



Contenidos

1. PANORAMA:
El relieve y los procesos que lo moldean.
2. ¿Cómo se ha formado el paisaje actual?
3. La meteorización y el suelo.
4. Los procesos fluviotorrenciales.
5. Los procesos marinos. El modelado litoral.
6. Los procesos eólicos y bióticos.
7. Modelado kárstico y modelado glaciar.
8. Sistemas morfoclimáticos.

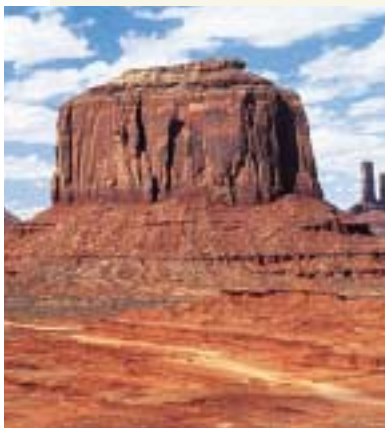
MEDIO AMBIENTE EN EL AULA

- Salvar el delta del Ebro

EXPRESA LO QUE SABES

1. Observa las fotografías y responde a las preguntas.

- ¿Qué se puede apreciar en estas fotografías? ¿En qué se diferencian los dos paisajes?
- Estos paisajes, ¿por qué tienen esas formas y no otras? ¿Cuáles son los factores que han actuado para que esos dos lugares tengan actualmente este aspecto?
- ¿En cuál de los dos lugares puede tener más importancia la acción del viento como agente modelador del paisaje? ¿Por qué?



2. Indica cuáles de las siguientes palabras están relacionadas, de alguna manera, con el paisaje y su modelado.

- | | |
|-------------------|---------------|
| • Sedimentación. | • Excavación. |
| • Transporte. | • Viento. |
| • Meteorización. | • Erosión. |
| • Seres vivos. | • Mares. |
| • Olas. | • Ríos. |
| • Aguas salvajes. | • Torrentes. |
| • Dunas. | • Loess. |
| • Cárcavas. | • Albufera. |
| • Cordón litoral. | • Playas. |



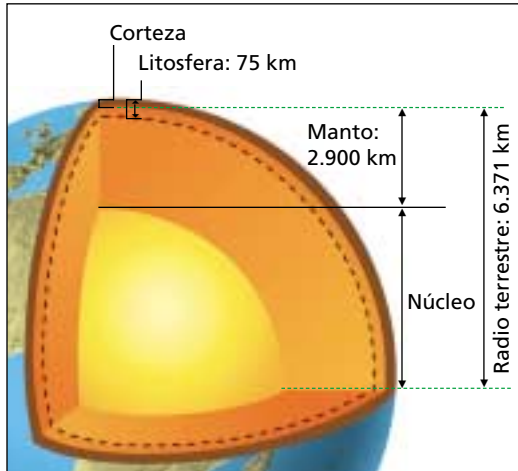
¿QUÉ DEBES SABER?

Conceptos previos de Geología

1. La estructura de la Tierra

Recuerda que nuestro planeta está formado por tres capas que, de la superficie de la Tierra al centro, son: la corteza, el manto y el núcleo.

La corteza y la parte superior del manto, que está en contacto con la anterior, forman la litosfera.



2. Las rocas y los minerales

Las rocas son los componentes básicos de la corteza terrestre. Están formadas por un solo mineral o por varios.

Los minerales se diferencian de las rocas porque, mientras que la composición química de éstas es variable (dentro de ciertos márgenes), la composición de los minerales es siempre la misma, sea cual sea el lugar de la Tierra del cual provienen.



PIENSA Y RESPONDE

- La muestra de la fotografía corresponde a la pirita. Sabemos que la pirita está formada por una sustancia denominada sulfuro de hierro. Cuando examinamos muestras de pirita procedentes de lugares distintos, comprobamos que todas están formadas por ese compuesto. Entonces, ¿se trata de un mineral o de una roca?

3. La acción geológica de los ríos, el mar y el viento

La acción de los ríos, del mar, del viento y la de otros agentes hace que el paisaje cambie.

A lo largo de centenares y de miles de años, estos agentes actúan sobre las rocas preexistentes y las fragmentan, arrancando pequeños fragmentos y transportándolos a otros lugares, donde se acumulan. El resultado de esta acción es el cambio gradual del paisaje, y la aparición de unas formas geológicas características.

