

Los grandes escultores de la superficie terrestre

Los agentes geológicos externos cambian el relieve, por acción del agua de torrentes y ríos, del agua del mar, del hielo, de la atmósfera y del viento. También actúan los seres vivos, de forma natural, como las plantas, o artificial, como el hombre.

El proceso de destrucción y desmenuzamiento de materiales se llama **meteorización**.

Los materiales producidos por la actuación de esos agentes son transportados por el agua y el viento, produciéndose erosión tanto del terreno por el que pasan como de los propios materiales, que se van desgastando y redondeando.

Los materiales transportados sufren un proceso de sedimentación, por el que se depositan en las zonas más bajas de continentes y océanos, rellenándolas.

En resumen, los procesos producidos por los agentes geológicos externos y que modifican el relieve son:

- **meteorización.**
- **erosión.**
- **transporte.**
- **sedimentación.**

El relieve

El relieve es el resultado de la interacción de estos procesos con la geosfera a lo largo del tiempo. Cada agente lo hace de una forma característica, por tanto, el relieve final dependerá esencialmente del agente reinante en cada caso.

Por ejemplo, los ríos originan valles en forma de V, los glaciares son más anchos y excavan las laderas formando valles en U, o el viento arrastra la arena de unas zonas a otras, originando en las primeras desiertos de piedra y en las segundas campos de dunas.

El predominio de un agente u otro está influenciado, a su vez, por el tipo de clima. La disciplina de la Geología encargada de estudiar los relieves característicos asociados a cada clima se denomina **Geomorfología climática**.

Las morfologías finales no sólo dependen del clima, hay que tener también en cuenta los materiales sobre los que se actúa. No se obtienen los mismos resultados sobre rocas duras (magmáticas o metamórficas) que sobre blandas (arcillas); o sobre zonas de material homogéneo que sobre otras de material heterogéneo. La disciplina de la Geología encargada de estudiar los relieves desde este punto de vista se denomina **Geomorfología litológica**.

Las aguas que circulan por la superficie terrestre procedentes de las precipitaciones dan lugar al agente geológico de mayor importancia.

Sólo en regiones especiales como desiertos, la alta montaña o regiones polares, la acción del agua es sustituida por la acción del viento o los glaciares.

Meteorización

La meteorización puede ser de tres tipos: física, química y biológica.

- 1) **Física**. Consiste en la disgregación de las rocas en fragmentos menores, pero sin que cambie su naturaleza. La producen habitualmente los cambios de temperatura:
 - a) El agua se introduce en las pequeñas grietas de las rocas, y al congelarse aumenta su tamaño, por lo que presiona a la roca, que llega a romperse en trozos pequeños (**gelifracción**). Así se forman los canchales en las laderas de las montañas.
 - b) El mismo efecto se produce cuando las diferencias de temperaturas son muy grandes entre el día y la noche, ya que las dilataciones y contracciones continuas llegan a romper la roca.
- 2) **Química**. En este caso se altera la naturaleza de las rocas, que se transforman en sustancias diferentes. El principal agente es el agua.

Se producen óxidos e hidróxidos, más blandos, menos compactos y más solubles que la roca original. Se aprecia sobre todo en rocas que contiene hierro, que toman un aspecto rojizo o amarillento.

La carbonatación consiste en la acción del dióxido de carbono disuelto en agua sobre rocas formadas por carbonato de calcio. En el proceso se forma bicarbonato de calcio, que es soluble en agua, produciéndose la solubilización de la roca.

3) Biológica. Está producida por la acción de los seres vivos. Por ejemplo, las raíces de las plantas fracturan las rocas, disgregándolas, y los animales excavadores desmenuzan las rocas al construir sus madrigueras.

Erosión, transporte y sedimentación

La **erosión** es el desgaste de las rocas por acción de agentes externos (agua o viento). A diferencia de la meteorización los materiales erosionados son transportados a otros lugares.

El **transporte** es el traslado de los materiales originados por la erosión y meteorización. Este transporte se puede realizar de distintas formas (tanto en el caso del viento como del agua):

- Arrastre o rodadura (partículas grandes).
- Saltación, las partículas rebotan en el suelo, se elevan una cierta distancia y de nuevo caen repitiendo el ciclo.
- Suspensión, en el seno del aire o del agua para el caso de aquellas partículas más finas.
- Disolución, casos de partículas solubles como algunas sales minerales (obviamente, sólo posible en el caso de corrientes de agua).

La **sedimentación** es el depósito de los materiales transportados. Distinguimos entre sedimentación química y física.

