

Mario E. Boijseauneau-López, Antonio Pola y Hugo Sereno

¿Qué secretos guardan las rocas?

Resumen

Las rocas guardan en sus minerales, texturas y estructuras la historia de los procesos que las formaron. Estudiar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas permite reconstruir esa historia y aplicar el conocimiento en la prevención de riesgos, la gestión del agua, la planificación territorial y el diseño de infraestructura.

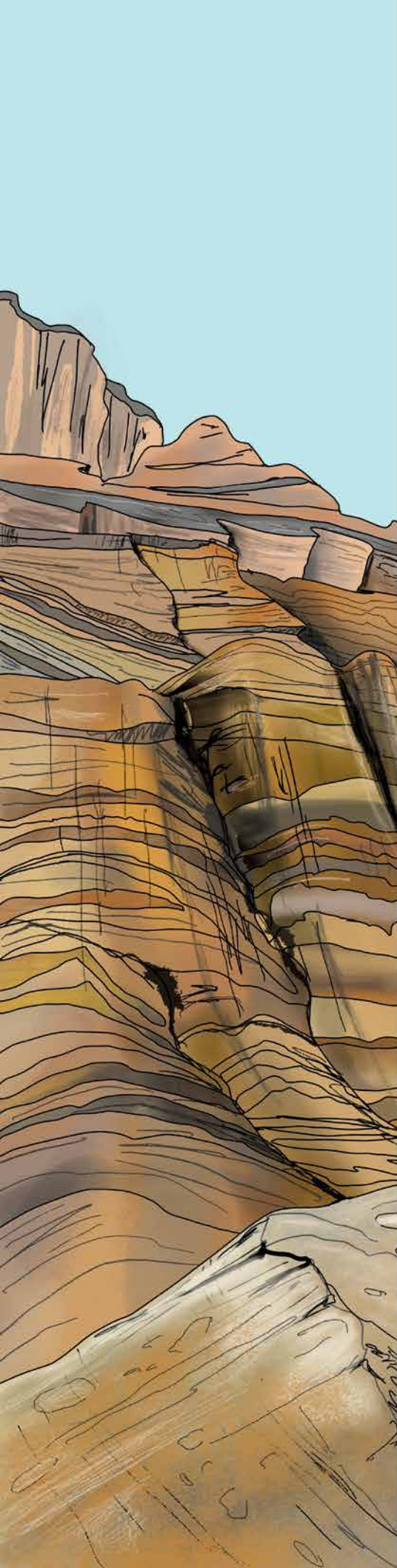
Abstract

Rocks preserve in their minerals, textures and structures the history of the processes that formed them. Studying their physical, chemical and mechanical properties helps reconstruct that history and apply this knowledge to risk prevention, water management, land-use planning and infrastructure design.

Introducción

Las rocas son materiales sólidos formados por la unión natural de uno o varios minerales, material vítreo o fragmentos de otras rocas. Estos minerales, como el cuarzo, la calcita, la plagioclasa o el olivino, tienen estructuras y composiciones químicas específicas que les otorgan distintas propiedades: dureza, color y resistencia, por ejemplo. Las rocas constituyen la mayor parte de la corteza terrestre; es decir, forman las montañas, valles, llanuras y fondos oceánicos. Aunque a simple vista parecen inertes y permanentes, las rocas son el resultado de procesos dinámicos que ocurren tanto en la superficie como en el interior del planeta, y pueden cambiar a lo largo del tiempo.

Existen tres grandes tipos de rocas, clasificados según su origen: las ígneas, que se forman, por ejemplo, cuando el magma (roca fundida) se enfría y solidifica; las sedimentarias, que resultan de la acumulación, compactación y cementación de fragmentos de otras rocas, fósiles o minerales transportados por el viento, el agua o el hielo; y las metamórficas, que se generan cuando una roca ya existente es transformada por la presión y la temperatura sin llegar a fundirse. Cada tipo de roca cuenta una historia distinta: algunas nacen en lo profundo del manto



terrestre, otras en antiguos lechos marinos, y otras más en zonas montañosas donde las placas tectónicas colisionan y forman continentes. Estudiarlas nos permite reconstruir la historia del planeta y entender mejor los procesos naturales que lo moldean.

