

Cómo leemos la Tierra: principios geológicos para reconstruir la historia del planeta

How We Read the Earth: Geological Principles for Reconstructing the History of the Planet

Benedetto Schiavo

Resumen

¿Cómo es posible reconstruir la historia de la Tierra a partir de rocas y fósiles dispersos? Este artículo explora cómo los principios geológicos permiten leer el registro terrestre e interpretar la evolución del planeta. Mediante una aproximación narrativa, se presentan conceptos como la superposición, la horizontalidad original, la continuidad lateral, la sucesión faunística, el actualismo y las relaciones de inclusión e intersección, mostrando cómo ayudan a ordenar acontecimientos, reconocer transformaciones y reconstruir ambientes del pasado. Formulados entre los siglos XVII y XIX, estos principios continúan siendo esenciales para la interpretación geológica moderna y para teorías como la tectónica de placas. Más allá de su valor técnico, representan una forma de construir conocimiento basada en la observación, la comparación y el razonamiento a partir de evidencias naturales.

Palabras clave: geología histórica, estratigrafía, tiempo geológico, registro geológico, fósiles.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Schiavo, B. (2026, agosto-octubre). Cómo leemos la Tierra: principios geológicos para reconstruir la historia del planeta. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 27(3). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2026.27.3.6>

Abstract

How can Earth's history be reconstructed from scattered rocks and fossils? This article explores how geological principles allow scientists to read the geological record and interpret the evolution of the planet. Through a narrative approach, concepts such as superposition, original horizontality, lateral continuity, faunal succession, uniformitarian reasoning, and inclusion and cross-cutting relationships are presented as tools for ordering events, recognizing transformations, and reconstructing past environments. Formulated between the seventeenth and nineteenth centuries, these principles remain essential to modern geological interpretation and theories such as plate tectonics. Beyond their technical value, they represent a way of building knowledge grounded in observation, comparison, and reasoning from natural evidence.

Keywords: historical geology, stratigraphy, geological time, geological record, fossils.

Benedetto Schiavo

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Ciudad de México, México

Es investigador en el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es geólogo por la Universidad de Palermo, Italia, donde obtuvo la licenciatura y la maestría en Ciencias y Tecnologías Geológicas. Realizó el doctorado en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM. Sus líneas de investigación se centran en la geoquímica ambiental, la geología médica, las emisiones volcánicas (gases y ceniza) y el estudio de elementos traza, con énfasis en sus efectos sobre el ambiente y la salud humana. Participa en proyectos de investigación nacionales e internacionales; es editor académico de PLOS ONE, editor invitado de *Environments* y profesor de licenciatura y posgrado en la UNAM.



benedetto@igeofisica.unam.mx



<https://orcid.org/0000-0002-0882-0404>



<https://www.geofisica.unam.mx/vulcanologia/academicos/benedetto-schiavo/>



<https://www.researchgate.net/Benedetto-Schiavo>



Fósiles en la cima del mundo

En la cima del monte Everest, a casi 9,000 metros sobre el nivel del mar, existen fósiles marinos: restos de organismos que alguna vez habitaron antiguos océanos, hoy incrustados en las rocas que forman la montaña más alta del planeta (Zhan et al., 2014). La pregunta surge de inmediato: ¿cómo llegaron allí? Responderla implica aprender a leer la Tierra.

A diferencia de un libro convencional, la historia del planeta no está escrita en páginas ordenadas. Sus registros han sido deformados por la tectónica, fragmentados por la erosión y reescritos por volcanes y océanos a lo largo de millones de años. Cada paisaje conserva pistas de acontecimientos pasados que los geólogos interpretan para reconstruir esa historia; leer la Tierra consiste, precisamente, en reconocer esas señales y comprender lo que revelan sobre el pasado.

Este modo de pensar no siempre existió. Durante siglos, el origen del relieve terrestre se explicó mediante interpretaciones míticas o religiosas, ancladas en razonamientos teológicos. Fue a partir de la revolución científica de los siglos XVII y XVIII cuando algunos naturalistas (figura 1) comenzaron a observar las rocas desde una perspectiva distinta, buscando explicaciones sustentadas en la observación directa y el razonamiento a partir de evidencias (Cartwright, 2023; Hepburn y Hanne, 2021).

