

localiza la discontinuidad de Gutenberg, una zona de transición entre el manto y el núcleo. El núcleo es la capa más densa y alcanza temperaturas de hasta 6 700°C. Se subdivide en dos: el núcleo externo, a 3 400 km de profundidad, es líquido y está compuesto por hierro, níquel, trazas de azufre y oxígeno, y el núcleo interno, que es sólido, tiene 1 220 km de diámetro y está compuesto principalmente por hierro, además de elementos pesados como níquel, cesio, mercurio, oro y titanio.

V. Actividades

La lectura del artículo de referencia será el detonador de una discusión acerca del papel de la curiosidad y la imaginación como motivadores de la investigación científica, además de ahondar en cómo conocer un hecho o fenómeno cuando no podemos observarlo de forma directa.

Museo de Geofísica de la UNAM

Los invitamos también a visitar con sus estudiantes el Museo de Geofísica de la UNAM, en la Ciudad de México, ubicado en la antigua Estación Sismológica Central de Tacubaya, detrás de la Preparatoria Núm. 4 de la misma universidad. Podrán agendar una visita guiada orientada a los intereses específicos de su clase. En este museo se encuentran varios equipos relacionados con la medición de aspectos físicos de la Tierra, así como algunos para el estudio de la composición química del planeta. Llama la atención un sismógrafo Wiechert de prin-

cipios del siglo xx, que continúa en funcionamiento. Cabe recordar que el estudio de los registros sísmicos o sismogramas es la fuente de gran parte de lo que conocemos sobre el comportamiento de las ondas sísmicas en el interior de la Tierra, lo que ha permitido conocer su estructura. Para más información consultar la página: <https://museo.geofisica.unam.mx/>

Lago de lava

También recomendamos ver con los estudiantes el impresionante video de la BBC *Scientist gets too close to lava lake!* Richard Hammond's *Journey to the Centre of the Planet*, que encontrarán en: <https://bit.ly/3luPI7S>

VI. Bibliografía y mesografía

- “Capas de la Tierra”, enciclopedia en línea *Concepto*, Editorial Etecé. Última edición: 28 de diciembre de 2020. En: <https://concepto.de/capas-de-la-tierra/>
- Piesing, Mark, “El agujero más profundo jamás excavado por el ser humano (y la desconocida carrera de la Guerra Fría por explorar las profundidades de la Tierra”, BBC Mundo, 31 de mayo de 2019, en: <https://www.bbc.com/mundo/vertfut-48433107>
- Skuf'in, Petr K., “El aniversario del inicio de la perforación del pozo superprofundo sg-3 de Kola”, *Nexo Revista Científica*, vol.34, núm. 4, 2021, bajo licencia de Creative Commons en <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i04.12693>



Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista: comoves@dgdc.unam.mx.



Estas guías mensuales están diseñadas para que un artículo de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, como un complemento a los programas de ciencias naturales y sociales, y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas brinden un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

Enero 2023 • Núm. 290 • p. 28
De: Caridad Cárdenas Monroy



I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

Empezamos el año adentrándonos en el corazón de la Tierra. Y aunque alcanzarlo es un reto inasequible, podemos conocerlo de manera indirecta: tanto la actividad volcánica como los sismos nos dan pistas de la composición y las características de los materiales que lo conforman. Será de interés para nuestros estudiantes saber cómo hemos llegado a entender que la Tierra no está hueca y qué hacen los científicos para estudiar su interior. Trabajaremos el tema en la clase de geografía o en cualquiera de las asignaturas de ciencias.

II. Una esfera sólida o líquida, pero no hueca

Anaximandro de Mileto (500 a.C.), uno de los sabios griegos más reconocidos, se ima-

ginaba que la Tierra era cilíndrica. Al parecer fueron Tales de Mileto (624 a.C.) o Pitágoras de Samos (c. 569 a.C.) de los primeros en proponer que la Tierra era redonda. ¿Cómo lo sabían? Los griegos fueron grandes navegantes y la experiencia cotidiana indicaba que al alejarse los barcos de la costa no se veían cada vez más pequeños, sino que desaparecía de la vista primero el casco y luego el velamen. Como esto sucedía en cualquier dirección que tomara un barco, dedujeron que la única figura que podía causar ese efecto era la esfera. También habían observado que en un eclipse de Luna —cuando la Tierra se interpone entre la Luna y el Sol— la sombra que la Tierra proyecta sobre la Luna es redonda. Y aunque después hubo (y hay) terraplanistas que han ignorado este conocimiento, la redondez de nuestro planeta acabó por ser una verdad incontrovertible.

La prueba directa llegó con el primer viaje de circunnavegación, que zarpó en 1519 al mando del navegante portugués Fernando de Magallanes y terminó el marino español Juan Sebastián Elcano en 1522.

Pero, ¿cómo saber cómo es nuestro planeta por dentro? Aquí la imaginación entra en escena: el autor francés Julio Verne escribió *Viaje al centro de la Tierra*, novela publicada en noviembre de 1864, considerada por algunos la primera novela de ciencia ficción de la época. Sin embargo, carece de fundamentos científicos y se piensa que se basó en la teoría de las esferas concéntricas —o teoría de la tierra hueca— propuesta por John Symmes en 1818, según la cual el planeta es hueco y habitable en su interior debido a dos aberturas, una localizada en el Ártico y otra en la Antártida. Si bien esta teoría fue desechada, siguió la controversia acerca de si el interior de la Tierra era completamente sólido o si debajo de la corteza había roca fundida, como parecía indicar la lava de los volcanes.

