordes y pliegue las esquinas para hacer bandejas de aproximadamente 10 cm. de largo. Marque una de las cazuelas como "agua del grifo" otra como "agua carbonada" y la última como "vinagre".
2. Ponga uno de los pedazos de tiza en posición vertical en cada una de las pelotas de arcilla.
3. En una botella con atomizador ponga agua del grifo, en otra, agua carbonada y en la tercera, vinagre. El agua carbonada deberá renovarse cada día.
4. Utilizando las botellas con atomizador, humedezca ligeramente cada pedazo de tiza con el líquido que éstas contienen y que aparece en sus etiquetas. ¡No empape la tiza! Cuide de no echarles agua a los otros pedazos de tiza.
5. Coloque las cazuelas donde nadie las toque.
6. Una vez al día, examine las tizas. Haga que los estudiantes anoten sus observaciones por medio de descripciones escritas, dibujos o fotografías.
7. Continúe durante una semana, o hasta que se puedan advertir diferencias sustanciales.

### ***Cierre***

Haga que los estudiantes resuman sus observaciones sobre la tiza. Use una discusión en clase o un trabajo escrito. Pídales a los estudiantes que describan las formas en las que la demostración hecha en clases es similar a los procesos que ocurren en los ambientes de las cuevas.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes

- Describan los rasgos causados por los procesos de condensación/corrosión que se encuentran en las cuevas.
- Expliquen por qué las rosetas de maíz se encuentran con frecuencia al lado de las estalagmitas que quedan frente a la entrada de una cueva.

### **EXTENSIONES**

Utilizando el modelo de espeleotema hecho de sales de epsom de la lección *Cabeza arriba y cabeza abajo*, haga que los estudiantes diseñen y construyan un modelo de rosetas de maíz direccional. Recuerde que las corrientes de aire usadas en el modelo deben ser muy ligeras.

### **RECURSOS**

Hill, Carol, 1987, *Geology of Carlsbad Cavern and Other Caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas*. Socorro, N.M.: New Mexico Bureau of Mines & Mineral Resources Bulletin 117.

Hill, Carol and Forti, Paolo, 1997, *Cave Minerals of the World, 2nd ed.* Huntsville, Alabama: National Speleological Society, Inc.

Jagnow, David and Jagnow, Rebecca. 1992. *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association.

# ES UN MUNDO PEQUEÑO

*¿Por qué la cueva es tan fría y húmeda?*

**Sumario:** Los estudiantes observarán y describirán los microclimas que existen en su escuela.

**Duración:** Un período de clases de 50 minutos

**Lugar:** La clase y dentro de la escuela

**Vocabulario:** circulación, denso, microclima

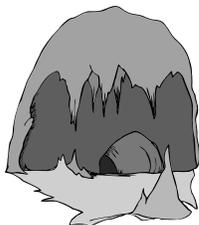
**Estándares/ parámetros tratados:** SC5-E2, SC6-E1, SC12-E7

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán varios microclimas naturales.
- Explicarán por qué las cuevas son microclimas.
- Investigarán y describirán los microclimas que se encuentren en el edificio de la escuela.

## ANTECEDENTES



Todas las cuevas tienen sus propios climas únicos. Estos *microclimas*, como se les conoce, se determinan por muchos factores como la elevación de la entrada, la humedad disponible en la cueva, la forma y el tamaño de los pasajes y la temperatura media anual. Las variaciones, determinadas por las estaciones, del flujo de aire en la Caverna de Carlsbad han dado como resultado una gran cantidad de espeleotemas direccionales interesantes (ver la lección *Una decoración poco común*).

Cuando el aire de la superficie se enfría durante los meses de otoño e invierno, se hace más *denso*. A medida que el aire que está cerca de la entrada de la cueva se hace más denso, éste comienza a fluir dentro de la cueva y hacia abajo. Continuará fluyendo cada vez más profundamente en la cueva hasta que alcance el extremo inferior de la cueva o encuentre una capa de aire con la misma densidad. Mientras tanto, el aire de la caverna es calentado por las rocas que lo rodean, haciendo que se vuelva menos denso y que se eleve. De esta forma se establecen las células transmisoras de la circulación del aire en un sistema de cuevas. El aire frío y más seco de la superficie se hunde en la parte más baja de los pasajes de la cueva, mientras que el aire más cálido y húmedo de la caverna se eleva a lo largo del techo hacia los puntos más altos de la cueva. Una célula de *convección* como ésta es responsable de los rasgos causados por la corrosión que se encuentran cerca del Lake of the Clouds, en la Caverna de Carlsbad.

Este flujo interno, que varía según las estaciones, causa fluctuaciones estacionales en temperatura y humedad a lo largo de los pasajes principales que llevan a las profundidades de la caverna. Sin embargo, a lo largo de algunos pasajes, como los pasajes ciegos –que tienen entrada, pero que no tienen salida– hay muy poca circulación de aire. En estas áreas, las variaciones anuales de temperatura y humedad son mínimas.

Las características tectónicas locales y la estratigrafía juegan un papel fundamental en la disponibilidad de la humedad en una cueva. Los acuíferos que están en lugares altos pueden interceptar el agua que se infiltra sobre una sección de la cueva y desviarla hacia otra sección. Además, las juntas o hendiduras en el lecho de rocas proporcionan senderos preferenciales para que el agua subterránea fluya. Con frecuencia estas juntas cortan por el medio un acuífero situado en una elevación, abriendo así un sendero para que el agua descienda hacia la cueva. A medida que el agua subterránea que fluye a lo largo de las juntas intercepta un pasaje de la cueva, se formará una sección más húmeda en la cueva. En esa región habrá abundancia de colada estalagmítica, estalagmitas, estalactitas, colgaduras, columnas, charcas y represas.

El área de entrada de una caverna es una zona climática especial. Las temperaturas más frías, la gran humedad, la disponibilidad de agua y la protección proporcionada por las rocas hacen de esta zona un refugio para la flora y la fauna del desierto. Las golondrinas de las cuevas construyen con frecuencia sus nidos a lo largo de los acantilados que se encuentran alrededor de la entrada de las cuevas como la Caverna de Carlsbad. Es posible ver a estos pájaros regresar después de buscar sus alimentos durante el día al mismo tiempo que los murciélagos que viven en la caverna se alejan para buscar su sustento durante la noche en los cielos del desierto. Los cacomiztles, las mofetas, los puerco espines, las ardillas y las serpientes son sólo unos pocos de los variados animales que disfrutaban del ecosistema tan especial que existe a la entrada de una cueva. Los insectos, los arácnidos, los artrópodos y muchas otras criaturas pequeñas medran en la entrada también. Los depósitos de guano generalmente marcan el camino que lleva desde el lugar donde los murciélagos pasan la noche hasta la entrada. Dentro de estos depósitos se encuentra un mundo microscópico de organismos vivos.

## **MATERIALES**

Sicrómetro de lazo (en grados Celsius) NOTA: Los termómetros que funcionan con alcohol se recomiendan particularmente, ¡mucho más que los de mercurio!

Un termómetro (en grados Celsius).

## **PROCEDIMIENTO**

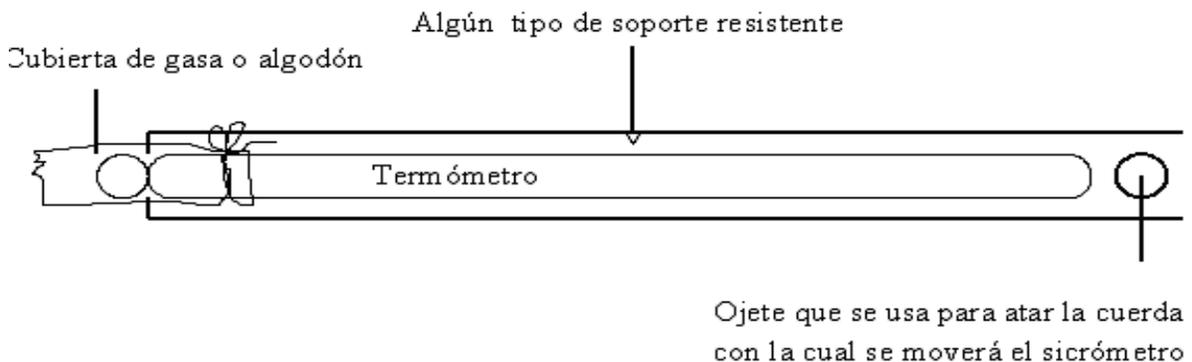
### ***Inicio***

Pídales a los estudiantes que le digan cuál es, aproximadamente, la temperatura afuera. Pídales también que le digan la del interior de la clase. Pídales que le digan la de la oficina del director. Pregúnteles si ellos creen que el aire de afuera es más o menos húmedo que el aire en el interior del edificio.

