

¿Por qué se encuentran fósiles marinos en lo alto de las montañas?

Juan Segurola · Todos los derechos reservados

QUE · Artículo 017 · Preguntas sencillas, respuestas profundas · Versión 0.1 ES

Un fósil marino en una roca de montaña registra dos circunstancias distintas: el ambiente en el que el organismo o sus restos pasaron a formar parte de un depósito y la posición posterior de la roca que lo contiene. Esas circunstancias no tienen por qué parecerse. Los sedimentos depositados bajo un mar pueden convertirse en roca, desplazarse y elevarse, y acabar expuestos por la erosión. El fósil no tuvo que vivir a su altitud actual.

Esa es la respuesta general. Establecerla para un fósil concreto requiere algo más que reconocer una concha. Necesitamos saber si el objeto está integrado en la roca local, qué registra el depósito circundante y cómo encaja esa roca en la estructura de la región. Un fósil suelto transportado hasta una cima y otro conservado dentro de un estrato cartografiado no aportan la misma evidencia.

1. Un paisaje montañoso real con un registro marino

El Parque Nacional de Grand Teton ofrece un ejemplo concreto. El Servicio de Parques Nacionales describe formaciones sedimentarias con algas marinas, corales, braquiópodos y trilobites. Estas formaciones registran antiguos mares en la región hoy ocupada por la cordillera Teton. [1] La inferencia no es que todas las rocas de las montañas se formaran en un mar ni que todos los organismos enumerados vivieran juntos al mismo tiempo.

La distinción es visible en la disposición geológica del paisaje. La cordillera incluye un núcleo ígneo y metamórfico más antiguo y una cubierta sedimentaria más joven. La explicación geológica del parque distingue areniscas de playa, calizas de mares someros y lutitas de aguas más profundas; también describe cómo la erosión ha retirado gran parte de la cubierta de algunas zonas de la cordillera. [2]

Por tanto, una montaña no es una sola roca con un solo origen. Su forma actual reúne materiales formados en condiciones distintas y modificados durante acontecimientos diferentes. Identificar un depósito marino responde a una pregunta sobre un ambiente, no a la historia completa de la montaña que lo contiene.

2. ¿Qué hace convincente la interpretación marina?

La identidad del organismo importa, pero también el contexto. Varios fósiles marinos compatibles dentro de una unidad sedimentaria informan más que una forma ambigua aislada. El tamaño del grano, la estratificación y la relación con las capas vecinas pueden ayudar a distinguir el ambiente de deposición. La interpretación de Teton une los fósiles a una secuencia cartografiada de rocas sedimentarias en vez de basarse únicamente en la altitud. [1,2]

Un experimento mental útil consiste en comparar dos hallazgos. En el primero, una concha está suelta junto a un sendero. En el segundo, varias conchas están encerradas en un estrato continuo que puede seguirse por un afloramiento. El primero deja abierta la posibilidad de transporte por personas o procesos superficiales recientes. El segundo aporta una relación geológica: los restos pertenecen al interior de ese cuerpo de roca. Eso sigue dejando preguntas sobre el transporte antes del enterramiento, pero elimina otra clase de explicación.

«Marino» tampoco especifica una profundidad exacta del agua. Un mar contiene playas, plataformas someras y ambientes más profundos. Los organismos y los sedimentos pueden ser transportados antes del enterramiento final. Una reconstrucción defendible pregunta qué ambiente explica el depósito entero, en vez de asignar una profundidad numérica a partir del aspecto de un fósil.

3. Deposición, enterramiento y exposición son acontecimientos diferentes

La explicación del Servicio de Parques Nacionales sobre los fósiles describe sedimentos que se acumulan en capas, se entierran y litifican, y más tarde quedan expuestos por la erosión. [1] Estos pasos no tienen por qué ocurrir próximos en el tiempo. La muerte de un organismo, la consolidación de su sedimento, la deformación de la roca y la exposición del fósil son acontecimientos distintos.

Imaginemos cuatro etiquetas en la historia de una roca: deposición, enterramiento, desplazamiento y exposición. La cuestión no es que todas las rocas sigan una receta perfectamente ordenada de cuatro pasos. Es que una fecha asociada a una etiqueta no puede trasladarse automáticamente a otra. La edad de un estrato fosilífero no es, por sí sola, la fecha en que se elevó una cresta moderna.