-La **sedimentación química** se produce por **precipitación** de sales disueltas, es decir, cuando se sobresaturan las aguas que llevan dichas sales en disolución.

-La **sedimentación física** se produce por **decantación**, que consiste en el depósito de los materiales transportados cuando, por cualquier causa, disminuye la velocidad del agente transportador, por lo que cae la carga que lleva en suspensión.

La sedimentación puede hacerse de forma gradual o escalonada, de manera que primero se depositan los sedimentos de mayor tamaño y después los más pequeños, o bien de forma repentina quedando mezclados los sedimentos de distintos tamaños (cono de deyección).

Los procesos de erosión, transporte y sedimentación son llevados a cabo por los distintos agentes geológicos externos que actúan sobre la superficie terrestre (aguas de escorrentía, olas, glaciares y viento).

El agua

El agua puede actuar en la meteorización. También como agente erosivo, como agente transportador de materiales y puede favorecer la sedimentación.

El agua, como agente modelador del paisaje, puede actuar de muy diversas formas: aguas salvajes, torrentes, ríos, glaciares, aguas subterráneas o de infiltración, aguas oceánicas.

Por todo ello, es el agente que tiene mayor actividad geológica externa y el más importante.

1) Aguas de arroyada o salvajes. Cuando el agua desciende por las laderas, después de las precipitaciones (la lluvia o el deshielo), se forman las aguas de arroyada (aguas superficiales que aún no están encauzadas). Circulan después de, sin cauce fijo por las zonas de máxima pendiente. Forman una película de agua que recorre la superficie del terreno hasta alcanzar el cauce de un río, un torrente o hasta infiltrarse en el subsuelo.

Cuando las precipitaciones son intensas y caen sobre superficies irregulares, la erosión y transporte de materiales produce surcos, más o menos paralelos, denominados **cárcavas**. En un

principio son de pocos centímetros de profundidad, pero con el tiempo se van agrandando hasta originar surcos profundos denominados **barrancos**. Las cárcavas y barrancos son frecuentes en rocas blandas como las arcillas.

En zonas áridas, con escasa vegetación y lluvias torrenciales, forman terrenos abarrancados y acaravados que reciben el nombre de tierras malas o **bad-land**, ya que la erosión ha eliminado el suelo superior rico en nutrientes. En España son comunes en la zona del levante.

Factores que influyen sobre la erosión de estas aguas:

- La pendiente del terreno: La velocidad del agua es mayor cuanto mayor es la pendiente (mayor fuerza erosiva).
- La presencia o ausencia de vegetación: La vegetación retiene el agua, disminuye su velocidad y mantiene “protegido” al suelo. Los terrenos sin vegetación se erosionan fácilmente.
- La naturaleza de las rocas: Algunas rocas se disgregan con más facilidad que otras por la acción de las aguas de escorrentía. Así, las arcillas y los conglomerados son fácilmente erosionables.

Los materiales que transportan las aguas de escorrentía se sedimentan al disminuir la pendiente y la fuerza del agua.

2) **Torrentes**. Recogen las aguas de arroyada próximas y las encauzan, siendo cursos de agua no permanente que circulan por un cauce fijo. Generalmente desembocan en ríos o torrentes mayores. Distinguimos dos tipos:

a) **Torrentes de montaña**: Recogen el agua procedente de las lluvias y del deshielo. Se dividen en tres partes:

- **Cuenca de recepción**: Es la zona más alta del torrente. Tiene forma de embudo y en ella se recogen las aguas salvajes de la lluvia o del hielo que alimentan el torrente. Hay una fuerte pendiente por lo que la velocidad y la fuerza del agua son elevadas, lo que puede favorecer el deslizamiento de laderas. En este tramo se produce una intensa erosión.
- **Canal de desagüe**: Es un canal estrecho de gran pendiente por el que circula el agua a gran velocidad. En este tramo predomina el transporte de los materiales, aunque también hay una fuerte erosión de fondo, lo que favorece el derrumbe de las vertientes al socavarse la base.
- **Cono de deyección**: Es el tramo final del torrente. La pendiente disminuye bruscamente por lo que la mayoría de los materiales transportados son depositados en este lugar (se forma un depósito de sedimentos de granulometría muy heterogénea).

b) **Torrentes de zonas áridas**: Los cauces de estos torrentes permanecen secos gran parte del año, ya que las lluvias son escasas y de régimen torrencial. Se caracterizan por estar situados en zonas de poca pendiente y por tener un cauce ancho y plano. Estos torrentes reciben el nombre de **ramblas**, muy frecuentes en la región mediterránea.