Explique a los estudiantes el concepto de microclimas. Señale que pueden existir varios microclimas dentro de la escuela. En un día cálido, de verano, puede haber una diferencia de varios grados entre la parte sur del edificio, que es cálida y soleada, y la parte norte, que es comparativamente más fría y sombreada. Además, la humedad puede variar en esas áreas también. En este laboratorio los estudiantes buscarán diferentes zonas de microclimas en el edificio escolar. Más tarde, las compararán con los microclimas que se encuentran en las cuevas.

### ***Actividad***

1. Haga que los estudiantes le den una lista de varios lugares situados en el edificio de la escuela donde ellos creen que puedan encontrarse diferencias en temperatura y humedad. Con la clase completa, o en grupos, seleccione tres o cuatro de estos lugares para su estudio.
2. En cada uno de estos lugares, anote la temperatura y las lecturas de la cubeta húmeda y la cubeta seca del sicrómetro. Recuerde que la tela de muselina que se pone en la cubeta húmeda del sicrómetro debe humedecerse antes de usarse, preferiblemente con agua destilada. Entonces, se debe hacer girar al sicrómetro durante varios minutos y comprobar su estado periódicamente. Se debe continuar haciendo esto hasta que la temperatura de la cubeta húmeda se estabilice.
3. Los sicrómetros baratos de lazo están disponibles en diferentes tiendas que venden objetos relacionados con las ciencias. Algunos termómetros tienen un pequeño ojito en la parte superior, al que se le puede atar un cordón. Sin embargo, esto no es recomendable, pues esos ojitos tienden a romperse con facilidad bajo estas condiciones. Se pueden construir sicrómetros simples para los estudiantes pegando con cinta adhesiva o con cola pequeños termómetros baratos a un soporte, que puede ser un pedazo delgado de madera, y atando una cubierta hecha de gasa o muselina a la cubeta. La temperatura de la cubeta seca puede obtenerse del termómetro regular que se usa para determinar la temperatura del aire. Una vez que los estudiantes hayan obtenido sus datos, ellos pueden determinar la humedad relativa de sus zonas de microclimas usando el cuadro de datos proporcionado con el sicrómetro, o el cuadro de datos que viene al final de esta sección. En el cuadro de datos, ellos necesitarán encontrar la temperatura de la cubeta seca en el eje vertical. También necesitarán calcular las diferencias entre las temperaturas de las cubetas húmeda y seca, y encontrar este valor en el eje horizontal del cuadro. Una vez que hayan encontrado los dos números, podrán determinar la humedad relativa.



### **Sicrómetro sencillo de lazo**

#### ***Cierre***

Analice las diferencias en temperatura y humedad relativa que los estudiantes observen. Haga que traten de explicarle por qué existen esas diferencias. Ellos deben considerar

aspectos como la sombra, la protección contra el viento, la cercanía a una fuente de humedad (un grifo que gotea, el goteo causado por la condensación del aire acondicionado, los aires acondicionados, etc.).

Haga que los estudiantes le den una lista de los factores que ellos piensan que pueden ser los responsables de la existencia de microclimas en una cueva. Haga que mencionen y describan las consecuencias de distintos microclimas posibles. Por ejemplo, una gran cantidad de agua y un flujo hacia adentro de aire más seco dará como resultado una mayor evaporación y más espeleotemas.

Termine con un análisis de los distintos organismos que usan el ecosistema único y el microclima que se encuentra cerca de la entrada de una cueva.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Describan varios factores que contribuyen al desarrollo de los microclimas en las cuevas.
- Describan los procedimientos y equipos que pueden usar los espeleólogos cuando estudian los microclimas de las cuevas.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes:

- Usen los equipos utilizados en este laboratorio para estudiar los microclimas que existen en su comunidad y para evaluar el impacto que éstos tienen. Por ejemplo, el Puente Bataan cruza el Río Pecos en Carlsbad, Nuevo México, y debajo se encuentra un microclima muy interesante. El área situada debajo del puente es ligeramente más húmeda, fría y oscura. Como resultado, allí habita una población numerosa de golondrinas y murciélagos. En el agua del Pecos, el puente también modifica el clima al crear zonas sombreadas y más frías en el agua. Los peces se encuentran con frecuencia en estas áreas sombreadas durante los meses cálidos y soleados del verano.

## **RECURSOS**

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill. (Contains a lab Actividad for using a sling psychrometer on pp. 428-429, 719.)

Hill, Carol, 1987, *Geology of Carlsbad Cavern and Other Caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas*. Socorro, N.M.: New Mexico Bureau of Mines & Mineral Resources Bulletin 117.

## PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA

$T_{db}$ (°C)	Temperaturas de la cubeta seca – la cubeta húmeda (°C)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	
2	84	68	52	37	22	8										
4	85	70	56	42	29	26	3									
6	86	73	60	47	34	22	11									
8	87	75	63	51	39	28	18	7								
10	88	76	65	54	44	33	23	14	4							
12	89	78	67	57	47	38	29	20	11	3						
14	89	79	69	60	51	42	33	25	17	9						
15	90	80	71	62	54	45	37	29	22	14						
18	91	81	73	64	56	48	41	33	26	19	6					
20	91	82	74	66	58	51	44	37	30	24	11					
22	91	83	75	68	60	53	46	40	34	27	16	5				
24	92	84	76	69	62	55	49	43	37	31	20	9				
26	92	85	77	70	64	57	51	45	39	34	23	14	4			
28	92	85	78	72	65	59	53	47	42	37	26	17	8			
30	93	86	79	73	67	61	55	49	44	39	29	20	12	4		
32	93	86	80	74	68	62	56	51	46	41	32	23	15	8	1	
34	93	87	81	75	69	63	58	53	48	43	34	26	18	11	5	
36	93	87	81	75	70	64	59	54	50	45	36	28	21	14	8	
38	94	88	82	76	71	65	60	56	51	47	38	31	23	17	11	
40	94	88	82	77	72	66	62	57	52	48	40	33	26	19	13	
42	94	88	83	77	72	67	63	58	54	50	42	34	28	21	16	
44	94	89	82	78	73	68	64	59	55	51	43	36	29	23	18	

# GOTEA, GOTEA, GOTEA

*¿Cuánto se demora el agua en llegar de la superficie al interior de la cueva?*

**Sumario:** Los estudiantes explorarán las velocidades de infiltración y los factores que la afectan.

**Duración:** Dos períodos de clase de 50 minutos

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** infiltración, agua subterránea, porosidad, permeabilidad, acuífero, acuicluido, nivel freático, zona de aireación, zona de saturación

**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC5-E2, SC6-E1, SC12-E7

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Describirán los factores que influyen en las velocidades de infiltración.
- Construirán un modelo para demostrar el efecto que los diferentes tipos de rocas y suelos tienen en la infiltración.

## ANTECEDENTES



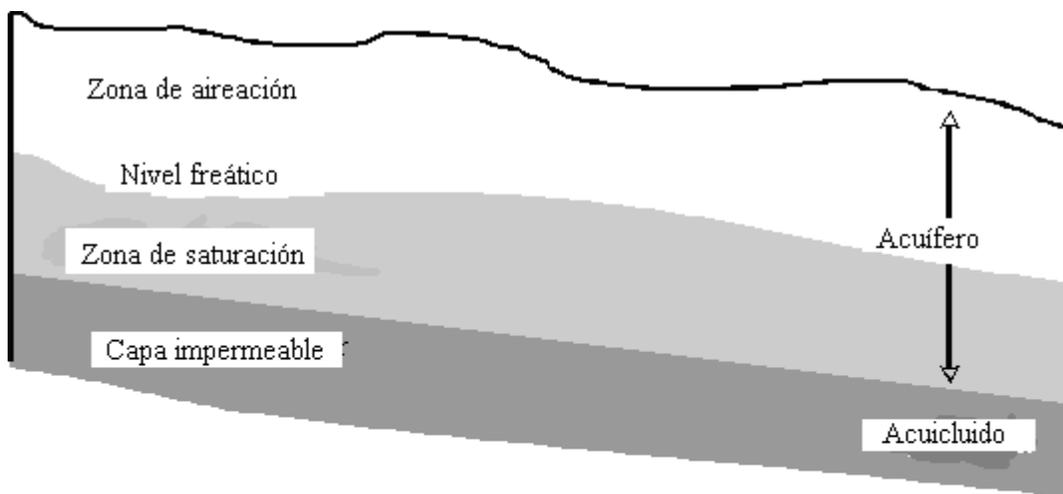
Una gran parte del material de esta lección será un duplicado de *¡Esto es algo más que dinosaurios muertos!* Esto sucede porque las ideas sobre la porosidad, la permeabilidad y el flujo de los fluidos que pasan a través de los depósitos de rocas son básicamente las mismas. Esta actividad incluye el uso de las mismas botellas empleadas para modelar el flujo de los fluidos bajo la tierra.