Figura 1. Nicolas Steno (izquierda) y James Hutton (derecha), dos de los naturalistas que transformaron la manera de interpretar las rocas al proponer que el paisaje terrestre conserva una historia que puede leerse e interpretarse mediante la observación científica.

Créditos: Benedetto Schiavo.



Entre ellos, Nicolas Steno propuso que los estratos sedimentarios se depositan en capas sucesivas capaces de registrar eventos pasados, mientras que James Hutton planteó que los procesos que modelan la superficie terrestre en la actualidad también operaron en el pasado profundo ([University of California Museum of Paleontology](#)). Estas ideas sentaron las bases de una nueva forma de interpretar el planeta, en la que las rocas dejaron de ser simples objetos para convertirse en registros de una historia que puede reconstruirse (Eyles, 1947).

A lo largo del tiempo, otros naturalistas ampliaron este enfoque. William Smith demostró que los fósiles siguen patrones consistentes que permiten correlacionar estratos a grandes distancias, y Charles Lyell consolidó una visión del planeta basada en cambios graduales acumulados durante largos intervalos de tiempo. Más adelante, avances como la datación radiométrica y la teoría de la tectónica de placas —hoy explicada de manera interactiva por el [British Geological Survey](#)— permitieron integrar estas observaciones en un marco más amplio sobre la evolución de la Tierra, transformando la comprensión de su dinámica interna durante el siglo XX (Lyell, 2009; Celâl Şengör, 2021; Qian et al., 2025).

A partir de estas ideas, los geólogos desarrollaron una serie de principios que funcionan como herramientas de interpretación. Más que reglas rígidas, son guías que permiten ordenar acontecimientos, reconocer transformaciones y reconstruir ambientes del pasado a partir de evidencias fragmentarias. En este artículo exploramos cómo estos principios hacen posible leer la historia de la Tierra, mostrando de qué manera los geólogos interpretan el registro geológico para comprender la evolución del planeta.

Un puñado de reglas para ordenar el caos

Cuando un geólogo observa un acantilado, una pared volcánica o el afloramiento —es decir, el corte expuesto— de una carretera, no ve únicamente capas de roca superpuestas. Ve una secuencia de acontecimientos: antiguos mares que avanzaron y retrocedieron, ríos que depositaron sedimentos, erupciones volcánicas que cubrieron paisajes previos, fuerzas tectónicas que deformaron lentamente la corteza terrestre. El problema es que esa historia rara vez aparece ordenada de forma evidente: las rocas han sido inclinadas, fracturadas o erosionadas; partes del registro han desaparecido y otras se encuentran incompletas.

Leer la historia de la Tierra implica, por tanto, reconstruir una narración a partir de evidencias fragmentarias, como si las páginas de un libro hubieran sido mezcladas antes de llegar a nuestras manos. Frente a este escenario surge una pregunta central: ¿cómo determinar qué ocurrió primero? ¿Cómo saber si una montaña existía antes que un océano, o si una fractura es más reciente que las rocas que atraviesa?



A lo largo del desarrollo de la geología, los naturalistas formularon una serie de principios que permiten responder a estas preguntas. A partir de observaciones repetidas en distintos paisajes, establecieron reglas de interpretación que ayudan a ordenar acontecimientos y reconocer relaciones temporales entre cuerpos de roca. Estos principios no son leyes en el sentido estricto de las ciencias físicas: a diferencia de la ley de la gravitación universal, que describe relaciones constantes y cuantificables, funcionan como herramientas de interpretación que admiten excepciones y se aplican según el contexto geológico. Permiten reconstruir historias a partir de pistas —identificar qué procesos ocurrieron primero, cuáles modificaron después el paisaje y cómo diferentes fragmentos del registro se relacionan entre sí a través del tiempo (Genske, 2024).

Imaginemos de nuevo un acantilado expuesto por la erosión. Las capas aparecen apiladas unas sobre otras, algunas inclinadas, otras interrumpidas por fracturas o atravesadas por materiales volcánicos. En ciertos niveles aparecen fósiles; en otros, cambios en el tipo de roca sugieren transformaciones ambientales profundas. Cada uno de estos elementos constituye una pista, e interpretarla correctamente es lo que permite leer la historia que las rocas conservan. A continuación, exploramos algunos de estos principios.

