

PROCESOS ENDÓGENOS Y EXÓGENOS DE LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LA TIERRA.

La meteorización, los procesos gravitacionales y la erosión se denominan **procesos externos** porque tienen lugar en la superficie terrestre o en sus proximidades y porque se alimentan de la energía solar. Los procesos externos son una parte básica del ciclo de las rocas porque son los responsables de la transformación de la roca sólida en sedimento.

La Tierra es un organismo dinámico. Algunas partes de la superficie terrestre se elevan de una manera gradual por la formación de montañas y la actividad volcánica. Estos **procesos internos** obtienen su energía del interior de la Tierra. Mientras tanto, procesos externos opuestos están continuamente rompiendo la roca y desplazando los derrubios a zonas de menor elevación. Estos últimos procesos son:

1. **Meteorización:** fragmentación física (desintegración) y alteración química (descomposición) de las rocas de la superficie terrestre, o cerca de ella.
2. **Procesos gravitacionales:** transferencia de roca y suelo pendiente abajo por influencia de la gravedad.
3. **Erosión:** eliminación física de material por agentes dinámicos como el agua, el viento o el hielo.

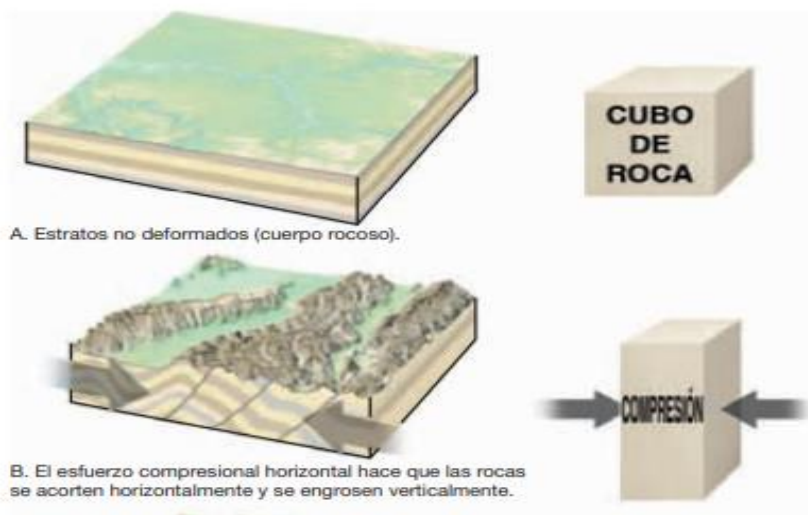
Como vimos hasta ahora, nuestra litósfera se encuentra en permanente cambio. Los procesos que ocurren en la profundidad (y también en la superficie como veremos más adelante) producen constantes cambios en la superficie del planeta.

Las rocas de la litosfera están sometidas a dos tipos de esfuerzos o presiones. El esfuerzo litostático o uniforme se genera cuando se aplican fuerzas de la misma magnitud en todas las direcciones. Este tipo de esfuerzo se debe al peso de la columna de roca suprayacentes y suele producir cambios de volumen en la roca. En cambio cuando las fuerzas son de mayor magnitud en una determinada el tipo de esfuerzo es diferencial o dirigido. Este tipo de esfuerzo se debe a fuerzas tectónicas y es el que normalmente produce deformaciones en las rocas punto Existen tres tipos de esfuerzos diferenciales:

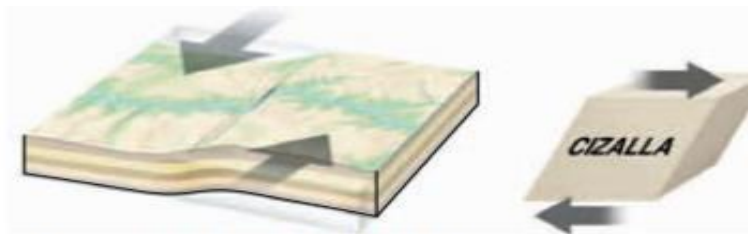
Tipos de esfuerzo

Cuando se aplica un esfuerzo en direcciones diferentes, se denomina **esfuerzo diferencial**. El esfuerzo diferencial que acorta un cuerpo rocoso se conoce como **esfuerzo compresivo** (*com* = junto; *premere* = presionar). Los esfuerzos compresivos asociados con las colisiones de las

placas tienden a acortar y engrosar la corteza terrestre plegándose, fluyendo o fracturándose (Figura 10.1B). Recordemos, de lo que hemos dicho de las rocas metamórficas, que el esfuerzo compresivo se concentra más en los puntos en los que los granos minerales están en contacto, provocando la migración de la materia mineral de las zonas de esfuerzo elevado a las zonas de esfuerzo bajo (*véa-*