La acción geológica de estos agentes comprende tres procesos: la erosión, el transporte y la sedimentación.

Conceptos previos de Física y Química

1. La dilatación anómala del agua

Al contrario que otras sustancias, cuando el agua se congela aumenta de volumen. Este hecho tiene una gran importancia en muchos procesos. Desde el punto de vista de los cambios que se producen en el paisaje, no interesa porque, como veremos más adelante, puede causar la fragmentación de las rocas.

2. Los precipitados

Decimos que el soluto de una disolución ha precipitado cuando se vuelve sólido y se deposita. Esto sucede, por ejemplo, cuando en una disolución acuosa tiene lugar una reacción química y, como resultado, se forma un compuesto que no se puede disolver en agua: aparece una nueva sustancia que forma lo que se llama un precipitado.



Formación de un precipitado. Tras una reacción química, en la disolución aparece un compuesto no soluble.



1. Concepto de relieve

Llamamos **relieve** a las rugosidades y deformaciones presentes en la corteza terrestre. Forman parte del relieve las grandes estructuras geológicas, como las cordilleras, y también formaciones que son pequeñas a escala planetaria, como las playas y los acantilados.

Las diferencias en el relieve de las distintas zonas de la Tierra se deben a numerosos factores. Estos **factores del modelado del relieve** son los siguientes:

- **Factores litológicos:** se refieren a las rocas que forman el terreno en un lugar concreto. Las características de las rocas influyen en las formas del relieve del lugar: así, por ejemplo, las rocas muy blandas, fácilmente erosionables, dan lugar a relieves suaves, mientras que las duras suelen originar relieves más agrestes, en los que predominan las formas angulosas.
- **Factores estructurales:** las estructuras geológicas iniciales de una zona influyen también en el modelado del relieve. Así, por ejemplo, en una costa alta se pueden formar acantilados por la erosión debida a la acción de las olas, mientras que en una costa baja aparecen formas como las playas, los cordones litorales, etc., asociadas a la sedimentación. En el caso de los ríos, la fuerte pendiente de las montañas hace que la corriente sea fuerte, con lo que su poder erosivo es mayor. En cambio, en zonas más llanas, las pendientes suaves hacen que la corriente sea menos intensa, predominando entonces el transporte y la sedimentación.
- **Factores dinámicos:** son los que están relacionados con los procesos que construyen el paisaje. El resultado de la actuación de los diversos agentes externos (ríos, mares, viento, etc.) e internos da lugar a paisajes diferentes.
- **Factores climáticos:** las diferentes condiciones climáticas influyen también poderosamente en el relieve. De ahí que existan muchas diferencias entre el relieve típico de las zonas desérticas y el de las zonas templadas. Esto se debe a que, en cada tipo de clima, actúan con más intensidad unos u otros agentes externos modeladores del relieve: así, por ejemplo, en el desierto es mucho más importante la acción del viento que la del agua, y esto da lugar a relieves característicos.



Las formas actuales del relieve se deben a la interacción de factores litológicos, estructurales, dinámicos, climáticos y antrópicos.

- **Factores antrópicos:** relacionados con la acción humana. Esta acción no es demasiado intensa si la comparamos con otros factores, pero puede producir cambios importantes a nivel local. Un ejemplo es la voladura de partes de montañas para la construcción de carreteras, o la creación de embalses. Ambas acciones tienen un efecto a medio plazo sobre el relieve, pues alteran la actuación de los otros agentes externos.

2. Los cambios en el relieve terrestre y la energía

Ya sabemos que los procesos geológicos que modifican la superficie terrestre se suelen denominar internos o externos. Esta diferenciación no se basa en el hecho de que afecten al interior o al exterior de las capas rocosas del planeta, sino en la localización de las fuentes de energía que producen los cambios.

Los **procesos internos** se desencadenan, básicamente, a causa de la energía interna almacenada en el interior del planeta. Los **procesos externos** tienen su origen en una distribución desigual de la energía solar sobre la superficie terrestre. En ambos casos los procesos están sometidos a la influencia del campo gravitatorio de la Tierra.



3. Los procesos geológicos que modifican la superficie terrestre



Procesos externos. La interacción de la parte rocosa del planeta con la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera produce continuas transformaciones de la superficie terrestre, mediante la meteorización, la erosión, el transporte y la sedimentación de los materiales. Por su acción transformadora, estos procesos se suelen considerar destructores de las formas preexistentes en el relieve.