La ley de la superposición: reconocer las primeras páginas de la historia terrestre

Al observar un acantilado sedimentario, resulta difícil evitar la sensación de estar frente a un libro abierto. Las capas de roca se apilan unas sobre otras, formando bandas de distintos colores y composiciones que se extienden a lo largo del paisaje. Sin embargo, a diferencia de un libro convencional, ninguna página indica explícitamente cuándo fue escrita. Surge entonces una pregunta central: ¿qué capa se formó primero?

En el siglo XVII, el naturalista danés Nicolas Steno enfrentó este mismo problema al estudiar rocas sedimentarias en Italia. A partir de sus observaciones, reconoció un patrón aparentemente simple pero profundamente revelador: los sedimentos se depositan de manera progresiva, capa sobre capa, a medida que las partículas transportadas por el agua o el viento se acumulan con el tiempo. De esta idea surge el principio de la superposición: en una secuencia de rocas que no ha sido alterada posteriormente, las capas inferiores se formaron antes que las superiores. Dicho de otro modo, las rocas más antiguas se encuentran en la base, mientras que las más recientes se sitúan hacia la parte superior. Este principio permitió, por primera vez, ordenar los acontecimientos registrados en las rocas sin necesidad de conocer su edad exacta; ofrece, en términos sencillos, una forma de comenzar a leer la historia de la Tierra desde sus primeras páginas (figura 2A).

Sin embargo, los paisajes reales rara vez conservan esta disposición ideal. En muchos casos, los estratos han sido inclinados, plegados o incluso invertidos por la actividad tectónica, y aplicar este principio implica interpretar el contexto geológico y reconocer las transformaciones que ocurrieron después del depósito original. Aun con estas complejidades, la superposición sigue siendo una de las herramientas más básicas y poderosas para reconstruir el pasado: el punto de partida para comenzar a ordenar la historia que las rocas conservan.

La geometría original de los estratos: horizontalidad y continuidad lateral

Después de reconocer que las capas de roca conservan un orden en el tiempo, surge una nueva dificultad: en muchos paisajes reales los estratos no se observan horizontales, sino inclinados, plegados o incluso interrumpidos. Esto plantea una pregunta obligada: ¿siempre fueron así, o algo los modificó después de su formación?

Al observar ambientes actuales —deltas, lagos, fondos marinos— es posible notar que los sedimentos transportados por el agua tienden a depositarse formando capas prácticamente horizontales. Estas capas se extienden lateralmente a lo largo de la cuenca hasta que se adelgazan o encuentran un límite natural. A partir de este tipo de observaciones, Nicolas Steno propuso dos ideas complementarias. La primera es el principio de la horizontalidad original, que establece que los sedimentos se depositan inicialmente en capas cercanas a la horizontal. La segunda es el principio de la continuidad lateral, según el cual esas capas se extienden de manera continua en el espacio antes de ser interrumpidas.

Estas ideas permiten interpretar muchos paisajes actuales. Cuando se observan estratos inclinados en una montaña, por ejemplo, se puede inferir que originalmente se depositaron de forma horizontal y que después fueron deformados por fuerzas tectónicas. De manera similar, si dos afloramientos separados por un valle presentan capas con características semejantes, es posible que en el pasado formaran parte de una misma unidad continua, fragmentada luego por la erosión o el desplazamiento de fallas (figura 2B y C). Los estratos, en este sentido, no sólo registran el tiempo: también la historia de los procesos que los modificaron. Reconstruir su geometría original permite “reordenar” las páginas del registro geológico y entender cómo era el paisaje antes de ser transformado.

El actualismo: cuando el presente permite interpretar el pasado

Incluso después de ordenar las capas de roca y reconstruir su disposición original, persiste una pregunta central: ¿cómo saber qué procesos formaron esas rocas si nadie estuvo allí para observarlos?

A finales del siglo XVIII, el naturalista escocés James Hutton propuso una idea que cambiaría profundamente la manera de interpretar la Tierra. Al estudiar ríos, costas y procesos de erosión en el paisaje actual, observó que la superficie terrestre se transforma continuamente mediante procesos naturales que pueden observarse de manera directa. De ahí surgió una idea central: los procesos que actúan hoy —la sedimentación, la erosión, la actividad volcánica— también operaron en el pasado. Este enfoque se conoce como actualismo y suele resumirse en la frase “el presente es la clave del pasado”: los geólogos pueden interpretar el registro geológico observando cómo funcionan los procesos naturales en la actualidad. Al observar cómo un río transporta sedimentos y forma capas en su desembocadura, por ejemplo, es posible interpretar depósitos similares preservados en rocas antiguas; de la misma manera, estudiar una erupción volcánica actual ayuda a comprender cómo se formaron ciertas rocas volcánicas en el pasado.