Justamente por su diversidad de orígenes y transformaciones, las rocas presentan una gran variedad de propiedades que las hacen únicas. Algunas son más porosas o livianas; otras, extremadamente resistentes o químicamente reactivas. Estas diferencias no son casuales: están relacionadas con los procesos geológicos que las formaron, como la presión, la temperatura, el tiempo de enfriamiento o los minerales presentes en su composición. Así, las rocas no sólo nos hablan del pasado de la Tierra, sino que *el uso adecuado de dichas propiedades* nos puede ayudar a enfrentar los retos del presente y futuro.

Entender las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las rocas es clave para tomar decisiones que impactan nuestra vida diaria. Permite elegir materiales seguros para obras, identificar riesgos geológicos,

ubicar acuíferos y zonas con potencial geotérmico, y detectar elementos que afectan la calidad del agua, el aire o el suelo. Este artículo muestra cómo ese conocimiento mejora nuestra relación con el entorno.

■ **Propiedades físicas de las rocas: medición, análisis y aplicaciones**

■ Las propiedades físicas son la base para distinguir unas rocas de otras, ya que nos dan información que nos permite reconocer su origen, su historia geológica y su comportamiento ante distintas condiciones. Características como color, densidad, porosidad, textura o dureza revelan dicha información. El estudio de las propiedades físicas de las rocas comienza en campo, donde se observa la forma de los cuerpos rocosos, la presencia de capas, la orientación de fracturas, la compactación y la porosidad visible, entre otras características clave para interpretar cómo se formó una roca y entender su comportamiento en distintas condiciones ambientales (**Figura 1**). Estas observaciones



Figura 1. Trabajo de campo geológico. Estudiantes observan una exposición rocosa en carretera para identificar capas, fracturas y variaciones en los tipos de roca, claves para interpretar su origen y comportamiento en su entorno natural. Fotografía: Orestes A. de la Rosa Mora.