A medida que la precipitación cae a la tierra, una de tres cosas puede sucederle. Se puede evaporar y regresar a la atmósfera como vapor de agua. A veces esto ocurre después que el agua ha sido interceptada y mantenida en la vegetación durante un período de tiempo. Esto también puede ocurrir a medida que el agua se evapora en los charcos dejados por la lluvia, o a medida que el agua acumulada en un suelo cenagoso sale a la superficie y recibe del sol la energía que necesita para evaporarse. El agua también puede infiltrarse en la tierra, filtrándose hacia abajo para convertirse en *agua subterránea*. La que no se evapora o se infiltra comienza a buscar puntos bajos y, en el proceso de moverse a lo largo de la tierra, se convierte en lo que se conoce como *escorrentía*. La *escorrentía* puede variar desde las de ríos grandes, como el Mississippi, hasta los hilos de agua que corren junto a la orilla de un charco de fango en el patio de casa de un estudiante.

Esta lección se concentrará en el estudio de la *infiltración*. El factor principal que afecta a la velocidad de infiltración es la composición del suelo. A medida que el agua comienza a infiltrarse, ésta llena las aberturas o poros del suelo, al moverse hacia abajo. Algunos suelos contienen grava o arena. En ellos, los poros serán más grandes y el suelo más *permeable*. Esto significa que el agua puede moverse más rápido a través del suelo. Las aberturas son menores en los suelos que tienen sedimentos o partículas de arcilla. El agua

se moverá más lentamente a través de estos suelos. Además, la atracción molecular entre las moléculas de agua y las partículas de arcilla contribuye a hacer más lenta la velocidad de infiltración. Si la cantidad de precipitaciones excede la velocidad de infiltración, la tierra se satura con agua. Es decir, todos los espacios de los poros que hay en el suelo se llenan de agua. Cuando esto sucede, el exceso de agua comienza a flotar por la pendiente hacia abajo, a lo largo de la superficie, como escorrentía.

A medida que el agua se infiltra hacia abajo, alcanzará con el tiempo una capa permeable en la cual se almacena el agua subterránea. Esta capa se llama *acuífero*. En el acuífero, la región en la que la mayoría de los espacios están llenos de aire se llama *zona de aireación*. La región en que la mayor parte de los espacios están llenos de agua se llama *zona de saturación*. La parte superior de la zona de saturación se llama *nivel freático*. El acuífero está rodeado en el fondo, y a veces en la parte superior, por una capa impermeable que se llama *acuicluido*. A veces, un acuicluido pequeño se encontrará más alto que el nivel freático de una región, y entonces se formará un acuífero pequeño. Estos acuíferos pequeños que se encuentran más elevados que el nivel freático principal de la región se llaman acuíferos colgantes. El área desde la cual un acuífero recibe agua en forma de precipitaciones infiltradas se llama zona de recarga.



Las hendiduras o juntas en las rocas proporcionan la forma principal de *porosidad* a lo largo de la cual el agua subterránea se infiltra en la Caverna de Carlsbad y en otras cavernas del parque. Se puede encontrar evidencia de esto al observar las largas líneas de estalactitas, estalagmitas y columnas que se forman a lo largo de los sistemas principales de juntas que cruzan las cavernas. Sin embargo, investigaciones recientes han mostrado

que las velocidades de infiltración no son uniformes en toda la caverna. Un estudio reciente pareció indicar que algunas de las secciones más profundas de la caverna realmente ven las aguas meteóricas que se infiltran a una velocidad mayor que algunas de las secciones menos profundas de la caverna. En estos momentos todavía se siguen llevando a cabo estos estudios.

El lugar donde se encuentra el centro de visitantes y las oficinas de la Caverna de Carlsbad ha sido causa de preocupación durante varios años. Debido a la ubicación de estos lugares, hay muchas fuentes potenciales de contaminación situadas directamente sobre la caverna. La escorrentía del aparcamiento concentra aceite, anticongelantes y otros agentes contaminantes en áreas donde el agua deja el aparcamiento y se infiltra en los suelos del desierto que rodean el lugar. También que se ha descubierto que los sistemas sépticos y las líneas del alcantarillado son fuentes potenciales de contaminación en la superficie. Los estudios hechos han mostrado que algunos de estos agentes contaminantes alcanzan la caverna a medida que las aguas que se infiltran los llevan hacia abajo. Como resultado se han hecho propuestas para cambiar algunos, o todos los servicios, hacia el fondo de la escarpa, donde no constituirían un peligro para el agua que entra a la Caverna de Carlsbad.

## **MATERIALES**

Cubetas graduadas de 250 ml. - 3

Cubetas de 100 ml. - 3

Varias botellas de refresco de dos o tres litros

Arena (de varios colores, si se puede)

Grava (de varios colores, si se puede)

Escoria (rocas de lava, ¡batman!)

Arcilla

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Esta actividad es casi idéntica a *¡Esto es algo más que dinosaurios muertos!* Sin embargo, ésta se enfoca en el agua subterránea, en lugar de hacerlo en la migración del gas y el petróleo.

Analice los conceptos de agua subterránea, infiltración y movimiento del agua subterránea con toda la clase. Si es posible, consiga un modelo de agua subterránea para usar en la discusión de la clase o invite a un conferencista que tenga experiencia en asuntos relacionados con las aguas subterráneas. Las oficinas locales de Conservación del Agua y del Suelo, las oficinas de extensión del condado, el personal del Servicio de Parques Nacionales, del Servicio Forestal o del Buró de Administración de la Tierra pueden contar con los conocimientos y materiales para ayudarle en esta tarea.

Analice el papel del agua infiltrada en el desarrollo de las cuevas, y los peligros potenciales que implica la infiltración de agua contaminada.

### ***Actividad***

1. Disponga tres botellas como se muestra en la actividad *¡Esto es algo más que dinosaurios muertos!*



- d. Corte 3 ó 4 pulgadas del fondo de tres botellas de tres litros y vuévalas al revés.
  - e. Pegue una capa de tela en el fondo de cada una para impedir que la arena y la grava se derramen.
  - f. Llene las botellas como se muestra en el dibujo.
2. Vuelva las tres botellas al revés con una cubeta graduada de 250 ml bajo cada una de ellas. Pregúntele a los estudiantes: “Si yo vierto 100 ml de agua en cada una de ellas al mismo tiempo, ¿a través de cuál viajará el agua más rápido?” Mantenga su mente abierta a todas las sugerencias de ellos. Haga que los estudiantes justifiquen sus hipótesis. Haga que los estudiantes le ayuden a usted a verter 100 ml de agua en cada botella al mismo tiempo. Observe las cubetas de 250 ml para ver a través de cuál botella el agua pasa más rápido. Discuta los resultados con la clase. Pida que le den teorías en relación con las diferentes velocidades de infiltración en las botellas.
3. Defina qué es la porosidad para los estudiantes. Muéstreles un pedazo de escoria (piedra de lava con huecos), un pedazo de arenisca y un pedazo de un conglomerado o un puñado de grava. Pregúntele cuál de las muestras tiene porosidad. Los estudiantes deben contestar: “las tres”. Pregúntele cuál formaría una roca en la que los fluidos se moverían con más facilidad a través de ella. Algunos estudiantes seleccionarán la escoria, debido al tamaño de sus poros. Señale a los estudiantes que, aunque las tres muestras tienen porosidad, los huecos no están conectados en la escoria, así que el fluido no se moverá con mucha facilidad a través de la misma. Los poros en la grava son mayores que en la arena o en la arenisca, de modo que el fluido se moverá más fácilmente a través de la grava. Analice las diferencias en porosidad y permeabilidad.
  4. Pregúntele a los estudiantes qué sucedería si el agua alcanzara una abertura, como por ejemplo, una cueva. Haga que le describan qué pasaría con los minerales disueltos en el agua mientras que ésta cuelga del techo de un pasaje de la cueva. Haga que le expliquen de dónde vienen estos minerales.
  5. Pregúntele a los estudiantes: “Si el agua se mueve a través de la tierra en una capa permeable de roca, ¿qué la detendría?” Escuche todas las teorías. Describa los conceptos de acuífero y de acuícluido para los estudiantes. Usando un proyector o

dibujos en la pizarra, demuestre y analice la zona de aireación, la zona de saturación, los acuíferos y los acuicluidos.