Conviene distinguir esta idea del uniformismo clásico, propuesto originalmente en términos más estrictos. Mientras que el uniformismo enfatizaba la continuidad y regularidad de los procesos a lo largo del tiempo, el actualismo moderno reconoce que esos mismos procesos pueden variar en intensidad, velocidad o escala. Lo importante no es que todo ocurra de la misma manera, sino que los mismos tipos de procesos siguen actuando (figura 2D). Gracias a este principio, el registro geológico deja de ser un conjunto de eventos desconocidos y se convierte en algo interpretable: el presente funciona como una guía que permite descifrar las huellas del pasado.

La sucesión faunística: cuando los fósiles marcan el paso del tiempo

A finales del siglo XVIII, durante la construcción de canales y minas en Inglaterra, surgió una observación que cambiaría la forma de interpretar las rocas. En distintos lugares, ciertos fósiles aparecían siempre asociados a tipos específicos de estratos. No era una coincidencia: parecía existir un orden.

William Smith, ingeniero y especialista en medición de terrenos —agrimensor—, fue uno de los primeros en reconocer el significado de esta regularidad. Mientras trabajaba en proyectos de construcción, observó que las asociaciones de fósiles se repetían de manera consistente en diferentes regiones. A partir de estas observaciones formuló el principio de la sucesión faunística: los fósiles no aparecen al azar, sino siguiendo una secuencia temporal definida (figura 2E). Cada intervalo del tiempo geológico está caracterizado por organismos particulares, lo que permite identificar y correlacionar estratos aun cuando se encuentran separados por grandes distancias.

Esto tiene una implicación central: si dos formaciones rocosas contienen fósiles similares, es muy probable que se hayan formado en el mismo intervalo de tiempo, aunque hoy se encuentren a cientos de kilómetros de distancia. Capas de roca con ciertos tipos de amonitas —organismos marinos ya extintos—, por ejemplo, pueden identificarse en distintas regiones del mundo, lo que permite relacionarlas entre sí y reconstruir antiguos ambientes marinos. Este tipo de observaciones puede explorarse en colecciones digitales como las del [Smithsonian National Museum of Natural History](#), donde es posible comparar fósiles de distintas edades y regiones. Gracias a este principio, los fósiles dejaron de ser simples curiosidades naturales y se convirtieron en herramientas esenciales para leer la historia de la Tierra: marcadores del tiempo que permiten ordenar los acontecimientos y conectar fragmentos del registro geológico que, a primera vista, parecen aislados.

Inclusión e intersección: reconstruir el orden de los acontecimientos

En muchos paisajes geológicos, los distintos procesos no ocurren de forma aislada. Al contrario: se superponen y se modifican entre sí. Materiales volcánicos atraviesan rocas más antiguas, fallas desplazan bloques completos, fragmentos de roca quedan incorporados dentro de nuevas formaciones. Ante este tipo de relaciones surge una pregunta central: ¿qué ocurrió primero?

Una de las herramientas más útiles para responderla es el principio de inclusión, que establece que cualquier fragmento de roca contenido dentro de otra debe ser más antiguo que el material que lo rodea. Estos fragmentos, conocidos como clastos, son restos de rocas preexistentes incorporados en un depósito más reciente. Un ejemplo sencillo puede observarse en ciertas rocas sedimentarias como los conglomerados, donde es común encontrar fragmentos redondeados de distintas rocas unidos por un material más fino: esos fragmentos tuvieron que existir antes de ser erosionados, transportados y, finalmente, depositados dentro de la nueva roca. Los clastos, dicho de otro modo, cuentan una historia previa al depósito que los contiene.