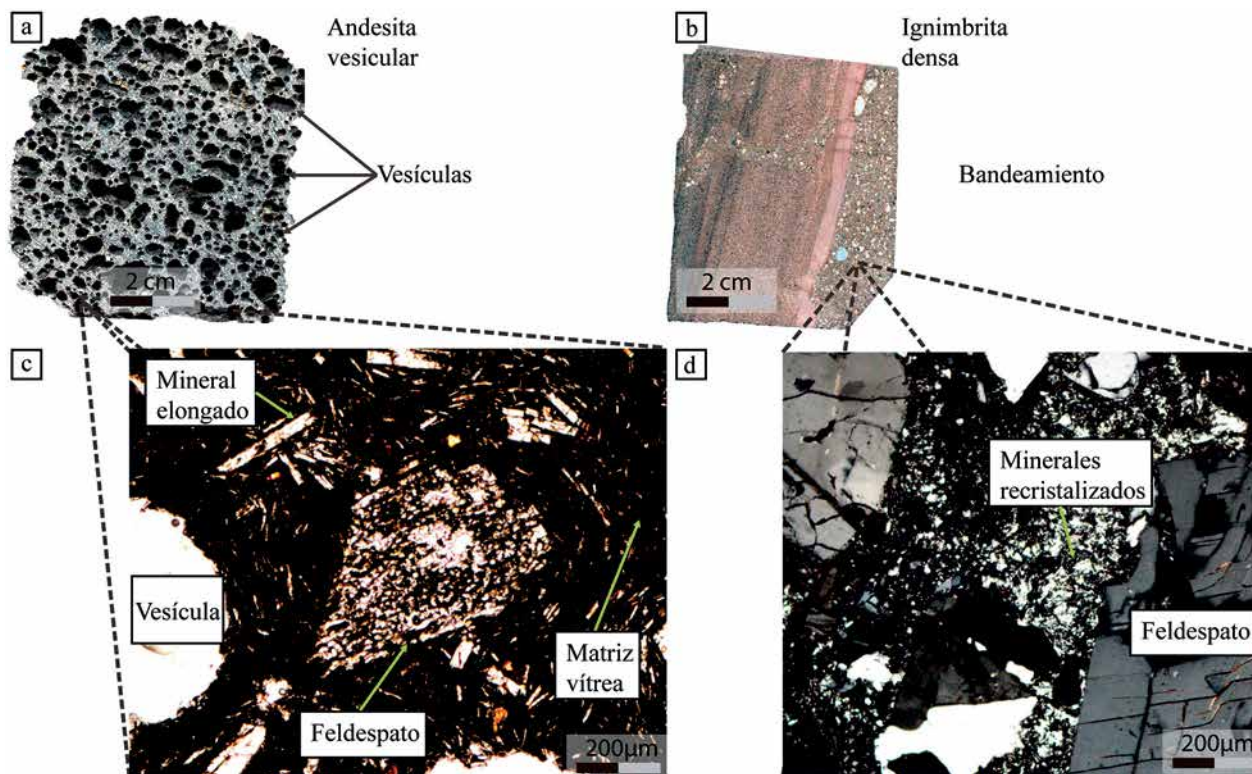


Figura 2. Comparación entre una andesita vesicular y una ignimbrita densa. En las muestras de mano se señalan las vesículas de la andesita (a) y el bandeamiento de la ignimbrita (b). Las microfotografías muestran cristales elongados de feldespatos, vesículas y matriz vítrea en la andesita (c), así como feldespatos y agregados recristalizados de cuarzo en la ignimbrita (d). Estas diferencias reflejan distintos procesos eruptivos y condiciones de enfriamiento.

se complementan en laboratorio, donde se analizan muestras para confirmar y cuantificar sus propiedades bajo condiciones controladas.

Una de las pruebas básicas que se realizan en el laboratorio es la medición de la densidad, lo cual es útil para distinguir rocas ligeras y porosas —como la piedra pómez— de otras más compactas y pesadas —como el basalto o el granito— (Figura 2). Basta con conocer el peso y volumen de la roca, lo cual se puede lograr con métodos simples —por ejemplo, utilizando el principio de Arquímedes— o mediante instrumentos precisos como el **picnómetro de helio**. La densidad también da pistas sobre el origen de las rocas. Las rocas que contienen minerales ricos en elementos metálicos suelen ser más densas que aquellas que no los contienen. Este dato, clave en ingeniería, hidrogeología o petrología, permite, además, estimar otras propiedades como la porosidad, o cuánto espacio vacío hay en su interior.

La porosidad indica cuánto espacio vacío hay en una roca, lo que determina su capacidad para alma-

cenar fluidos como agua, gas o petróleo. Rocas como las areniscas pueden ser muy porosas si sus granos están poco cementados, mientras que otras, como el mármol, son casi impermeables. Esta propiedad se mide saturando una roca con agua o gas, comparando el volumen absorbido con el total, o a través de una tomografía de rayos X computarizada para observar la distribución interna de los poros de las rocas. Pero porosa no siempre significa permeable: la permeabilidad depende de que esos poros estén conectados. Para medir esta propiedad, se hace circular agua o gas a través de una roca en condiciones controladas, utilizando equipos llamados permeámetros, que registran la velocidad del flujo. Estos datos son clave para estudiar acuíferos y recursos hídricos subterráneos.

Además de porosidad y permeabilidad, otras propiedades físicas como la textura, el contenido mineral, el tamaño y la distribución de los granos revelan información sobre el tipo de roca y procesos secundarios que pudieron afectarla. Estas características

◀ **Picnómetro de helio**
Instrumento que mide con gran precisión el volumen y la densidad real de un material. Utiliza helio porque este gas puede penetrar en poros muy pequeños sin reaccionar con la muestra.



pueden observarse en campo con lupas o analizarse en detalle con microscopios petrográficos y electrónicos. La dureza también es clave para clasificar rocas y minerales; se evalúa con la escala de Mohs, que compara la resistencia al rayado, o con métodos más precisos como la dureza Vickers, que mide la marca dejada por una punta de diamante bajo carga controlada.