### **Cierre**

Revise el papel que desempeña el agua subterránea en la formación de las cuevas. Pregúntele a los estudiantes dónde ellos consiguen el agua que toman. Guíe una discusión acerca de cómo el agua debe venir de un depósito en la superficie o de un pozo antes de llegar a las personas. Analice las fuentes potenciales de contaminación que pueden existir en ese camino y qué debe hacerse a fin de proteger el agua potable.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Describan las condiciones necesarias para que se forme un acuífero y para que el agua subterránea se mueva a través del mismo.
- Expliquen cómo la contaminación puede entrar en un sistema de cuevas sin entrada.

## **EXTENSIONES**

- Construya varios modelos de botellas y pruebe otros materiales para ver cuál es el más permeable.
- Conduzca una investigación sobre el sistema local de agua potable. Haga que los estudiantes averigüen de dónde viene, cómo se le trata, etc.
- Estudie el sistema local de tratamiento para las aguas residuales. ¿Adónde van, después que se tira de la cadena del inodoro? ¿Cómo se les trata? ¿Qué le sucede a esa agua, con el tiempo? Trate de llevar este tema a una discusión a gran escala del ciclo del agua. (No hay agua nueva, sólo agua usada).

## **RECURSOS**

Chernicoff, S., Fos, H.A., and Venkatakrishnan, R. 1997. *Essentials of Geology*. New York, N.Y.: Worth Publishers.

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Murck, B.W., Skinner, B.J., and Porter, S.C. 1996. *Environmental Geology*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

# ¡POR AHÍ CORRE UN RÍO... LITERALMENTE!

*¿Cómo se forman las otras cuevas?*

**Sumario:** Los estudiantes describirán los procesos por medio de los cuales se forman las cavernas a medida que el agua disuelve el lecho de rocas.

**Duración:** La lección inicial tomará una clase de cincuenta minutos, con 5-10 minutos cada día durante varios días después.

**Lugar:** La clase o el laboratorio

**Vocabulario:** carso, disolver, soluble

**Estándares/ parámetros tratados:** SC2-E3, SC5-E2, SC6-E1

## OBJETIVOS

Los estudiantes:

- Construirán el modelo de una cueva o de un valle de carso formado en un lecho de rocas que se haya disuelto por el agua en movimiento.
- Describirán los procesos por medio de los cuales las aguas en movimiento forman valles o cavernas de carso.

## ANTECEDENTES



La mayoría de las cuevas del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad se formaron cuando el gas  $H_2S$ , que se elevaba de la Cuenca Delaware, se oxidó para formar ácido sulfúrico cerca del nivel freático (vea la lección *Gas appestoso y alabastro*). Este ácido *disolvió* las rocas de piedra caliza del antiguo Arrecife Capitán y así se formaron las cuevas. Sin embargo, la mayoría de las cuevas no se formaron de esta manera. Muchas de las cuevas de yeso situadas en las Llanuras del Este de Nuevo México se formaron cuando el agua, que se movía a través de las juntas del lecho de rocas de yeso, disolvió la roca y formó pasajes. La mayoría de las cavernas de yeso sólo ven el agua durante la estación de las lluvias monzónicas, cuando son inundadas por las precipitaciones intensas de las tormentas de truenos o por las lluvias prolongadas. Sin embargo, algunas de las cuevas sí contienen agua todo el año, en forma de arroyos y de charcas. A medida que el agua pasa a través del sistema de la cueva, se unirá con el tiempo a un acuífero profundo o resurgirá como un manantial de carso. La mayoría de las grandes charcas que se encuentran en el Río Delaware, cerca del Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad se alimentan de estos manantiales de carso.

La caverna más grande del mundo, Mammoth Cave, se encuentra cerca de Bowling Green, en Kentucky. La mayor parte de la cueva de Mammoth se halla dentro de los límites del Parque Nacional de las Cavernas de Mammoth. El lecho de rocas en que se encuentra el sistema de Mammoth Cave se formó a partir de la piedra caliza. A medida que las aguas meteóricas se infiltraron en la tierra, empezaron a absorber el dióxido de carbono y se volvieron ligeramente aciduladas. Esta agua acidulada comenzó entonces a

disolver la roca a través de la cual iba pasando. Con el transcurrir del tiempo, se formaron pasajes que podían ser atravesados. Con una amplitud total explorada de más de 300 millas, Mammoth Cave se formó por los pasajes interconectados de muchos ríos y arroyos subterráneos. Estos arroyos se alimentaban del Green River, el río que queda al nivel de la base del área. Al transcurrir los años, el Green River cortó más y más profundamente el fondo del cañón. A medida que esto ocurría, los arroyos y los ríos que forman Mammoth Cave también cortaron más profundamente el fondo del cañón. Como resultado, Mammoth Cave está formada en varios niveles, y todos corresponden al corte bajo del Green River. En una gran parte de los Estados Unidos las cuevas se han formado de esta manera. Hay una gran cantidad de cuevas de piedra caliza en el este de los Estados Unidos, en la Meseta de Ozark y en la parte central de Texas. Pero ésta no es la manera en que se formaron las cuevas en la piedra caliza de las Montañas Guadalupe, en Nuevo México y Texas. Esto se debe, principalmente, a la poca cantidad de precipitaciones cada año.

Las cuevas de yeso de Nuevo México y de Mammoth Cave en Kentucky se formaron debido a procesos similares. Sin embargo, se formaron en distintas escalas de tiempo. El yeso generalmente es diez veces más *soluble* en agua que contiene CO<sub>2</sub> que la piedra caliza, dependiendo de cuánto CO<sub>2</sub> haya en el agua. Esto significa que las cavernas de yeso se formarán a una velocidad mayor que las cavernas similares de piedra caliza.

Los túneles de lava son otro tipo de cueva que se encuentra en Nuevo México y en otras áreas del oeste de los Estados Unidos. Los túneles de lava se forman en las laderas de los volcanes protegidos. A medida que la lava fluye alejándose de un respiradero volcánico, la que está cerca de la superficie comienza a enfriarse y a endurecerse. Con el paso del tiempo, puede formarse una superficie aparentemente sólida. Sin embargo, bajo esa corteza sólida, la lava líquida puede estar aún fluyendo. Cuando la erupción termina, el nivel de la lava líquida bajará y un túnel, o una cueva de lava, se formará allí. El acceso a estas cuevas se logra, generalmente, a través de huecos donde el techo se ha derrumbado.

La vida en un área que tenga un lecho de rocas soluble presenta varios problemas peculiares. A medida que las cuevas se forman cerca de la superficie, el techo, con frecuencia, se derrumba, creando sumideros. Una región en la cual el paisaje contiene entradas de cavernas, sumideros, arroyos hundidos y arroyos que fluyen de huecos en la tierra se llama *carso*. Mientras que el desarrollo de los sumideros y otros rasgos cárnicos no es un gran problema en el sudeste de Nuevo México, sí lo es en la Florida y en la Llanura de los Sumideros (Sinkhole Plain) de Kentucky. En estos estados, los sumideros se han tragado caminos y casas. En estas áreas, las cuevas son el principal sistema de drenaje cuando hay tormentas. Si la cantidad de precipitaciones excede la cantidad de agua que la cueva puede procesar, o si un derrumbe ha bloqueado parte del pasaje de una cueva, el agua puede regresar al sistema, causando inundaciones en los sumideros. Las casas y los edificios que están cerca de los sumideros pueden inundarse, incluso si están a millas de distancia del río más cercano. Un problema aún mayor es el de la contaminación del agua subterránea. Se estima que el 25% de la población mundial obtiene agua de los acuíferos de carso. Es típico que, en los acuíferos que no son cárnicos, las impurezas sean eliminadas por filtración, a medida que el agua se infiltra hacia abajo y llega al acuífero. En un acuífero de carso, las rutas que van desde la superficie hasta el acuífero son bastante directas, así que sólo permiten una filtración muy escasa. La

escorrentía de los aparcamientos y vertederos con frecuencia desagua directamente en los sistemas de cavernas. El sistema de cuevas de Hidden River que se encuentra debajo de Bowling Green, en Kentucky, presentaba ese mismo problema. Los esfuerzos para mantener la limpieza han mejorado el estado de la caverna, pero la contaminación es todavía una amenaza constante. La mayoría de los acuíferos de carso en los Estados Unidos están en peligro debido a la contaminación y a las construcciones que se hacen en su superficie.

Para obtener más información sobre el carso y el desarrollo de las cavernas, refiérase a la lección *Los ácidos de la Naturaleza*.

## **MATERIALES**

Terrones de azúcar

Agua destilada

Molde para pastel

Un gotero o una botella con tapa estilo deportivo desde la que se pueda hacer gotear el agua lentamente

Fotos de varios tipos de cuevas

## **PROCEDIMIENTO**

### ***Inicio***

Haga que los estudiantes comparen y contrasten los distintos tipos de cuevas que aparecen en las fotos.