De manera complementaria, el principio de intersección permite interpretar relaciones aún más evidentes: cualquier estructura geológica que corta a otra—una fractura, una falla, una intrusión magmática—es necesariamente más reciente que las rocas que atraviesa (figura 2F y G). Si un cuerpo de roca volcánica corta una serie de capas sedimentarias, por ejemplo, se puede concluir que las capas ya existían antes de que el material volcánico se introdujera en ellas; de forma similar, una falla que desplaza estratos indica un evento posterior a la formación de esas rocas. En conjunto, estos principios permiten reconstruir secuencias complejas de eventos: funcionan como pistas que ayudan a ordenar procesos de formación, deformación y transformación registrados en el paisaje. Aplicarlos correctamente es esencial para comprender cómo diferentes etapas de la historia terrestre quedaron superpuestas en las rocas.

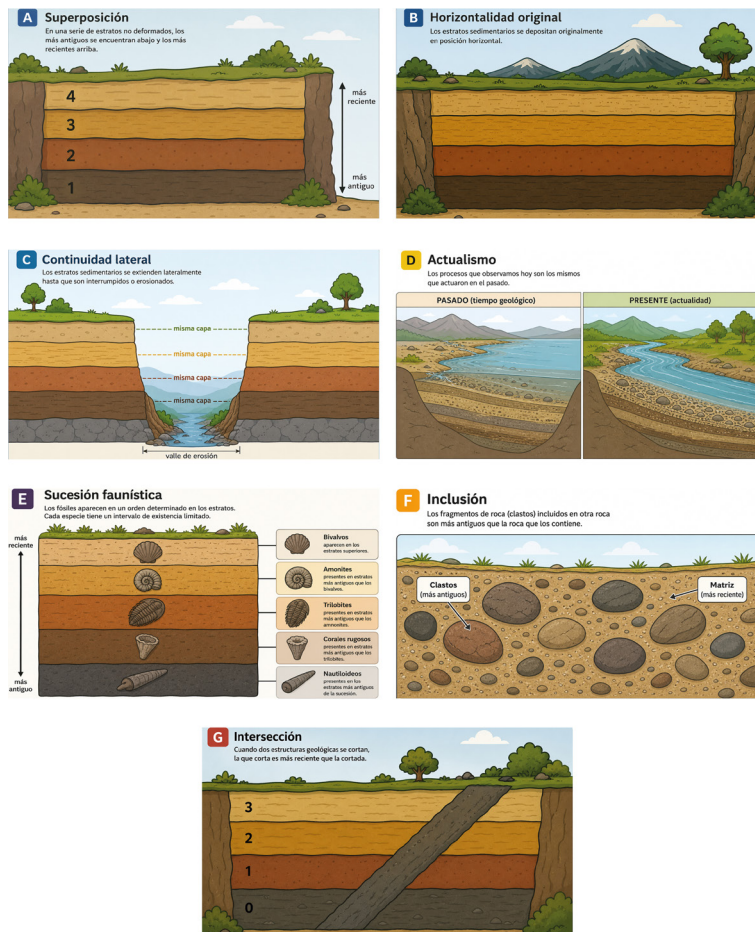


Figura 2. Representación esquemática de los principales principios utilizados por los geólogos para interpretar el registro terrestre. A) superposición de estratos; B) horizontalidad original; C) continuidad lateral; D) actualismo; E) sucesión faunística; F) principio de inclusión; G) principio de intersección. En conjunto, estos principios permiten reconstruir la historia geológica a partir de relaciones espaciales y temporales preservadas en las rocas.

Créditos: Benedetto Schiavo.

Leer la Tierra: una forma de construir conocimiento

Más allá de su utilidad para interpretar rocas, los principios geológicos reflejan una forma particular de construir conocimiento. A diferencia de otras ciencias experimentales, los geólogos no pueden reproducir montañas, océanos o

continentes en condiciones controladas: su trabajo consiste en interpretar procesos que ocurrieron hace millones de años a partir de las evidencias que quedaron registradas en el paisaje.

En este sentido, la geología comparte similitudes con la investigación histórica. Así como un historiador reconstruye el pasado a partir de documentos y vestigios, un geólogo interpreta la historia de la Tierra a partir de rocas, fósiles y estructuras que han sobrevivido al paso del tiempo. Los principios descritos a lo largo de este artículo funcionan como herramientas para organizar esa información: permiten transformar fragmentos dispersos en una narración coherente, identificar qué ocurrió primero, qué procesos modificaron el paisaje y cómo diferentes eventos quedaron registrados en las rocas (Paola et al., 2018).