◀ **Figura 10.1** Deformación de la corteza terrestre provocada por las fuerzas tectónicas y los esfuerzos asociados resultantes del movimiento de las placas litosféricas. **A.** Estratos antes de la deformación. **B.** Los esfuerzos compresionales asociados con las colisiones de las placas tienden a acortar y engrosar la corteza terrestre mediante pliegues y fallas. **C.** Los esfuerzos tensionales en los bordes de placa divergentes tienden a alargar los cuerpos rocosos mediante el desplazamiento a lo largo de las fallas en la corteza superior y el flujo dúctil en profundidad. **D.** Los esfuerzos de cizalla en los bordes de placa pasivos tienden a producir desplazamientos a lo largo de las zonas de falla. El lado derecho del diagrama ilustra la deformación de un cubo de roca en respuesta a los esfuerzos diferenciales que se ilustran en los diagramas correspondientes de la izquierda.



D. El esfuerzo de cizalla provoca desplazamientos a lo largo de las zonas de falla o por el flujo dúctil.

Tipo de esfuerzo			Tipo de deformación	
Tensión	Compresión	Cizalla		
				Indefornado
				Dúctil
			Fragil	

- Los esfuerzos de tensión que causan estiramiento o alargamiento de las rocas.
- Los esfuerzos de compresión que producen acortamiento.
- Los esfuerzos de cizalla que causan deslizamiento y traslación

Las rocas y sus cambios: meteorización.

Dijimos que las rocas van a sufrir cambios por los procesos internos de la tierra (endógenos) y por procesos en el exterior (exógenos). En esta clase abordaremos uno de los procesos exógenos: la **meteorización**.

La meteorización se produce cuando la roca es fragmentada mecánicamente (desintegrada) o alterada químicamente (descompuesta), o ambas cosas.

Tipos de meteorización



vs.



vs.



Meteorización mecánica

(sin cambios en la composición de la roca)



Meteorización química

(con cambios en la composición de la roca)



Meteorización biológica

(posibles cambios en la composición de la roca)



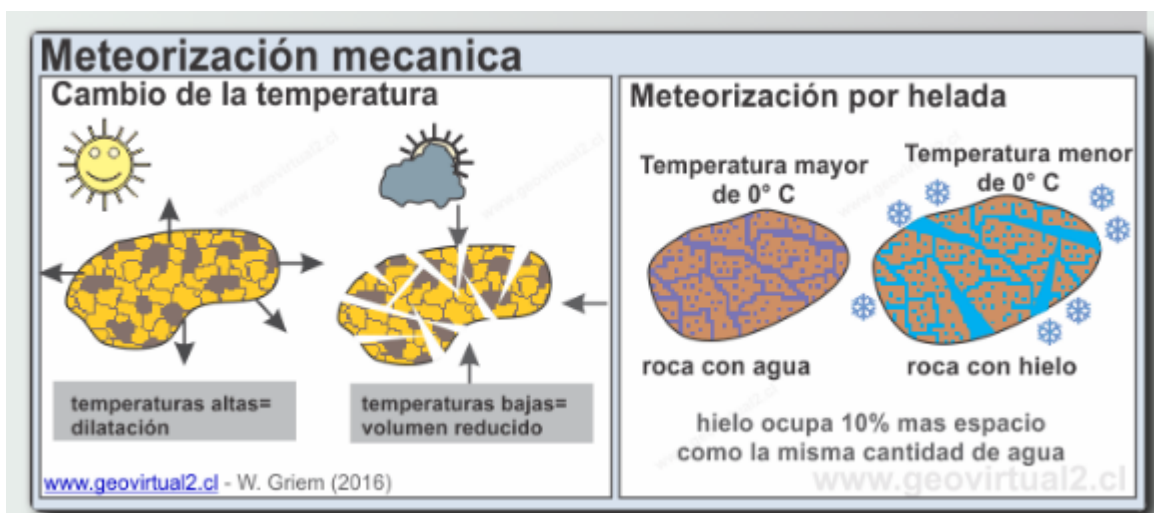
La **meteorización física** permite la disgregación del material original, y la presencia de fragmentos de rocas y minerales diseminados dentro del perfil de suelo.