Describa a los estudiantes los distintos procesos de formación de las cuevas.

### ***Actividad***

1. Humedezca muy ligeramente los bordes de los terrones de azúcar y póngalos juntos en un molde para pastel o en una charola de galletas. Colóquelos en un bloque que tenga 10 terrones de ancho x 5 terrones de alto x 20 terrones de largo (o de cualquier tamaño que usted prefiera).
2. Levante un borde del molde o de la charola 1-2 pulgadas para darle una inclinación leve. El molde representará una capa más baja de roca impermeable.
3. Seleccione un punto en la parte superior del bloque de azúcar, cerca del extremo superior, en el cual usted pueda comenzar a hacer gotear el agua lentamente.
4. Comience a hacer gotear el agua lentamente en el lugar seleccionado, a una velocidad de aproximadamente 5 ml por día.
5. Durante varios días, haga que los estudiantes documenten los cambios en el bloque, a medida que el azúcar se vaya disolviendo.
6. Si su horario no le permite dedicar varios días a la observación, aumente la velocidad a la cual se aplica el agua.

### ***Cierre***

Pregúnteles a los estudiantes cómo sería la vida en un área donde las cuevas se están formando activamente bajo los pies de la gente. Analice los problemas que tienen las personas que viven en la Florida y en Sinkhole Plain cerca de Bowling Green, en Kentucky.

## **EVALUACIÓN**

Haga que los estudiantes:

- Describan los procesos que forman cuevas como las de Mammoth Cave en Kentucky.
- Describan los problemas relacionados con la vida en un área donde se están formando cuevas activamente.

## **EXTENSIONES**

Haga que los estudiantes construyan varios bloques de azúcar y que les apliquen agua a diferentes velocidades. Haga que los estudiantes observen y documenten sus observaciones. Llévelos a sacar conclusiones sobre los posibles efectos de las precipitaciones anuales en la velocidad a que se forman los diferentes rasgos cársticos.

## **RECURSOS**

Moore, George, and Sullivan, Nicholas. 1978. *Speleology: The Study of Caves*. Teaneck, N.J.: Zephyrus Press, Inc.

Veni, George, et.al. 2001. *Living With Karst*. Alexandria, VA.: American Geological Institute Environmental Awareness Series, 4.

# CONTENIDOS ESTÁNDARES CON PARÁMETROS

## Ciencia

### UNIFICANDO CONCEPTOS Y PROCESOS

#### CONTENIDO ESTÁNDAR 1

Los estudiantes entenderán los conceptos científicos de orden y organización.

##### SC1-E1

Los estudiantes aplicarán información sobre la posible predicción y la organización del universo y sus subsistemas.

##### SC1-E2

Los estudiantes aplicarán predicciones a problemas y eventos científicos.

#### CONTENIDO ESTÁNDAR 2

Los estudiantes usarán evidencias, modelos y explicaciones para explorar el mundo físico.

##### SC2-E1

Los estudiantes identificarán y organizarán la evidencia necesaria para predecir cambios en sistemas naturales y artificiales.

##### SC2-E2

Los estudiantes organizarán los fenómenos en hipótesis, modelos, leyes, teorías, principios y paradigmas.

##### SC2-E3

Los estudiantes diseñaran y desarrollarán modelos.

#### CONTENIDO ESTÁNDAR 3:

Los estudiantes usarán forma y función para organizar y entender el mundo físico.

##### SC3-E1

Los estudiantes explicarán la función al referirse a la forma y explicarán la forma al referirse a la función.

#### CONTENIDO ESTÁNDAR 4:

Los estudiantes entenderán el mundo físico a través de conceptos de cambio, equilibrio y medición.

##### SC4-E1

Los estudiantes ilustrarán que la constancia y el cambio son propiedades de los objetos y procesos.

SC4-E2

Los estudiantes ilustrarán que energía y materia pueden ser transformadas y cambiadas pero la suma permanece la misma.

SC4-E3

Los estudiantes usarán dispositivos científicos elementales para medir objetos y fenómenos simples.

SC4-E4

Los estudiantes emplearán las matemáticas para cuantificar las propiedades de los objetos y fenómenos.

SC4-E5

Los estudiantes relacionarán las contribuciones de fuerzas externas e internas para cambiar la forma y función de los objetos, organismos y sistemas naturales.

### **CIENCIA COMO BÚSQUEDA**

#### **CONTENIDO ESTÁNDAR 5:**

Los estudiantes adquirirán las habilidades para hacer investigaciones científicas.

SC5-E1

Los estudiantes usarán el método científico dentro del salón y el ambiente escolar.

SC5-E2

Los estudiantes emplearán equipos, herramientas y una variedad de técnicas y fuentes de información para reunir, analizar e interpretar los datos.

SC5-E3

Los estudiantes explicarán que las teorías científicas enfatizan las evidencias, tienen argumentos lógicamente consistentes y han utilizado principios científicos, modelos y teorías. Las teorías científicas bien aceptadas son formulaciones sobre relaciones aparentes o principios subyacentes de ciertos fenómenos observados que han sido verificados en un alto grado.

#### **CONTENIDO ESTÁNDAR 6:**

Los estudiantes entenderán los procesos de una investigación científica.

SC6-E1

Los estudiantes usarán diferentes tipos de métodos, incluyendo observación, experimentos y modelos teóricos y matemáticos para responder a una variedad de cuestionamientos científicos.

SC6-E2

Los estudiantes utilizarán su propio entendimiento de la ciencia para guiar sus investigaciones científicas.

SC6-E3

Los estudiantes usarán los criterios de investigaciones científicas correctas para verificar los resultados de sus propias investigaciones y de las de otros.

**SC6-E4**

Los estudiantes elegirán los métodos apropiados y técnicas analíticas para problemas e investigaciones específicas de la ciencia.

**SC6-E5**

Los estudiantes usarán tecnología y métodos científicos a fin de reunir evidencia para aumentar la precisión de sus resultados.

**SC6-E6**

Los estudiantes describirán los resultados de las investigaciones con maestros, compañeros, padres y otras personas.

**SC6-E7**

Los estudiantes explicarán que las investigaciones científicas pueden resultar en ideas nuevas, objetos, métodos, técnicas y procedimientos para la investigación.

**SC6-E8**

Los estudiantes explicarán que en áreas donde no hay gran evidencia de experimentos u observaciones, resulta típico para los científicos diferir entre ellos sobre la teoría, hipótesis o evidencia que ha sido investigada.

***CIENCIA FÍSICA***

**CONTENIDO ESTÁNDAR 7:**

Los estudiantes sabrán y entenderán las propiedades de la materia.

**SC7-E1**

Los estudiantes identificarán las propiedades características de los elementos y los componentes tales como densidad, punto de ebullición y solubilidad.

**SC7-E2**

Los estudiantes explicarán que las propiedades características de un elemento o componente son independientes de la cantidad (tamaño) de la muestra.

**SC7-E3**

Los estudiantes discriminarán entre los elementos basándose en las maneras características en que éstos reaccionan con otros elementos para formar compuestos que son sustancias diferentes con propiedades características únicas.

**CONTENIDO ESTÁNDAR 8:**

Los estudiantes deberán saber y entender las propiedades de los campos, fuerzas, y movimiento.

SC8-E1

Los estudiantes explicarán que cuando un objeto no está sujeto a una fuerza, el objeto continuará moviéndose a una velocidad constante y en línea recta.

SC8-E2

Los estudiantes describirán de manera cuantitativa cómo la posición, velocidad y dirección de un objeto explican el movimiento.

SC8-E3

Los estudiantes compararán y contrastarán la gravedad con respecto a otras fuerzas en el mundo y en el universo.

**CONTENIDO ESTÁNDAR 9:**

Los estudiantes deberán saber y entender los conceptos de energía y transformación de energía.

SC9-E1

Los estudiantes aplicarán su conocimiento sobre energía y transformación de energía a problemas científicos.

SC9-E2

Los estudiantes explicarán cómo las reacciones químicas pueden darse en períodos de tiempo que van desde menores que un segundo hasta millones de años.

SC9-E3

Los estudiantes explicarán cómo las reacciones químicas incluyen concentración, presión, temperatura y catalizadores.

**CIENCIA DE LA VIDA**

**CONTENIDO ESTÁNDAR 10:**

Los estudiantes deberán saber y entender las características que dan las bases para clasificar organismos.

SC10-E1

Los estudiantes usarán la información sobre las cosas vivas incluyendo:

- Los roles de estructura y función como complementarios en la organización de sistemas vivientes.
- Las células como unidades fundamentales de vida.
- Las funciones de las células que sustentan la vida.
- División celular.
- El uso de nutrientes por parte de las células.
- El papel de la herencia y el ambiente en las características de los organismos individuales.