Procesos internos. La dinámica interna de la Tierra aporta de manera intermitente nuevos materiales a la corteza terrestre o deforma los preexistentes. Se manifiesta, principalmente, por la actividad volcánica, la actividad sísmica y la actividad tectónica. Estos procesos se suelen considerar constructores, ya que dan origen a las grandes estructuras geológicas del planeta, como las cordilleras.

LOS PROCESOS INTERNOS

Actividad	Procesos que lleva a cabo
Volcánica	Permite la salida directa de materiales magmáticos al exterior de la corteza terrestre. Los magma s son masas de rocas fundidas, muy ricas en gases, que se encuentran a temperaturas entre los 700 y los 1.200 °C. La erupción de un volcán es la culminación de un lento proceso de formación y ascenso de un magma desde la base de la corteza o del manto superior, y es la prueba más evidente de actividad volcánica. De la misma manera, también se denominan volcanes los materiales geológicos que testimonian la existencia de antiguas erupciones.
Sísmica	Se debe al hecho de que en determinadas zonas de la corteza terrestre se producen tensiones o fricciones entre conjuntos rocosos rígidos. Cuando la energía acumulada durante un tiempo determinado se libera de manera instantánea, se produce un terremoto . Las ondas sísmicas transmiten esta energía elástica a través del planeta y pueden deformar los materiales existentes.
Tectónica	Determina que la parte externa de la Tierra está continuamente sometida a un lento movimiento que desplaza los conjuntos rocosos. Grandes fragmentos, llamados placas tectónicas , que forman la litosfera, se mueven separándose, acercándose o rozándose lateralmente. La evolución de estas placas a lo largo de la historia de la Tierra permite explicar, entre otros fenómenos, la formación de los océanos, la movilidad de los continentes o la aparición de algunas cordilleras. En los límites entre las placas tectónicas se localiza la mayor parte de la actividad sísmica y volcánica del planeta.

ACTIVIDADES

Recordar

1. Haz un cuadro que resuma los principales factores que influyen en el modelado del relieve. Incluye los ejemplos que se citan en el texto.

Explicar

2. Responde a las preguntas.

- ¿Por qué, en la Luna, los procesos externos son casi inapreciables?
- ¿Por qué denominamos destructores a los procesos externos y constructores a los internos, si ambos tipos de procesos geológicos pueden destruir y construir?
- ¿Por qué puede tener influencia en el relieve la creación de un embalse? ¿Qué sucede con el río embalsado?
- ¿Cómo influyen en el modelado del paisaje los terremotos y las erupciones volcánicas?



OBSERVACIÓN

1. Un valle de alta montaña

Observa esta fotografía y responde a las preguntas que se plantean a continuación.



- El paisaje de este valle, ¿siempre ha tenido el mismo aspecto o ha cambiado a lo largo de los siglos? ¿Por qué?
- ¿Cuáles pueden haber sido los procesos responsables de la forma que tiene el valle actualmente?
- ¿Qué otros ejemplos conoces de formas del relieve que hayan sido modeladas por procesos externos?

2. El modelado del paisaje

Las montañas, los valles, los acantilados y las playas que podemos ver en algunos lugares de nuestro planeta no siempre han tenido el aspecto con el que les vemos hoy en día. También serán diferentes dentro de diez, cien, mil o un millón de años.

De manera similar al proceso de construcción de un edificio que no terminase nunca, podríamos imaginar que los procesos internos son los principales responsables de los grandes rasgos de la arquitectura del paisaje. Ayudan a situar los cimientos, los pilares, los «bloques en bruto» de los grandes conjuntos rocosos. Los procesos externos son los que modifican estas piezas y modelan el relieve, en una actuación constante desde el origen de la Tierra.

3. Los agentes y los flujos de energía

Los procesos externos necesitan unos agentes y unas fuentes de energía para poder actuar.

Un **agente externo** es un cuerpo material capaz de producir cambios sobre los materiales geológicos como consecuencia de una entrada de energía. Los agentes geológicos externos más activos son el **agua**, en todos sus estados (hielo, líquido y vapor) y el **aire**; pero tampoco podemos dejar de lado la acción constructiva y destructiva de los **seres vivos** (y del **ser humano**).