Por su parte, la **meteorización química** se produce por el contacto de las rocas y minerales con el aire y sobre todo el agua, que los descompone y disuelve para dar lugar a la formación de nuevos compuestos en el suelo.

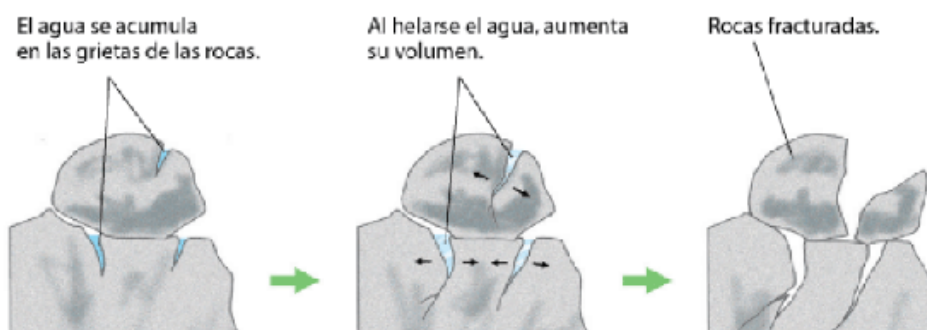
La **meteorización biológica** u orgánica consiste en la ruptura de las rocas por la actividad de animales y plantas

Meteorización Física

- **Acción del hielo:** En zonas frías donde la temperatura desciende por debajo de los 0°C de forma diaria o estacional, la acción de hielo-deshielo favorece la fragmentación de las rocas. Cuando el agua pasa de estado líquido a estado sólido experimenta un cambio de volumen que genera aumento de presión entre los espacios sobre las que se encuentra almacenada (como cuando olvidamos una botella de vidrio en el freezer)
- **Cristalización de sales:** Es un mecanismo parecido al anterior, pero se produce cuando las grietas de las rocas se llenan de disoluciones salinas muy concentradas. Al evaporarse el agua se cristalizan los cristales, provocando un aumento de volumen.
- **Abrasión:** es el desgaste de las rocas por fricción o choque con las partículas arrastradas por el aire o el agua.



- **Fragmentación por cuñas de hielo (gelifracción o crioclastismo):** el agua penetra en grietas y fracturas de la roca, y al aumentar de volumen al congelarse (9%) ejerce presión en las paredes que la albergan. Después de muchos ciclos repetidos de este proceso (día-noche, y/o estación fría-cálida) provocan la fractura de la roca en porciones angulares, que pueden acumularse en **canchales** o pedregales en las regiones montañosas.



- Descompresión: Es la distensión que se produce cuando rocas que se formaron en zonas profundas (a elevada presión), alcanzan niveles superficiales.
- Variaciones de temperatura: (oscilaciones térmicas diarias). En la mayoría de los casos por sí sola la variación de temperatura no produce fragmentación de las rocas, pero combinado con otros mecanismos de meteorización si puede generar efectos importantes.¹⁵

Meteorización química:

La meteorización química es más compleja que la mecánica ya que implica la transformación y aparición de nuevos compuestos y minerales.

Los principales agentes de meteorización química son los ácidos, el oxígeno y el agua presentes en la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera, que atacan algunos minerales destruyendo su estructura y liberando iones solubles a través de reacciones químicas complejas: Las principales son: disolución, hidrólisis y oxidación.

- Disolución: Es la reacción química de las rocas y minerales con el agua o un ácido. A través de este proceso en los que sales minerales solubles que forman una roca se disuelven en el agua, es decir, se rompen los enlaces entre los iones de las redes cristalinas y los iones liberados pasan a estar en solución en el líquido.
- Oxidación: El agua superficial contiene oxígeno atmosférico capaz de oxidar algunos elementos químicos de las minerales, especialmente el hierro (Fe). Por ejemplo, la oxidación de los iones de hierro (Fe), al combinarse con el oxígeno del agua subterránea, dan lugar a la Hematita (color ocre a rojizo) y otros óxidos de Fe hidratados como la limonita (color pardo amarillento), las cuales imprimen color a rocas y suelos
- Hidrólisis: La hidrólisis es la descomposición química de una sustancia, en este caso un mineral, cuando se combina con agua. Esta reacción genera la progresiva separación y lavado de la sílice, mica, feldspatos y cualquier otro elemento que componga la roca. Como consecuencia se forman minerales arcillosos y residuos metálicos arenosos¹⁶

Meteorización biológica

La meteorización biológica u orgánica consiste en la ruptura de las rocas por la actividad de animales y plantas. La construcción de madrigueras y la acción de las raíces de los árboles pueden provocar una acción mecánica, mientras que los efectos de la presencia de agua y diversos ácidos orgánicos, así como el aumento del dióxido de carbono, pueden complementar la meteorización alterando la roca.