Al observar, por ejemplo, un conjunto de capas sedimentarias atravesadas por una falla y que contienen fósiles específicos, un geólogo puede combinar distintos principios para reconstruir la secuencia de eventos: cuándo se depositaron los sedimentos, qué organismos existían en ese momento y qué procesos deformaron después el terreno. Leer la Tierra implica, así, mucho más que reconocer rocas: significa aprender a interpretar señales, establecer relaciones y construir explicaciones a partir de evidencias incompletas. Es un ejercicio de observación, comparación y razonamiento. En un contexto marcado por el cambio ambiental y la evaluación de riesgos naturales, esta forma de pensar resulta especialmente relevante: comprender cómo ha cambiado el planeta en el pasado permite también anticipar posibles transformaciones futuras.

Una historia que sigue escribiéndose

Volvamos a la pregunta inicial: ¿cómo es posible encontrar fósiles marinos en la cima del Everest? La respuesta no depende de un único descubrimiento ni de una tecnología sofisticada, sino de la aplicación conjunta de los principios geológicos que permiten interpretar el registro terrestre. Gracias a estas herramientas, los geólogos reconocen que esas rocas se formaron en antiguos fondos oceánicos y que, millones de años después, fueron elevadas por la colisión entre placas tectónicas hasta alcanzar las mayores altitudes del planeta. Cada estrato, fósil o fractura constituye una pista dentro de una narración mucho más extensa, que se desarrolla a lo largo de millones de años.

Leer la Tierra implica aprender a reconocer esas pistas e interpretarlas en conjunto. No se trata de memorizar principios, sino de desarrollar una forma de observar el mundo basada en la evidencia, la comparación y el razonamiento. Más allá de su valor científico, esta manera de pensar permite comprender que el paisaje que vemos hoy es sólo una etapa dentro de un proceso continuo de transformación: montañas, océanos y volcanes no son estructuras estáticas, sino el resultado de procesos que siguen actuando en el presente.

En última instancia, la geología nos invita a mirar el planeta con una perspectiva histórica. Nos recuerda que la Tierra cambia constantemente y que, a través de las rocas, es posible leer una historia que continúa escribiéndose.

Agradecimientos

El autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el financiamiento del proyecto CBF-2025-I-1974.

Referencias

- ❖ Cartwright, M. (2023). *Scientific revolution*. World History Encyclopedia. https://www.worldhistory.org/Scientific_Revolution/
- ❖ Celâl Şengör, A. M. (2021). History of geology. En *Encyclopedia of geology* (2.^a ed., pp. 1–36). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00084-9>
- ❖ Eyles, V. (1947). James Hutton (1726–1797) and Sir Charles Lyell (1797–1875). *Nature*, 160, 694–695. <https://doi.org/10.1038/160694a0>
- ❖ Genske, D. D. (2024). Geological principles. En *Engineering geology* (pp. 5–43). Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-68762-8_2
- ❖ Hepburn, B., y Hanne, A. (2021). Scientific method. En E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy* (ed. de verano de 2021). <https://plato.stanford.edu/archives/sum2021/entries/scientific-method/>
- ❖ Lyell, C. (2009). *Principles of geology: An attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511701559> (Obra original publicada en 1830)
- ❖ Paola, C., Ganti, V., Mohrig, D., Runkel, A., y Straub, K. M. (2018). Time not our time: Physical controls on the preservation and measurement of geologic time. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 46, 409–438. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-082517-010129>
- ❖ Qian, S.-P., Gazel, E., y Wang, J.-H. (2025). Mantle transition zone water triggers lithospheric weakening and spreading. *Geology*, 53(5), 461–466. <https://doi.org/10.1130/G52804.1>
- ❖ Smithsonian National Museum of Natural History. (s. f.). *Homepage*. <https://naturalhistory.si.edu/>
- ❖ The Geological Society. (s. f.). *Plate tectonics*. <https://www.geolsoc.org.uk/Plate-Tectonics.html>

- ❖ University of California Museum of Paleontology. (s. f.). *Nicholas Steno* (1638–1686). Understanding Evolution. <https://ucmp.berkeley.edu/history/steno.html>
- ❖ Zhan, R., Harper, D. A. T., Jin, J., Liang, Y., Liu, J., Stemmerik, L., y Stouge, S. (2014). Middle Ordovician Aporthophyla brachiopod fauna from the roof of the world, southern Tibet. *Palaeontology*, 57(1), 141–170. <https://doi.org/10.1111/pala.12058>