Conocer estas propiedades físicas no sólo ayuda a entender cómo se formaron las rocas, sino también a usarlas de forma eficiente y sostenible. En la restauración de monumentos de valor histórico se eligen rocas con texturas y resistencias similares a las originales; en vías férreas se prefieren materiales densos y resistentes como el granito o el basalto debido a su alta resistencia al desgaste. Por otro lado, rocas porosas como la piedra pómez se aprovechan en la fabricación de materiales ligeros para la construcción o como abrasivos en productos cosméticos. Comprender estas características nos permite tomar decisiones informadas en ámbitos como el desarrollo de infraestructura, conservación del patrimonio y uso responsable de los recursos geológicos.

Propiedades químicas y mineralógicas: la identidad invisible de las rocas

Más allá de lo visible, cada roca tiene una composición química y mineralógica que define su compor-

tamiento interno. Esta “identidad invisible” depende de los elementos que la forman, como silicio, calcio, hierro o sodio, y de los minerales que los agrupan, principalmente silicatos. Estas propiedades determinan si una roca es estable o tiende a alterarse, si puede liberar compuestos al agua o al aire, o si actúa como barrera natural. Hay rocas que contienen elementos que pueden liberarse y reaccionar con el medio ambiente. En bajas concentraciones, algunos de estos elementos pueden ser benéficos para la salud, pero en exceso resultan dañinos. Un ejemplo es el elemento flúor. Dicho elemento, en dosis bajas, fortalece los dientes en los seres humanos, pero en exceso causa fluorosis, como ocurre en algunas zonas de San Luis Potosí, donde los acuíferos atraviesan rocas con alto contenido de este elemento.

Para conocer estas propiedades, los geocientíficos usan diversas técnicas de laboratorio. Una de las más comunes es la difracción de rayos X (DRX), que identifica minerales según su estructura interna. También se emplea la fluorescencia de rayos X (FRX) para conocer la composición química total, o la microsonda electrónica, que analiza con precisión la química puntual de un mineral (Figura 3). En estudios más avanzados se usa espectrometría de masas, capaz de detectar elementos traza o medir distintos isótopos de un mismo átomo. Estas herramientas revelan el tipo, origen y evolución de las rocas.

Conocer la composición química y mineralógica de las rocas es clave para evaluar yacimientos minerales, ayudar en la prevención y mitigación de riesgos ambientales, seleccionar materiales para la construcción o incluso prevenir problemas de salud pública. En este sentido, conocer la química de las rocas no sólo permite entender el pasado geológico, sino también tomar decisiones informadas para el desarrollo presente y futuro de la civilización.

Propiedades mecánicas de las rocas: resistencia y deformación

Las propiedades mecánicas nos indican si una roca puede resistir presión sin romperse o si se fractura con facilidad. Su respuesta ante fuerzas externas, como el peso de un edificio, la gravedad en una