3) **Ríos**. Son cursos de agua permanente que circula por un cauce fijo. Desemboca en el mar, un lago u otro río, en este caso se denomina afluente. El agua del río también puede infiltrarse y pasar a formar parte de las aguas subterráneas.

Generalmente en un río se pueden distinguir tres tramos o cursos:

a) **Curso alto**: Es la parte inicial del recorrido del río. Se caracteriza por la fuerte pendiente. El agua circula a gran velocidad y con mucha fuerza por lo que predomina la erosión de las rocas. Esta erosión origina con el tiempo la “profundización” del río en el terreno, dando lugar a morfologías características, como son los **valles en v**, o **desfiladeros** y **gargantas** en los casos en que esta profundización hubiese dado lugar a paredes de gran pendiente.

b) **Curso medio**: Es el tramo intermedio entre la zona de nacimiento y la desembocadura. Aumenta su caudal por el aporte de otros ríos o aguas subterráneas. Se caracteriza por tener la pendiente más suave por lo que el agua desciende con menor velocidad y menos fuerza. En este tramo predomina el transporte de materiales.

Morfologías características de este tramo (también compartidas con las del curso bajo) son:

- **Meandros**. Son curvas a modo de sinuosidades descritas por el curso del río. Estas curvas pueden ir pronunciándose debido a que la erosión es mayor en la orilla cóncava (mayor velocidad del agua), y menor en la convexa (sedimentación). El meandro va evolucionando hasta que la propia curvatura llega a “estrangularlo”, uniéndose entonces dos ramas rectas del río y originando una laguna en forma de herradura semicircular.

- **Llanuras aluviales:** Son depósitos de materiales sedimentados a ambos lados del cauce. Se forman durante la crecida de los ríos. En época de fuertes lluvias, el río sale del lecho e inunda las tierras contiguas. Las aguas, al llevar poca velocidad, depositan los materiales (limos y arcillas) en los terrenos inundados.
 - **Terrazas fluviales.** Son depósitos escalonados en las márgenes de los ríos. Se producen por la alternancia de periodos de erosión y sedimentación. Esta alternancia de periodos se debe a variaciones climáticas ocurridas durante el cuaternario, en el cual se produjeron las glaciaciones vertientes al socavarse la base.
- c) **Curso bajo:** Es la zona próxima a la desembocadura. En esta zona la pendiente es casi nula, por lo que el agua discurre con gran lentitud, predominando la sedimentación de materiales. La morfología más característica de este tramo son los deltas. :
- **Deltas.** Son depósitos de materiales transportados por el río en la desembocadura. Presentan forma triangular (como la letra delta griega) con el vértice hacia el continente. Se forman en zonas poco profundas y tranquilas, donde la erosión originada por el oleaje y las corrientes marinas son bajas.
 - **Estuarios.** Son desembocaduras libres de aluviones. Se forman cuando los materiales que deposita el río son transportados por las corrientes marinas hacia el interior. Durante la marea alta el agua marina penetra en el cauce fluvial produciendo un cambio de salinidad.

Los Glaciares

Los glaciares son masas de hielo que se desplazan, por efecto de la gravedad, desde los niveles elevados a niveles de altura inferior. El movimiento de los glaciares origina procesos de **erosión, transporte y sedimentación**. Estos procesos se producen de forma diferenciada en las distintas partes del glaciar. Las partes que se distinguen en un glaciar de **tipo alpino** son:

- **Circo glaciar**

Es una gran depresión rodeada de montañas donde se ha acumulado gran cantidad de hielo. En esta zona la nieve se compacta y se transforma en hielo (neviza) por efecto de la presión de las capas superiores. El hielo erosiona el terreno que lo contiene, formando paredes verticales, abruptas, con picos muy pronunciados y aristas que originan formas de montañas afiladas.

El circo glaciar tiene una zona de salida, por donde el río de hielo desciende a cotas más bajas. La diferencia de pendiente entre la depresión del circo y la ladera de la montaña por donde desciende provoca que el hielo se rompa, formándose grandes grietas denominadas **crevasses**.

- **Lengua glaciar**

Es una gran masa de hielo que desciende por la ladera de la montaña movida por acción de la gravedad. La velocidad es mayor en la zona central y superior de la lengua glaciar, siendo más lenta en los laterales y en el fondo, debido al rozamiento que sufre contra el terreno.

- El movimiento del hielo produce una excavación en la roca. La lengua se va encajando en el terreno y, cuando el hielo se retire, aparecerá un valle con forma de "U".