- Que pequeñas diferencias genéticas entre crías y padres pueden acumularse en generaciones futuras y puede o no ser ventajoso para las especies.
- Las enfermedades como rupturas en las estructuras o la función de un organismo.

#### SC10-E2

Los estudiantes categorizarán los organismos de acuerdo a la reproducción y otras características.

#### CONTENIDO ESTÁNDAR 11:

Los estudiantes deberán saber y entender la sinergia entre los organismos y los ambientes de los organismos.

#### SC11-E1

Los estudiantes distinguirán entre los organismos basándose en la manera en que un organismo regula su ambiente interno en relación a los cambios en su ambiente exterior.

#### SC11-E2

Los estudiantes describirán cómo los organismos obtienen y utilizan recursos, crecen, se reproducen y mantienen estable su ambiente interno mientras viven en constante cambio del medio ambiente externo.

#### SC11-E3

Los estudiantes predecirán la conducta en relación con cambios internos y externos del ambiente de un organismo.

#### SC11-E4

Los estudiantes utilizarán el conocimiento de las características de las poblaciones para distinguir poblaciones específicas.

#### SC11-E5

Los estudiantes categorizarán los organismos basados en la función que tienen en su ecosistema.

#### SC11-E6

Los estudiantes examinarán el impacto que los humanos han tenido sobre otras especies y sistemas naturales a través del tiempo.

#### SC11-E7

Los estudiantes ilustrarán el impacto que la sobrepoblación pueda tener en varias regiones del mundo.

#### SC11-E8

Los estudiantes analizarán el consumo de recursos no renovables basados en factores poblacionales (ritmo de nacimientos, ritmo de mortalidad y densidad).

#### SC11-E9

Los estudiantes ilustrarán el papel del control personal de las necesidades básicas en cuanto a los resultados de salud.

SC11-E10

Los estudiantes modelarán conductas responsables de salud para sus compañeros y otras personas.

SC11-E11

Los estudiantes demostrarán el impacto de la nutrición y el ejercicio en relación a la salud personal.

## **CIENCIA DE LA TIERRA Y EL ESPACIO**

### **CONTENIDO ESTÁNDAR 12:**

Los estudiantes deberán saber y entender las propiedades de las ciencias de la Tierra.

SC12-E1

Los estudiantes explicarán cómo los materiales de la Tierra pueden ser transformados de un estado a otro.

SC12-E2

Los estudiantes experimentarán con los usos de los materiales de la Tierra como recursos.

SC12-E3

Los estudiantes modelarán los procesos naturales que le dan forma a la superficie de la Tierra.

SC12-E4

Los estudiantes observarán, medirán y registrarán los cambios en el tiempo que ocurren diariamente.

SC12-E5

Los estudiantes explicarán cómo se forman los fósiles y cómo los fósiles proporcionan evidencia sobre la complejidad y diversidad de la vida a través del tiempo.

SC12-E6

Los estudiantes usarán un sistema coordinado rectilíneo tal como latitud y longitud para localizar puntos en la superficie de la Tierra.

SC12-E7

Los estudiantes describirán las interacciones entre la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera de la Tierra.

### **CONTENIDO ESTÁNDAR 13:**

Los estudiantes deberán saber y entender conceptos básicos de cosmología.

SC13-E1

Los estudiantes modelarán los patrones predecibles del sol y los planetas en el sistema solar.

**SC13-E2**

Los estudiantes describirán los elementos del universo incluyendo estrellas, galaxias, nubes polvorosas y nebulosas.

**SC13-E3**

Los estudiantes explicarán varias teorías científicas sobre el origen del universo.

**SC13-E4**

Los estudiantes explicarán cómo se usan los instrumentos y vehículos para el trabajo de la exploración del espacio.

**TECNOLOGIA E HISTORIA DE LA CIENCIA**

**CONTENIDO ESTÁNDAR 14:**

Los estudiantes deberán saber y entender las diferencias entre las interacciones de ciencia y tecnología.

**SC14-E1**

Los estudiantes diseñarán y conducirán experimentos que distinguen entre objetos y materiales naturales y artificiales.

**SC14-E2**

Los estudiantes demostrarán lo que se sacrifica en la seguridad, el costo, la eficacia y la apariencia con relación a las soluciones tecnológicas que proporciona la ciencia.

**SC14-E3**

Los estudiantes compararán y contrastarán una variedad de soluciones científicas y tecnológicas a problemas.

**SC14-E4**

Los estudiantes examinarán el papel de la tecnología, particularmente las computadoras y otros avances electrónicos en el progreso de la ciencia.

**CONTENIDO ESTÁNDAR 15:**

Los estudiantes deberán conocer y entender el impacto entre ciencia y tecnología en la sociedad.

**SC15-E1**

Los estudiantes mostrarán el impacto que las estaciones de trabajo tienen en las investigaciones científicas.

**SC15-E2**

Los estudiantes demostrarán cómo la dirección de las investigaciones científicas se relaciona con asuntos y retos sociales.

**SC15-E3**

Los estudiantes explicarán cómo los beneficios de la ciencia y la tecnología son disfrutados por algunos grupos pero no por otros.

**SC15-E4**

Los estudiantes compararán y contrastarán las contribuciones que han hecho a la ciencia personas con diversos intereses, talentos, cualidades y motivaciones, y provenientes de una variedad de antecedentes sociales y étnicos.

**SC15-E5**

Los estudiantes predecirán nuevas áreas de búsqueda científica basadas en investigaciones previas.

**SC15-E6**

Los estudiantes analizarán el impacto de la cultura, el género y otros factores de elección individual de la ciencia como carrera.

**SC15-E7**

Los estudiantes diferenciarán entre prácticas e investigaciones científicas éticas y no éticas.

**LA CIENCIA DESDE UNA PERSPECTIVA PERSONAL, SOCIAL Y AMBIENTAL**

**CONTENIDO ESTÁNDAR 16:**

Los estudiantes deberán saber y entender las relaciones entre los peligros de la naturaleza y los riesgos ambientales para los organismos.

**SC16-E1**

Los estudiantes analizarán los riesgos ambientales en cuanto a los costos personales y sociales.

**SC16-E2**

Los estudiantes determinarán opciones para reducir y eliminar los riesgos ambientales y para poder arreglárselas frente a eventos naturales catastróficos.

**SC16-E3**

Los estudiantes predecirán los costos humanos y financieros de eventos naturales lentos tales como las sequías o eventos naturales rápidos tales como los terremotos.

**SC16-E4**

Los estudiantes desarrollarán modelos para la prevención del abuso de sustancias nocivas incluyendo el tabaco, el alcohol y otras drogas, y para reducir los riesgos ambientales asociados con las mismas.

## **RECURSOS EN GEOLOGÍA**

Ambrose, Janet, et.al. eds. 1999. *About Bats, Caves and Deserts*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns National Park.

Chernicoff, S., Fos, H.A., and Venkatakrisnan, R. 1997. *Essentials of Geology*. New York, N.Y.: Worth Publishers.

Coble, Charles, et al. 1993. *Prentice Hall Earth Science*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

Doyle, Peter. 1996. *Understanding Fossils: An Introduction to Invertebrate Paleontology*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

DuChene, H.R., and Hill, C.A. 2000. *The Caves of the Guadalupe Mountains Research Symposium*. In Hose, L.D. (ed.) *Journal of Cave and Karst Studies* 62(2).

Feather, Ralph, et al. 1999. *Glencoe Earth Science*. Westerville, OH.: Glencoe/McGraw-Hill.

Ford, Brent. 1996. *Project Earth Science: Geology*. Arlington, VA.: National Science Teachers Association.

Hill, Carol and Forti, Paolo, 1997, *Cave Minerals of the World, 2nd ed.* Huntsville, Alabama: National Speleological Society, Inc.

Hill, Carol, 1987, *Geology of Carlsbad Cavern and Other Caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas*. Socorro, N.M.: New Mexico Bureau of Mines & Mineral Resources Bulletin 117.

Hill, Carol. 1996. *Geology of the Delaware Basin, Guadalupe, Apache, and Glass Mountains, New Mexico and West Texas*: Permian Basin Section SEPM, Publication No. 96-39.

Jagnow, David and Jagnow, Rebecca. 1992. *Stories from Stones: The Geology of the Guadalupe Mountains*. Carlsbad, N.M.: Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association.

Moore, G.W., and Sullivan, G.N. 1978. *Speleology: The Study of Caves*. Teaneck, N.J.: Zephyrus Press, Inc.

Murck, B.W., Skinner, B.J., and Porter, S.C. 1996. *Environmental Geology*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, Inc.