Los agentes por sí mismos, como elementos estáticos, no podrían producir transformaciones importantes. Hace falta «que actúen». Su dinamismo se debe a las modificaciones que experimentan cuando reciben o pierden energía. La principal **f fuente de energía** que alimenta los cambios externos de la Tierra es la **radiación solar**, que actúa sobre la atmósfera y la hidrosfera. Con una influencia menor, también puede producir cambios la fuerza de la **atracción gravitatoria de la Luna y del Sol**, por medio de las mareas.

Por otra parte, la **gravedad** es muy importante. El campo gravitatorio de la Tierra hace que los objetos tiendan a desplazarse continuamente desde posiciones elevadas a posiciones más bajas. El aire frío baja por los valles desde las cimas, los ríos fluyen desde el nacimiento hasta la desembocadura, las piedras caen desde las cimas de las montañas hasta los fondos marinos, etc.



Cascada. ¿A qué es debido el movimiento del agua de los ríos?



4. Los procesos, los factores y las formas

Se llaman **procesos** el conjunto de fenómenos, estados y formas que resultan de la acción geológica de los distintos agentes.

Los procesos se suelen agrupar en función del agente principal que los produce. Así, hablamos de procesos **eólicos**, cuando los origina el movimiento del aire (el viento); **fluviotorrenciales**, cuando son el resultado de la acción de las aguas dulces sobre los continentes; **marinos**, cuando son producidos por la acción de las aguas de mares y océanos sobre las costas; **glaciares**, cuando derivan de la acción de las grandes masas de hielo; **bióticos**, cuando los causan los seres vivos; y **antrópicos**, si son el resultado de la actividad humana.

A veces, los procesos se conocen por el lugar geográfico en el que actúan los agentes: procesos litorales, fluviales, etc. También se pueden clasificar según el fenómeno que predomina: procesos de alteración, de erosión, de transporte, etc. La mayoría de los procesos comportan un transporte de materia asociado con la acción de un agente, y pueden producir, indistintamente, **formas de erosión** o **de acumulación**.

El clima, la composición y la estructura de las rocas, se consideran **factores condicionadores**, porque determinan la efectividad de la actuación de los agentes y de los procesos, y favorecen o dificultan la formación de un determinado relieve.

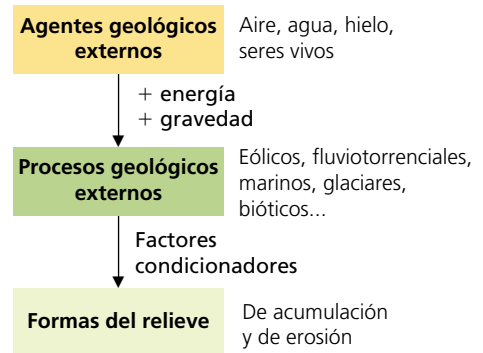
5. La dinámica de los procesos

Podemos considerar la Tierra como un **sistema**, en el que todos los elementos naturales y los fenómenos establecen relaciones de dependencia. Los procesos geológicos son un ejemplo más de esta interacción entre factores que implican un flujo constante de materia y energía. Nuestro planeta es un sistema cerrado por lo que respecta a la materia (ésta no entra ni sale) y abierto en lo referente a la energía (entra la energía procedente del Sol). Resulta útil, a veces, utilizar el concepto de ciclo para entender el funcionamiento de algunos procesos.

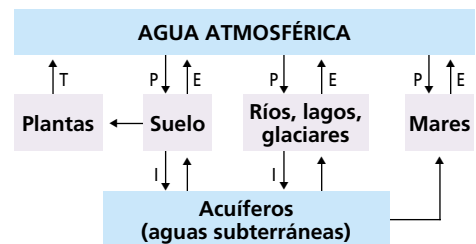
Un **ciclo** es un modelo teórico que esquematiza las diferentes fases y cambios que experimenta la materia. El ciclo del agua o los ciclos de erosión y de formación de relieves son algunos ejemplos muy conocidos.

La velocidad y la intensidad con que se producen los procesos también son factores a tener en cuenta para comprenderlos.

- Algunos fenómenos y cambios son rápidos en la escala de tiempo humana (una inundación, la erosión de una playa...); otros son casi imperceptibles (la formación de un valle).
- Algunos procesos actúan casi constantemente, otros lo hacen de manera brusca sólo en determinados momentos.



Esquema de la actuación de los agentes y los procesos hasta originar unas determinadas formas del relieve.