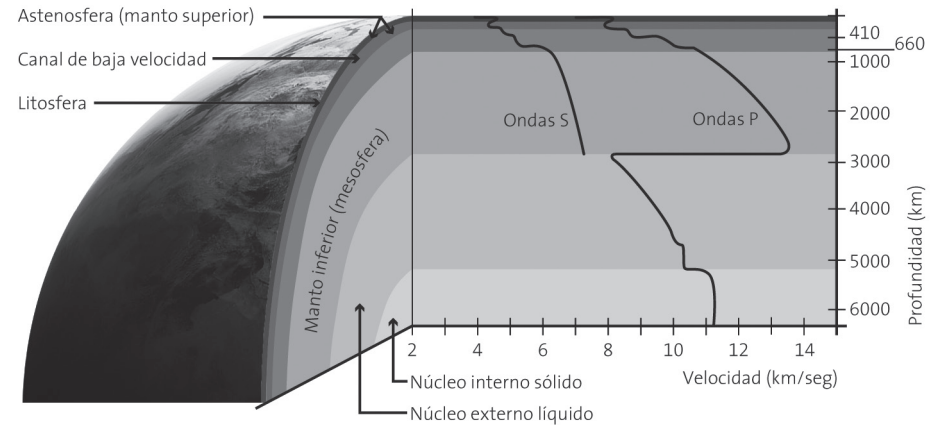
III. ¿Qué tan profundo hemos llegado?

Si tomamos en cuenta que el radio de la Tierra mide 6 370 km y cavamos un pozo para conocer el interior del planeta, ¿hasta dónde podemos llegar? Durante la Guerra Fría (1947-1991) se dio una ardua carrera entre las superpotencias para alcanzar lo más profundo de la corteza terrestre. Por un lado, Estados Unidos implementó el Proyecto Mohole (en honor a la discontinuidad de Mohorovičić); por otro, la Unión Soviética promovió el *Proyecto Pozo Superprofundo de Kola* (o SG-3), con el que se logró llegar a una profundidad de 12 kilómetros y 262 metros

de la superficie terrestre, en la península de Kola, Rusia, la mayor alcanzada hasta ahora. Lo duro de la corteza y el aumento en la temperatura a medida que fueron adentrándose en ella dificultaron la labor. La excavación comenzó en 1970 pero tuvo que ser suspendida casi 20 años después (en 1989) debido a que la temperatura llegó a 180 °C. Para excavar el pozo se utilizó un potente taladro con tres rotores que iba extrayendo el material a medida que avanzaba, pero a esa temperatura el metal de las máquinas comenzó a fundirse. De todas maneras se lograron resultados muy importantes; según Petr K. Skuf'in, del Instituto Geológico del Centro Científico de Kola, “se obtuvieron nuevos datos sobre la composición química y mineral, así como sobre las propiedades físicas de las rocas profundas, y se comprobó la presencia en ellas de mineralización de mena (minerales de los cuales se puede obtener un beneficio económico) y sistemas hidrotermales portadores de metales [...] Se determinó una alta permeabilidad para los fluidos y las soluciones hidrotermales de zonas profundas de la corteza terrestre, lo que se asocia con el aumento de la porosidad y la fractura de las rocas.”

IV. ¿Qué sabemos del interior de la Tierra?

Conocer el interior de nuestro planeta no resulta fácil. Para ello contamos con métodos directos e indirectos. Como se vio en el apartado anterior, entre los primeros se encuentran los pozos, además de las minas, las perforaciones petroleras y las erupciones volcánicas, que arrojan material proveniente del manto. Entre los métodos indirectos está el estudio de los meteoritos (fragmentos ro-



cosos de otros cuerpos celestes que caen a la Tierra) que se formaron al mismo tiempo que el Sistema Solar. Asimismo, hay diferentes tipos de estudios que aportan información: geotérmicos, magnéticos, gravimétricos, densimétricos y sísmicos, que son los más precisos. Las ondas sísmicas permiten conocer las características de los medios que atraviesan; se comportan de diferente manera dependiendo de si el medio es sólido, líquido o viscoso, y también cambia su velocidad de acuerdo con la densidad del material en el que se desplazan. Las ondas primarias (P) son muy veloces y se propagan en medios sólidos y líquidos, y las ondas secundarias (S), cuya velocidad es menor, sólo se propagan en medios sólidos. Al estudiar el comportamiento de estas ondas se logró identificar tres capas: corteza, manto y núcleo. El manto a su vez se subdivide en superior e inferior, y el núcleo en interno y externo.

La corteza o litosfera (término que proviene del griego y significa “esfera de piedra”) es la más externa de las capas te-

restres; es más delgada la corteza oceánica y más gruesa la corteza continental. La litosfera está subdividida en placas tectónicas y tiene una profundidad media de 35 km (aunque puede alcanzar 70 km en los continentes y 10 km en los océanos). La corteza termina en la discontinuidad de Mohorovičić, una zona donde se ha identificado un cambio de estado físico entre la corteza y el manto. Este último va de los 35 a los 2 900 km de profundidad, abarca el 84 % del planeta y tiene temperaturas de entre 600 y 3 500 °C. Está compuesto por rocas con alto contenido de hierro y magnesio, como el olivino magnésico y el piroxeno. El manto superior (o astenosfera) llega hasta los 665 km; es una capa viscosa compuesta por roca fundida debido a las altas presiones y temperaturas. Allí se producen corrientes de convección que mueven las placas tectónicas. El manto inferior es una capa más densa que el manto superior, rica en metales ferromagnéticos; ahí se originan ondas magnéticas. Se extiende de los 665 a los 2 900 km, donde se