Sasowsky, I.D. and Palmer, M.V. 1994. *Breakthroughs in Karst Geomicrobiology and Redox Geochemistry*. Karst Waters Institute, Special Publication 1.

Shew, R.D. 1998. *Geology of the Guadalupe Mountains*. Guía preparada para un seminario de campo/ taller liderado por el Parque Nacional de las Montañas Guadalupe y la Universidad del estado de Nuevo México-Carlsbad.

Shew, R.D., and Shew, D.M. 2000. *Geology and Natural History of McKittrick Canyon*. Guía preparada para un taller liderado por el Parque Nacional de las Montañas Guadalupe y la Universidad del estado de Nuevo México-Carlsbad.

Smith, R.B. and Siegel, L.J. 2000. *Windows Into the Earth*. New York, N.Y.: Oxford University Press.

Sprinkel, D.A., Chidsey, T.C., and Anderson, P.B., editors. 2000. *Geology of Utah's Parks and Monuments*. Salt Lake City, UT., Utah Geological Association, publication 28.

VanCleave, Janice. 1991. *Janice VanCleave's Earth Science For Every Kid*. New York, N.Y., John Wiley & Sons, Inc.

Veni, George, et.al. 2001. *Living With Karst*. Alexandria, VA.: American Geological Institute Environmental Awareness Series, 4.

### **Sitios web de interés:**

#### **Compañías proveedoras de equipos científicos:**

Carolina Biological Supply Company	<a href="http://www.carolina.com">www.carolina.com</a>
Fisher Scientific	<a href="http://www1.fishersci.com">www1.fishersci.com</a>
Flinn Scientific, Inc.	<a href="http://www.flinnsci.com">www.flinnsci.com</a>
Sargent-Welch	<a href="http://www.sargentwelch.com">www.sargentwelch.com</a>

#### **Agencias que administran tierras públicas que están en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad o cerca de éste:**

Carlsbad Caverns National Park	<a href="http://www.nps.gov/cave/">www.nps.gov/cave/</a> <a href="http://www.carlsbad.caverns.national-park.com/">www.carlsbad.caverns.national-park.com/</a>
Guadalupe Mountains National Park	<a href="http://www.nps.gov/gumo/">www.nps.gov/gumo/</a> <a href="http://www.guadalupe.mountains.national-park.com/">www.guadalupe.mountains.national-park.com/</a>
Lincoln National Forest Bureau of Land Management	<a href="http://www.fs.fed.us/r3/lincoln/">www.fs.fed.us/r3/lincoln/</a> <a href="http://www.blm.gov/nhp/index.htm">www.blm.gov/nhp/index.htm</a>

#### **Fuentes de información sobre la conservación y exploración de las cuevas:**

Carlsbad Caverns Guadalupe Mountains Association	<a href="http://www.ccgma.org/">www.ccgma.org/</a>
National Speleological Society	<a href="http://www.caves.org/">www.caves.org/</a>
Cave Research Foundation	<a href="http://www.cave-research.org/">www.cave-research.org/</a>

# GLOSARIO

**abanico aluvial:** Depósito triangular de sedimentos dejados por un arroyo que ha perdido velocidad al entrar a un valle ancho y relativamente plano.

**abrasión:** Desgaste de las rocas o de otros materiales a medida que son golpeados por los sedimentos traídos por el viento, el agua o el hielo.

**ácidos:** Elementos químicos que ocurren en la naturaleza, con un pH de menos de 7.0, y que son agresivos con respecto a las rocas carbonadas.

**acuicluido:** Masa de roca impermeable que puede absorber el agua lentamente, pero no la transmite.

**acuífero:** Masa de roca o de suelo permeable que almacena y transporta el agua subterránea.

**agua subterránea:** Agua que se encuentra bajo tierra.

**anticlinal:** Pliegue de una roca que apunta hacia arriba.

**apalancamiento de las raíces:** Proceso de desgaste mecánico causado por las raíces de las plantas que crecen en una hendidura de la roca.

**arrecife:** Cresta que se forma en las aguas de mar claras y moderadamente salinas, cerca de la orilla, y que está formada por los restos carbonados de algas, esponjas y corales.

**arroyo:** Canal pequeño, profundo, generalmente seco, erosionado por una corriente de agua del desierto intermitente o de corta duración.

**arroyo resurgente:** Arroyo que se halla en un área cársica y que emerge desde debajo de la tierra a través de un rasgo cársico como una entrada de cueva.

**arroyo sumergido:** Se forma cuando los arroyos entran a la tierra a través de rasgos cársicos como entradas de cuevas o hendiduras ampliadas por medio de la solución. A veces, el arroyo parece que se hunde en un lecho de grava o arena, a medida que desciende al sistema cársico.

**bacteria anaerobia:** Bacteria que usa (alg)un(os) elemento(s) diferente(s) del oxígeno como parte crucial de sus procesos metabólicos.

**banco socavado:** Área que se encuentra a lo largo del borde exterior del meandro de un arroyo, en la cual la acción erosiva del arroyo ha cortado profundamente bajo el banco, mientras dejaba intacta la parte superior del mismo.

**banco:** Depósito de sedimentos separados que se forma en las secciones de movimientos más lentos de un arroyo o de los canales de un río.

**calcáreo:** Que está formado principalmente por el mineral calcita (carbonato de calcio).

**calentamiento diferencial:** Proceso mediante el cual las vetas más oscuras del mineral de una roca se calientan a una velocidad mayor que las vetas de color más claro. El estrés que esto crea entre las vetas del mineral causa con el tiempo que éstas se separen por un proceso llamado desintegración intergranular.

**cañón:** Nombre que se le da generalmente a un valle de río de paredes casi verticales, con fondo estrecho y en forma de V.

**cara de deslizamiento:** Cuesta inclinada que queda a sotavento de una duna.

**carso:** Paisaje que se caracteriza por cuevas, sumideros, arroyos subterráneos y otros rasgos formados por la lenta disolución del lecho de rocas.

**célula de convección:** Movimiento cíclico por el cual una materia calentada (aire, agua, material del manto, etc.) se hace menos densa y comienza a elevarse. El material más frío, que se encuentra en lo alto, se hace menos denso y empieza a descender. A medida que baja, se calentará en algún momento, y comenzará a subir de nuevo. Este ciclo se ve en la circulación del aire en las cuevas, que cambia según la estación, en el manto de la tierra, en las corrientes profundas de los océanos de la tierra y en el desarrollo de las tormentas de truenos.

**cizalla:** Estrés que parte las rocas en bloques paralelos que se deslizan en direcciones opuestas a lo largo de sus lados adyacentes.

**colada estalagmítica:** Capa de rocas de carbonato de calcio depositada por el flujo de agua saturada sobre la superficie de una cueva.

**compresión:** Estrés que reduce el volumen o la longitud de una roca, como el que se produce por la convergencia de los márgenes de las placas.

**condensación/corrosión:** Proceso mediante el cual el agua contenida en el aire y cargada con un nivel alto de dióxido de carbono se condensa en el lecho de rocas o en la superficie de los espeleotemas y los corroe.

**corteza:** Capa de rocas depositada por el flujo de agua saturada sobre la superficie de una cueva. Estas cortezas pueden formarse de calcita (carbonato de calcio) o de yeso (sulfato cálcico hidratado).

**cuña de hielo:** Forma de desgaste mecánico causado por la congelación del agua que ha entrado en un poro o hendidura de la roca. El agua se expande a medida que se congela, ampliando las hendiduras o poros y desalojando o aflojando con frecuencia fragmentos de la roca.

**deflación:** Proceso por medio de cual el viento erosiona una superficie al recoger y transportar partículas sueltas de las rocas.

**densidad:** Cantidad de materia en una cantidad determinada de sustancia, o masa por unidad de volumen.  $d=m/v$

**deposición:** Proceso por medio del cual los sedimentos se depositan en nuevas locaciones.

**deriva continental:** Hipótesis propuesta por Alfred Wegener que plantea que los continentes que existen hoy día se desprendieron de un supercontinente único y luego se movieron a través del suelo oceánico hasta llegar a sus posiciones actuales. Esta explicación de las formas y localizaciones de los continentes actuales de la Tierra evolucionó hasta dar lugar a la teoría de la tectónica de placas.

**desgaste mecánico:** Proceso por medio del cual una roca o mineral se rompe en fragmentos más pequeños sin alterar su composición química.

**discontinuidad de Mohorovicic (Moho):** Discontinuidad sísmica entre la base de la corteza terrestre y la parte superior del manto. Las ondas P que pasan a través de Moho cambian su velocidad a aproximadamente un kilómetro por segundo, produciéndose la mayor velocidad en el manto y la menor en la corteza.