- **Zona de ablación**

En esta zona el hielo se funde, surgiendo de la lengua, con fuerza, un torrente o un río, como el caso del Ródano.

Esta zona puede avanzar o retroceder, dependiendo de las condiciones climáticas. En el lugar donde termina la lengua glaciar (morro) se depositan grandes bloques rocosos. Los materiales más finos pueden ser transportados por el torrente que se ha formado o, incluso, por el viento. El conjunto de materiales de distinto tamaño que van arrastrados por la lengua glaciar recibe el nombre de **morrena frontal**.

Cada glaciar se mueve con su propia velocidad. Por ejemplo, el glaciar más rápido se encuentra en el Himalaya, con una velocidad en la zona lateral de 25 mm por hora y en la zona central de 1,25 metros por hora. Otros glaciares, como el Glaciar Unteraar, en el que un fragmento de hielo tardaría en recorrer los 24 Km. de la lengua 342 años.

Este modelado recibe el nombre por una región eslovena en la que se produce este relieve y fue estudiado por primera vez.

Paisaje Kárstico

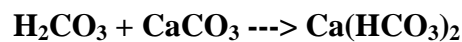
Las calizas, rocas compuestas de carbonato de calcio (CaCO_3) y se caracterizan por:

- * Ser impermeables, aunque dejan pasar el agua con facilidad cuando están agrietadas a través de sus fracturas.
- * Ser insolubles en agua, aunque sí solubles cuando el agua va cargada de CO_2 , dando lugar a bicarbonatos según la siguiente reacción.



Este ácido ataca a la caliza formando bicarbonato cálcico.

ácido carbónico + caliza ---> bicarbonato cálcico



Este proceso se llama **carbonatación** y de esta manera la caliza es arrastrada en disolución.

Si la disolución de la caliza se inicia en la superficie da lugar a formaciones exocársticas, pero el agua infiltrada por las grietas y fisuras continúa la disolución en el interior, originando una serie de formaciones llamadas endocársticas.

Las principales formas **exocársticas** son:

- Lapiaz o Lenar:** conjunto de canales, surcos y oquedades producidos por el ensanchamiento de las fisuras de la caliza.
- Simas:** Son conductos verticales que se abren en la superficie, que tienen su origen a partir de una grieta que se ensancha por la disolución de la caliza. Generalmente desembocan en una gruta. Suelen ser sumideros de las corrientes superficiales. Cuando un río se precipita por una sima, se llama sumidero cárstico y el punto donde el río sale otra vez a la superficie se le llama turgencia cárstica.
- Dolinas:** Son depresiones en forma de embudo. Pueden formarse por disolución de la caliza o por el hundimiento o colapso del techo de una gruta. Pueden llegar a tener desde varias docenas de metros hasta varios kilómetros de diámetro y 200 metros de profundidad. Su fondo está ocupado por arcillas, recubiertas de vegetación o bien puede estar ocupado por el agua formando lagunas. Si se produce la unión de más de varias dolinas dan lugar a una depresión mayor llamada **uvala**, y la unión de uvalas forma **poljes**, que son depresiones que pueden tener varios km^2 de extensión.
- Cañones cársticos:** Son valles de paredes verticales.

Las formas **endocársticas** son:

- Galerías:** Conductos horizontales originados por el ensanchamiento de grietas.
- Cuevas:** Ensanchamiento de las galerías en las regiones donde se cortan dos o más grietas o galerías. También se denominan grutas o cavernas.
- Estalactitas y estalagmitas:** El agua que gotea del techo de la gruta, así como la que cae al suelo, lleva bicarbonato disuelto. Al evaporarse el agua éste precipita en forma de carbonato cálcico originando estructuras columnares que cuelgan del techo (estalactitas) o surgen verticales desde el suelo (estalagmitas). Ambas estructuras se pueden unir formando columnas.

Formación geológica	Formas de erosión	Transporte	Formas de sedimentación
Glaciares	Circo y valles en U	Lengua, morrenas	Zona de ablación
Aguas de arroyada	Cárcavas, barrancos, chimeneas de erosión		Ramblas y uadi
Torrentes	Canal de desagüe		Cono de deyección
Ríos	Valles en V, rápidos y cascadas		Valles en artesa
Desiertos	Abrasión=desgaste rocas	Viento	Dunas, loess, ergs
Costas	Acantilados y plataformas de abrasión		Playas, ensenadas, flechas o barras litorales, tómbolos, albuferas, deltas y estuarios
Proceso kárstico	Dolina, sima, estalactitas, estalagmitas, pozo, galería		Terra rossa