Del mismo modo, retirar roca suprayacente no crea los fósiles que hay debajo. La erosión hace accesible parte de un registro ya existente. La abundancia de fósiles visibles en la superficie actual depende en parte de dónde ha sobrevivido ese registro y de dónde lo han expuesto procesos posteriores.

4. Cómo llega la roca a una montaña

En la cordillera Teton, el movimiento de una falla normal ha elevado el bloque montañoso respecto a Jackson Hole mientras la región se estira. No es un caso en el que toda montaña deba explicarse mediante compresión directa de la corteza. La explicación del parque sobre la falla describe desplazamientos repetidos, con elevación de la cordillera acompañada de movimiento descendente en el lado del valle. [3]

Las pruebas del desplazamiento incluyen la relación entre capas de roca correspondientes y la falla cartografiada. El relieve actual no es idéntico al desplazamiento total de la falla: la erosión rebaja la superficie, los sedimentos pueden rellenar el valle y ambos lados tienen sus propias historias. La explicación geológica pública utiliza el contraste entre la arenisca situada a gran altura en el monte Moran y su posición mucho más profunda bajo el valle para ilustrar esta distinción. [2,3]

La lección más amplia es local, no universal. Los estratos marinos pueden alcanzar terrenos elevados mediante historias tectónicas distintas. Para explicar un lugar, un mapa geológico y sus relaciones estructurales resultan más útiles que añadir la palabra «levantamiento» a cada fósil sin examinar las pruebas intermedias.

5. Por qué la altura actual no mide una profundidad antigua

Supongamos, de manera puramente hipotética, que un estrato marino se encuentra ahora 2000 metros por encima del nivel actual del mar. El número no muestra que el organismo viviera a 2000 metros de profundidad. Incluso en una reconstrucción simplificada, su altura original era relativa a una superficie marina anterior, mientras que su altura actual incluye movimientos posteriores de la roca y cambios del nivel del mar.

Un cálculo igualmente tentador sería dividir esos 2000 metros por una edad del fósil de 20 millones de años, obteniendo 0,1 milímetros al año. La aritmética es correcta: 2 000 000 de milímetros divididos por 20 000 000 de años son 0,1. La interpretación carece de

respaldo. La edad del fósil no establece cuándo comenzó el levantamiento, este no tiene por qué ser uniforme y se han ignorado la erosión y los cambios del nivel del mar.

Para inferir una tasa, el acontecimiento fechado debe restringir el desplazamiento que se mide. Una respuesta numérica limpia no repara un desajuste entre el reloj y el proceso. Por eso, reconstruir la historia de una montaña requiere varios tipos de observación geológica, no una sola altitud y una sola edad.

6. Qué sigue siendo incierto

Para las formaciones marinas de Teton, un ambiente marino anterior y un desplazamiento posterior considerable están respaldados por el registro fósil y geológico combinado. [1-3] El recorrido exacto de una muestra individual a través del enterramiento, la deformación y la erosión puede exigir trabajo más detallado. Las capas ausentes, los fósiles alterados y la exposición incompleta restringen el detalle con el que puede resolverse esa historia.

Esa incertidumbre no hace igualmente plausibles todas las explicaciones. Una secuencia sedimentaria marina continua con una historia estructural cartografiada es evidencia contra tratar el fósil como una llegada reciente a una cima por lo demás inalterada. Pero no justifica inventar una profundidad antigua exacta ni una tasa de levantamiento ininterrumpida.

La aparente paradoja surge de tratar una ubicación presente como una dirección permanente. Los fósiles conservan información sobre un ambiente anterior; las montañas muestran qué les ocurrió después a las rocas. La tarea científica es conectar esos registros sin confundirlos.

Lectura relacionada

El artículo 018, «¿Por qué es tan difícil predecir un terremoto?», pregunta por qué la evidencia de movimientos repetidos de una falla no proporciona un calendario exacto para la siguiente ruptura. Los dos artículos pueden leerse de forma independiente.

Referencias

[1] National Park Service, Grand Teton National Park. Fossils.

<https://www.nps.gov/grte/learn/nature/fossils.htm>

[2] National Park Service, Grand Teton National Park. Geologic Activity.

<https://www.nps.gov/grte/learn/nature/geology.htm>

[3] National Park Service, Grand Teton National Park. Teton Fault.

<https://www.nps.gov/grte/learn/nature/faults.htm>