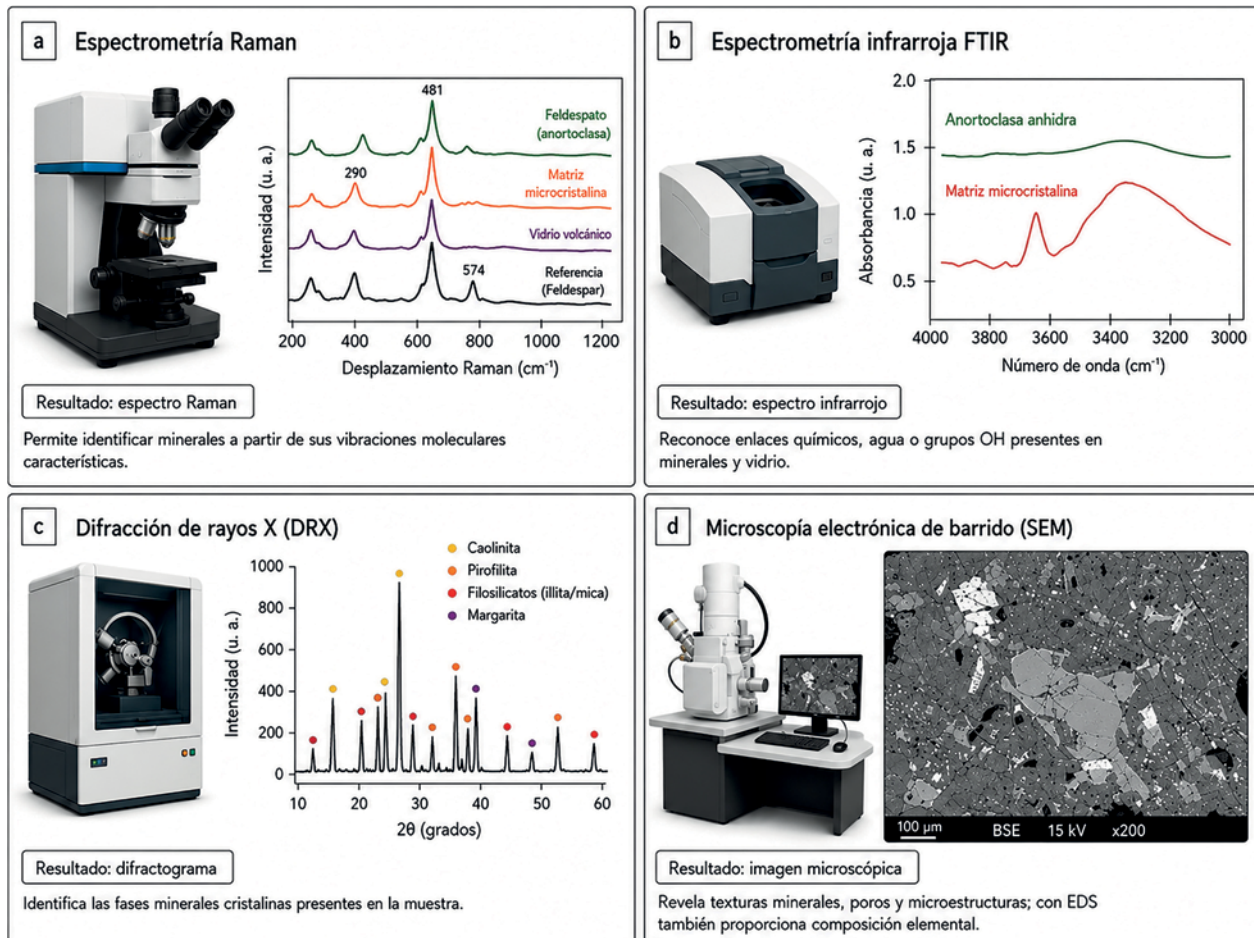


Figura 3. Técnicas empleadas para estudiar la composición y estructura de las rocas: *a*/espectroscopía Raman, que ayuda a identificar minerales mediante sus vibraciones características; *b*/espectroscopía FTIR, utilizada para reconocer enlaces químicos, agua y grupos hidroxilo; *c*/difracción de rayos X, que identifica las fases minerales cristalinas; y *d*/microscopía electrónica de barrido, que permite observar minerales, poros y microfracturas a gran aumento. Cuando el microscopio está acoplado a un detector EDS, también puede determinarse la composición elemental.

ladera o un sismo, depende de su comportamiento mecánico, determinado por características físicas, químicas y mineralógicas como textura, porosidad, composición y organización interna (fábrica). Estas propiedades definen si una roca se deforma lentamente o se rompe abruptamente. Comprender este comportamiento es clave para construir sobre suelo firme, excavar con seguridad o prevenir fallas estructurales ante fenómenos naturales.

Las propiedades mecánicas incluyen la resistencia a compresión, tracción, flexión y **cizalladura**, así como la forma en que una roca se deforma antes de romperse. Dos rocas con igual resistencia pueden comportarse de manera muy distinta ante la aplicación de una carga, una puede fracturarse lentamente y otra de forma súbita. Estas propiedades reflejan

cómo responden las rocas a esfuerzos naturales. Por ejemplo, la compresión es común en regiones donde se forman montañas; la tracción puede generar la apertura de mares o cuencas oceánicas, y la cizalladura ocurre en zonas de falla activa como la de San Andrés, donde grandes bloques de la corteza se deslizan lateralmente.