- Descompresión: Es la distensión que se produce cuando rocas que se formaron en zonas profundas (a elevada presión), alcanzan niveles superficiales.
- Variaciones de temperatura: (oscilaciones térmicas diarias). En la mayoría de los casos por sí sola la variación de temperatura no produce fragmentación de las rocas, pero combinado con otros mecanismos de meteorización si puede generar efectos importantes.¹⁵

Geoformas endógenas y exógenas. Las geoformas del paisaje como expresión superficial de las interacciones entre procesos endógenos y exógenos

El paisaje geológico sufre modificaciones tanto a nivel endógeno como a nivel exógeno de forma constante (incluso en este momento mientras lees esto). Las rocas se desintegran o descomponen, se meteorizan, se desplazan a lugares más bajos en altitud ayudadas por agentes como el agua, viento o hielo, se depositan en zonas profundas en donde pueden sufrir procesos de compactación, generando nuevas rocas (sedimentarias), que, a su vez, dependiendo de las condiciones a las que son sometidas pueden generar otro tipo de rocas (metamórficas) o fundirse para comenzar nuevamente el ciclo de las rocas (que como recordarás lo hemos trabajado hace ya algunas clases). El proceso es constante, es un ciclo, en tiempos geológicos, pero continuo.

Dependiendo del proceso en cuestión vamos a tener como resultado diferentes geoformas, que son las formas que adopta el relieve a través de esos procesos que mencionamos anteriormente.

La formación de un paisaje está condicionada por factores como la composición y estructura de las rocas así como la composición de la estructura vegetal y el clima de la zona.

Procesos modeladores endógenos (Tectónica de placas, vulcanismo)

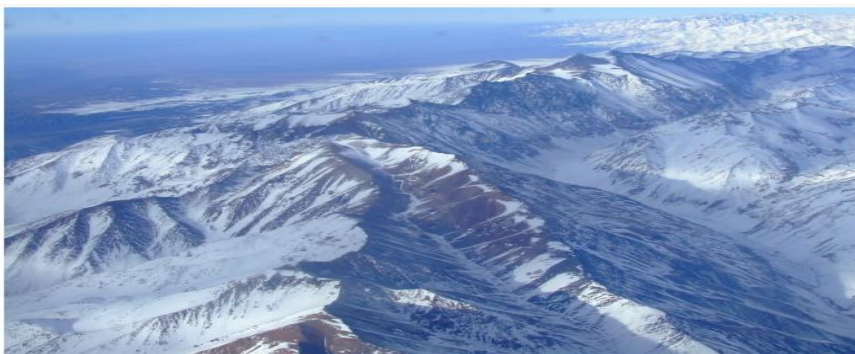
Repasemos ahora de qué manera se comporta el interior de la Tierra (procesos endógenos).

Como vimos en otras clases la corteza, o capa superficial de la Tierra, se encuentra fragmentada en las denominadas placas litosféricas o placas tectónicas, que se encuentran en movimiento interactuando entre sí.

A partir de la interacción de estas placas se van a generar diferentes procesos que van a dar por resultado diferentes paisajes geológicos.

Vamos a repasar estos procesos y enumerarlos a continuación.

- Orogénesis: la convergencia (obducción o subducción) de placas tectónicas da por resultado plegamientos y ascensos de placa lo que da por resultado la creación de volcanes y montañas.



- Vulcanismo "Durante décadas, los geólogos han sabido que la distribución global del vulcanismo no es aleatoria. De los más de 800 volcanes activos que se han identificado, la mayoría se encuentra a lo largo de los márgenes de las cuencas oceánicas, y, en particular, dentro del cinturón que rodea el Pacífico, conocido con

el nombre Anillo de Fuego . Este grupo de volcanes está formado principalmente por conos compuestos que emiten magma rico en volátiles con una composición intermedia (andesítica) que en algunas ocasiones producen erupciones aterradoras.