**disolución:** Forma de desgaste químico mediante el cual las moléculas de agua, a veces en combinación con un ácido o con otro compuesto ambiental, atraen y sacan iones o grupos de iones que tienen una carga opuesta de una roca o mineral.

**escarpa:** Cuesta empinada o acantilado. Con frecuencia se forma a lo largo de las fallas.

**espeleotema:** Depósito mineral que se precipita a partir de una solución en una cueva.

**estalactita:** Formación mineral en forma de carámbano que cuelga de los techos de una cueva y está generalmente hecha de travertino, el cual se precipita a medida que el agua, rica en carbonato de calcio disuelto, gotea hacia abajo desde el techo de la cueva.

**estalagmita:** Mineral en forma de cono que se forma en el piso de una caverna y está generalmente hecho de travertino, el cual se precipita a medida que el agua, rica en carbonato de calcio disuelto, gotea hacia abajo desde el techo de la cueva.

**estrés:** La fuerza de empujar/halar que actúa sobre una roca u otro material sólido para deformarlo.

**evaporita:** Sedimento inorgánico químico que se precipita cuando se evapora el agua salada en la que ha sido disuelto.

**expansión del suelo marino:** Extensión de las cuencas oceánicas que siguen la ruptura de la placa, a medida que una nueva litosfera oceánica se forma por erupciones basálticas continuas a lo largo de las crestas del medio del océano.

**extinto:** Que ya no existe.

**extremófilos:** Bacterias u otros microbios que viven en condiciones extremas y difíciles.

**falla contraria (o en reversa):** Falla marcada por un bloque colgante que se ha movido hacia arriba con relación a la parte inferior del bloque.

**falla de transformación (o de deslizamiento y choque):** Falla causada por el estrés de la cizalla en el bloque. El movimiento es principalmente horizontal, paralelo al choque del plano de falla. La más famosa de las fallas de transformación en Norte América es la Falla de San Andreas en la costa oeste.

**falla normal:** Falla marcada por una hondonada pronunciada a lo largo de la cual el bloque colgante se ha movido hacia abajo con relación a la parte inferior del bloque.

**hidrocarburo:** Molécula compuesta enteramente de hidrógeno y carbono.

**infiltración:** Proceso mediante el cual el agua de las precipitaciones penetra en el suelo.

**juntura:** Hendidura o rotura en la roca de la corteza.

**kerógeno:** Sustancia sólida y cerosa que se forma cuando la presión y el calor de la tierra actúan sobre los restos de plantas y animales.

**leche de luna:** Sustancia suave y microcristalina que se encuentra en las cuevas. Es plástica y pastosa cuando está húmeda, pero se vuelve desmoronadiza y similar al polvo cuando está seca. Luce y se siente como queso crema blanco.

**límite elástico:** Límite más allá del cual la deformación de la roca u otro material se hace permanente y el material no será capaz de volver a su forma o volumen original. Cuando el límite elástico de la roca es excedido, generalmente ésta se romperá, formando una falla.

**litosfera:** Capa de roca sólida y quebradiza que comprende los 100 kilómetros exteriores de la tierra, abarcando tanto la corteza terrestre como las partes exteriores del manto superior.

**manto:** Capa media de la tierra que queda justo debajo de la corteza y está formada por rocas relativamente densas. El manto está dividido en dos secciones: el manto superior y el inferior.

**meandro:** Curva o vuelta de un río.

**microclima:** Área pequeña, localizada, que tiene propiedades climáticas marcadamente diferentes de aquellas de la región en general.

**modelo:** Representación simbólica de una idea, sistema o estructura que se usa para ayudar a comprender algo. Los modelos ayudan a resolver problemas y a tratar con cosas difíciles de ver porque son muy grandes o muy pequeñas.

**molde:** Fósil formado en una roca por un organismo disuelto que deja un espacio vacío donde se muestra su figura exterior.

**monoclinal:** Pliegue unidireccional en el cual la roca de un lado del pliegue se ha desplazado hacia abajo con relación a la roca en el otro lado del pliegue.

**nivel freático:** Superficie que se extiende entre la zona de aireación y la zona de saturación.

**núcleo externo:** Capa líquida de la tierra que se encuentra directamente debajo del manto y rodeando al núcleo interno.

**núcleo interno:** La capa sólida y más profunda de la tierra.

**paleontólogo:** Científico que aprende sobre los medio ambientes y organismos del pasado por medio del estudio de los fósiles.

**Pangaea:** Masa terrestre muy grande de la cual formaron parte, en un momento dado, todos los continentes, según la teoría de la deriva continental.

**pavimento desértico:** Estrato muy comprimido de fragmentos de roca que se concentra en una capa a lo largo de la superficie de la tierra por la deflación de las partículas más finas.

**perlas de cueva:** Concreciones concéntricas que se forman en las charcas poco profundas de las cuevas.

**permeabilidad:** Capacidad de una sustancia dada de permitir el paso de un fluido. La permeabilidad depende del tamaño y del grado de conexión entre los poros de una sustancia.

**petrificado:** Convertido en piedra.

**petróleo:** El más común y versátil de los combustibles fósiles, compuesto de un grupo de sustancias naturales formadas por hidrocarburos. Estas sustancias pueden ser gaseosas, líquidas o semisólidas.

**plasticidad:** Capacidad de un sólido para fluir.

**pool fingers (dedos de charca):** Espeleotemas en forma de estalactitas que se han formado bajo el agua en las charcas de las cavernas.

**porosidad:** Porcentaje del volumen formado por los poros de un suelo, sedimento o una roca.

**precipitación:** 1. Proceso por el cual un elemento o compuesto se separa en forma sólida de una solución. 2. Agua que cae de la atmósfera a la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve, aguanieve o granizo.

**ramaje de escarcha:** Espeleotema en forma de aguja que se parece a las plantas de cactus o a los cardos, o, en su forma de compuesto estalagmítico, a los árboles de Navidad o a los abetos.

**represa:** Barreras de calcita, aragonita u otros minerales que obstruyen los arroyos de las cuevas o las charcas poco profundas.

**residuos de la corrosión:** Depósitos de residuos insolubles o desperdicios bacterianos que se forman a medida que las bacterias “se comen” el lecho de rocas de las cuevas. Se han encontrado depósitos grandes cerca de Apricot Pit en la Cueva de Lechuguilla, en el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad.

**rosetas de maíz de cuevas:** Espeleotemas nodulares, globulares o similares al coral.

**salinidad:** Cantidad de sales disueltas en agua.

**saturación:** Estado de un fluido cuando ya no puede contener más cantidad de otra sustancia. El aire está saturado cuando no puede contener más vapor de agua, y se forman las nubes. El agua de una cueva está saturada cuando no puede contener más carbonato de calcio y el mineral comienza a depositarse en los espeleotemas

**sedimentario:** De, o perteneciente a, los sedimentos.

**sedimento:** Conjunto de fragmentos transportados o de materiales precipitados que se acumula, generalmente en capas sueltas, como las de arena o lodo.

**sinclinal:** Pliegue que apunta hacia abajo en una roca.

**soluble:** Capaz de disolverse en un disolvente, usualmente agua.

**sumideros:** Depresiones circulares en la tierra, con frecuencia en forma de embudo, que se forman cuando la roca soluble se disuelve.

**tectónica de placas:** Teoría que plantea que la litosfera de la tierra consiste de placas grandes y rígidas que se mueven horizontalmente como respuesta al movimiento de la astenosfera que se encuentra debajo de ellas, y que la interacción

entre las placas en sus bordes causa la mayoría de las actividades geológicas importantes.

**tensión:** Estrés que estira las rocas extendidas de manera que se vuelvan más delgadas verticalmente y más largas lateralmente. La tensión es causada por la divergencia o el desarrollo de fisuras.

**textura:** Descripción del tamaño de las partículas individuales del suelo, del tamaño de los sedimentos en una roca sedimentaria o del tamaño de los cristales en cualquier roca.

**trampas de petróleo:** Situaciones geológicas en las cuales los hidrocarburos son producidos por una roca almacén, migran a través de las rocas del yacimiento y luego son atrapados por una roca tapón.

**traza de fósil:** Marca o evidencia de las actividades de un organismo.

**túnel de lava:** Cueva que se forma cuando una lengua de lava, al fluir hacia abajo en una cuesta de marcada inclinación, se solidifica en la superficie exterior, mientras que la lava del interior permanece fundida y sigue fluyendo. Cuando la lava líquida termina de salir del interior de la lengua, queda una cavidad tubular.

**zona de aireación:** Región que se halla debajo de la superficie de la tierra y que se caracteriza por la presencia de agua y de aire en los poros de las rocas y el suelo.

**zona de saturación:** Región que se halla debajo de la zona de aireación y que se caracteriza por la presencia de agua y la ausencia de aire en los poros de las rocas y el suelo.