Para conocer cómo se comportan las rocas ante distintas fuerzas, se realizan ensayos en laboratorio según el tipo de esfuerzo esperado. Si se quiere simular la carga de un edificio, se aplica una prueba de compresión uniaxial: se ejerce presión vertical sobre un cilindro de roca hasta que se fractura. Para condiciones más complejas, como las del subsuelo, se usan ensayos triaxiales (**Figura 4**). También existen pruebas de carga puntual que se pueden aplicar

Cizalladura

Esfuerzo producido por fuerzas paralelas y opuestas que hacen que algunas partes de una roca se deslicen respecto de otras. Puede causar deformación o fracturas.

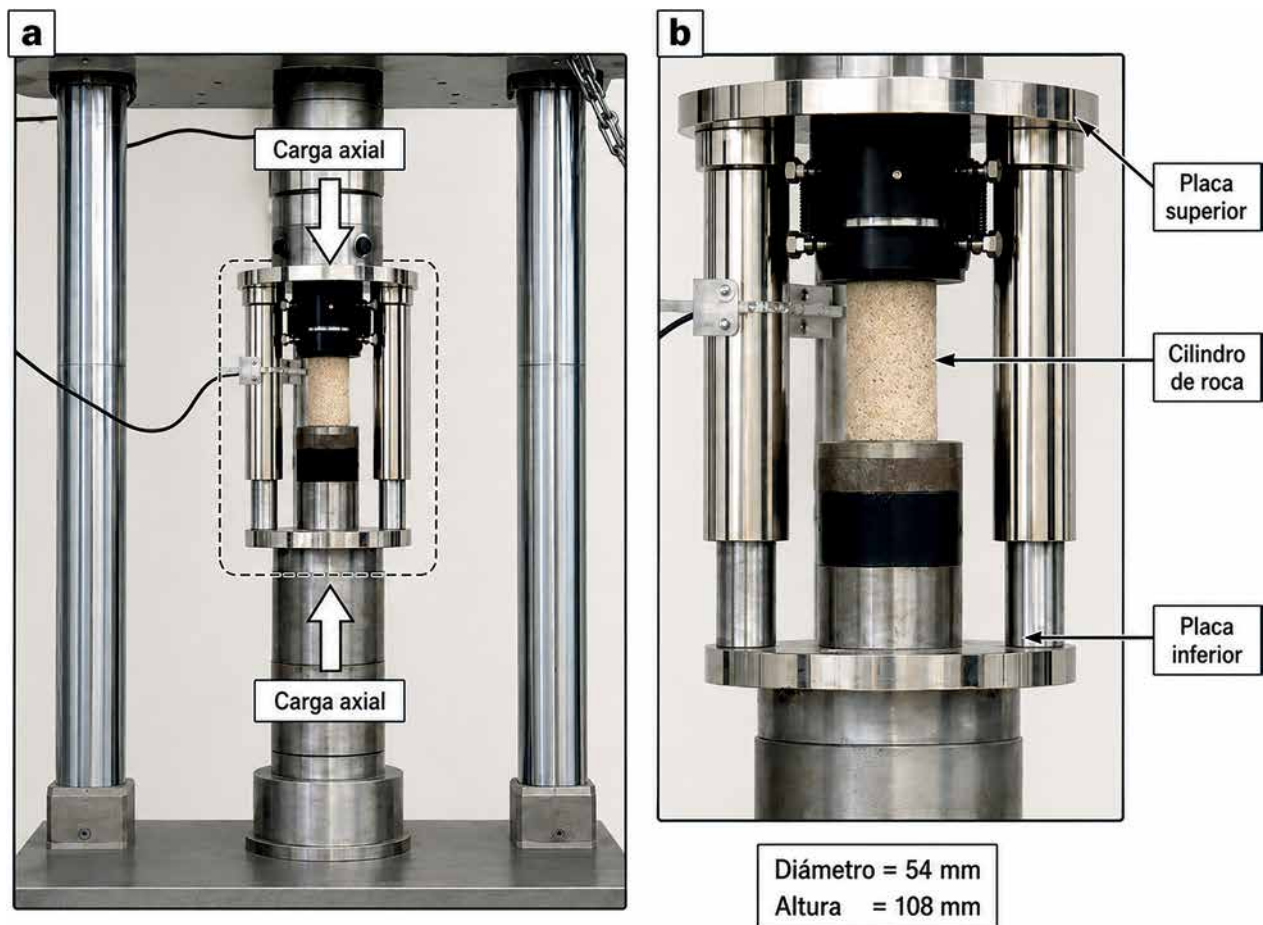


Figura 4. Ensayo de compresión uniaxial. a) Equipo utilizado para aplicar una carga vertical controlada. b) Detalle del cilindro de roca, de 54 mm de diámetro y 108 mm de altura, colocado entre dos placas metálicas. Las flechas indican la dirección de la carga aplicada hasta que la muestra se deforma o fractura, lo que permite determinar su resistencia a la compresión.

Planos de foliación

Superficies paralelas presentes en algunas rocas metamórficas, formadas por la alineación de minerales bajo presión. Estos planos pueden actuar como zonas de debilidad.

directamente en campo. Además, estos resultados se complementan con el análisis de estructuras como fallas, pliegues o fracturas, que revelan cómo ha respondido la roca a los esfuerzos naturales a lo largo del tiempo.

Conocer cómo responden las rocas ante esfuerzos no es sólo un ejercicio de laboratorio, sino una herramienta clave para construir de forma segura. En ingeniería civil, este conocimiento permite saber si una roca soportará el peso de un puente, una presa o un edificio sin fracturarse. También ayuda a evaluar la estabilidad del terreno frente a sismos o excavaciones profundas. En túneles y taludes, anticipa zonas con riesgo de deslizamientos. Aunque una roca parezca sólida, su comportamiento depende de la orientación de sus minerales o la estructura de sus poros. En pizarras y esquistos, por

ejemplo, los **planos de foliación** pueden facilitar fracturas si no se consideran al excavar. En cambio, rocas como el granito, más homogéneas, ofrecen mayor estabilidad. Conocer estas diferencias evita accidentes, optimiza recursos y reduce costos.