Los volcanes que comprenden un segundo grupo emiten lavas basálticas muy fluidas y se encuentran confinados en las cuencas oceánicas profundas, incluidos ejemplos famosos en Hawaii e Islandia. Además, este grupo contiene muchos volcanes submarinos activos que salpican el fondo oceánico; son notables en especial las innumerables pequeñas montañas submarinas que se hallan a lo largo del eje de la dorsal centro oceánica. A estas profundidades, las presiones son tan grandes que el agua marina no hierve de una manera explosiva, ni siquiera en contacto con lavas calientes. Por tanto, el conocimiento de primera mano de estas erupciones es limitado y procede principalmente de los sumergibles de gran profundidad.

Un tercer grupo incluye las estructuras volcánicas que están irregularmente distribuidas en el interior de los continentes.¹⁸

- Terremotos: Por último mencionaremos a los terremotos que si bien no crean nuevo relieve, sí pueden modificar de manera drástica el paisaje como veremos en las siguientes imágenes:

PROCESOS MODELADORES EXÓGENOS

Como se mencionó anteriormente, en la superficie de la Tierra intervienen diferentes agentes modelando el paisaje. A estos procesos se los denomina exógenos. Enumeramos a continuación los diferentes procesos exógenos:

- Meteorización: es la fragmentación física (desintegración) y alteración química (descomposición) de las rocas de la superficie terrestre.
- Procesos gravitacionales: es la transferencia de rocas en suelos con pendientes descendentes por influencia de la gravedad.
- La erosión: es el desgaste que sufre la superficie de la tierra por la acción de diferentes agentes modeladores.

Veremos a continuación algunos ejemplos de Erosión: eólica, hídrica y glaciar

Erosión eólica:

Son los procesos de degradación del relieve debido a la acción del viento.

Dentro de la acción erosiva se manifiestan dos procesos o tipos de erosión eólica:

- Erosión eólica por abrasión: el viento transporta elementos como la arena, que corta y pule la superficie rocosa que se encuentra expuesta, generándose modelos eólicos en la superficie. Este proceso genera algunas formas características en las rocas las cuales se conocen como ventifactos, yardangs, tafonis y rocas fungiformes.



Ventifacto



Yardang



Taffonis



rocas
fungiformes.



Fuente de las
imágenes:



- Erosión eólica por deflación: el aire sopla y barre, arrastra o levanta las partículas que se encuentran en el suelo. Así, hay tres tipos de deflación o transporte (que explicamos más abajo): saltación, suspensión y rodamiento o arrastre. Con este tipo de erosión eólica, al final se da el pavimento desértico y se pueden formar tres tipos de desierto: Reg o pedregoso, erg o arenoso y, por último, rocoso o montañoso.¹⁹



Desierto pedregoso



Desierto arenoso



Desierto montañoso

Erosión hídrica

Hay diferentes tipos de erosión debido al flujo del agua. Dicha erosión depende en gran medida de si el flujo de agua es continuo o no, de la velocidad del agua, de los obstáculos que se encuentre en el camino... No obstante, vamos a ver algunas claves para comprender el alcance de este fenómeno y conocer los diferentes tipos de erosión hídrica:

- Erosión hídrica en la superficie

El primer tipo de erosión hídrica que nos viene a la mente son los cursos de agua fluvial.



Valle en forma de V.

Los ríos y otras corrientes de menor tamaño son los responsables de modelar el terreno desde las altas montañas hasta las zonas costeras, pasando por una inmensa variedad de formas intermedias. En general, los cauces de los ríos tienen forma de V en las zonas más escarpadas, es decir, en las zonas montañosas, mientras que tienden a ensancharse en las zonas más planas.

Además, en las zonas montañosas suele arrastrar rocas de mayor tamaño.. También la lluvia produce erosión por el desprendimiento y el movimiento de las partículas del suelo delgado causado por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo.

- Erosión hídrica bajo tierra



Sin embargo, la erosión en superficie no es la única que encontramos. Especialmente en aquellas zonas que denominamos karst, el agua también modela el interior de la tierra, dando lugar a simas y cuevas con formaciones espectaculares, como estalactitas, estalagmitas o banderas (también llamadas velas).

Estalactitas y estalagmitas.

Fuente: <https://www.shutterstock.com/es/search/estalactitas>

- Erosión glacial

Aunque no es estrictamente erosión causada por el agua, encontramos también la erosión glacial, debida al paso del hielo, que puede arrastrar grandes formaciones rocosas. El agua también contribuye de forma significativa a la erosión cuando se produce criofractura, o fractura de la roca debido a la congelación del agua que queda entre los pequeños intersticios de la misma.



Glaciar de Briksdal, Noruega (2006).