Rocas que sostienen el futuro: entre la ciencia, el riesgo y la planificación

Conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las rocas es un ejercicio académico y una necesidad estratégica en un mundo presionado por el crecimiento urbano, el cambio climático y la explotación de recursos. En regiones como Islandia o las Islas Canarias, donde conviven la actividad volcánica y los asentamientos humanos, este conocimiento ha permitido desarrollar zonificaciones de riesgo,



Figura 5. Aplicaciones sociales del estudio de las rocas. El análisis de sus propiedades permite planear ciudades resilientes, diseñar rutas de evacuación, construir infraestructura segura y gestionar el agua en territorios complejos como los de Islandia o las Islas Canarias. Imagen generada digitalmente con fines ilustrativos.

rutas de evacuación, normativas de construcción y estrategias para aprovechar la energía geotérmica con bajo impacto ambiental. Estos avances no son obra de una sola disciplina, sino de equipos integrados por geocientíficos, ingenieros, urbanistas y autoridades

que, al estudiar las rocas en profundidad, diseñan soluciones concretas y sostenibles (**Figura 5**). Los terremotos que afectaron Venezuela en junio de 2026 recuerdan que las consecuencias de un fenómeno natural también dependen de las características del terreno, la seguridad de la infraestructura y la capacidad de las comunidades para anticipar y gestionar los riesgos. Más allá de revelar la historia de la Tierra, las propiedades de las rocas ofrecen conocimientos esenciales para transformar la manera en que habitamos, cuidamos y planificamos el territorio.

Mario E. Boijseauneau-López

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia,
Universidad Nacional Autónoma de México.

mboijseauneau@enesmorelia.unam.mx

Antonio Pola

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia,
Universidad Nacional Autónoma de México.

apola@enesmorelia.unam.mx

Hugo Sereno

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia,
Universidad Nacional Autónoma de México.

hugoivansereno@gmail.com