Esquema simplificado del ciclo del agua. T = transpiración; P = precipitación; E = evaporación; I = infiltración.

ACTIVIDADES

Recordar

1. Explica qué es un proceso, qué es un agente y qué son los factores condicionadores.
2. Haz una lista de las fuentes de energía naturales que, en mayor o menor grado, permiten la acción de los agentes geológicos externos en la Tierra.



OBSERVACIÓN

1. Un suelo sobre rocas calizas**Observa la fotografía y responde.**

- ¿Cómo es la zona donde están las raíces de las plantas? ¿En qué se diferencia de la zona inferior? ¿Qué procesos hacen que se fragmenten las rocas de la fotografía?

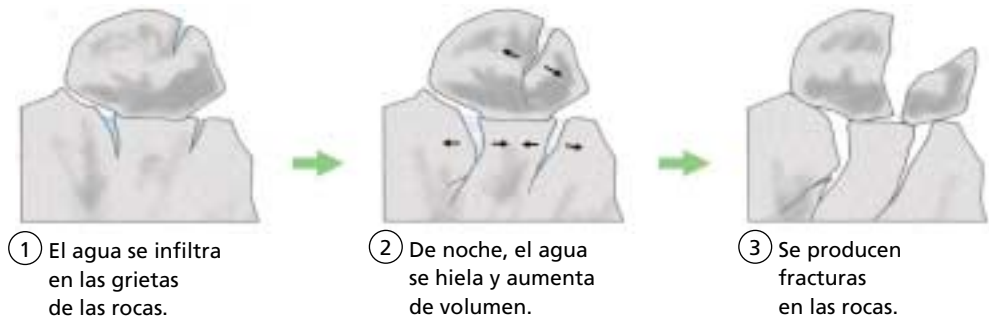
**2. La meteorización**

Pese a su aspecto inerte, las rocas no son inalterables. Es fácil imaginar que pueden cambiar si pensamos que, normalmente, se originan en unas condiciones físicas y químicas muy diferentes de las que existen en la superficie de la Tierra o en sus proximidades.

La **meteorización** es un ejemplo de alteración de las rocas. Se produce cuando los agentes externos actúan fragmentando o descomponiendo las rocas casi sin desplazar los residuos que resultan de esa alteración. La meteorización facilita la acción erosiva de otros procesos. La presencia mayoritaria, en la superficie continental del planeta, de una capa de suelo de grosor variable, es una prueba evidente de los procesos de alteración de las rocas.

Un ejemplo de meteorización física.

Meteorización causada por el proceso de congelación y fusión del agua.

**3. La meteorización física**

Se habla de **meteorización física** de una roca cuando ésta se fragmenta, se disgrega o se pulveriza por la acción de procesos mecánicos. En este caso, la transformación de la roca consiste en un simple desmenuzamiento, sin que tenga lugar ninguna transformación mineral.

Entre las fuentes de esfuerzos mecánicos más comunes de la meteorización física están las variaciones de presión, temperatura y humedad.

Uno de los ejemplos más conocidos es la fragmentación de las rocas a causa del crecimiento de cristales de hielo. Tiene lugar en zonas donde las variaciones de temperatura permiten que el agua líquida, que ha penetrado en los poros o las grietas de la roca, se hiele y se deshiele repetidamente. Como el agua, cuando se congela, aumenta de volumen, actúa como una cuña y rompe la roca.

4. La meteorización química

La **meteorización química** de una roca tiene lugar cuando los agentes atmosféricos, hidrosféricos o biológicos actúan sobre las rocas y transforman los minerales que las forman. La alteración química es el resultado de reacciones químicas que hacen aparecer otras formas minerales estables bajo las nuevas condiciones ambientales.

El agua es el vehículo más importante de la meteorización química, tanto por su gran poder disolvente como por la elevada reactividad de las sustancias que arrastra. Los gases del aire y algunos compuestos orgánicos segregados por los seres vivos, también pueden alterar las rocas.

Entre las reacciones de meteorización química más frecuentes están la hidratación, la disolución, la hidrólisis, la carbonatación y la oxidación.



5. El suelo

El **suelo** es un agregado natural más o menos grueso que recubre la superficie terrestre y que permite el sostenimiento de una presencia vegetal y animal. Suele ser un material suelto y poroso compuesto por partículas de origen mineral, materia orgánica y por agua y gases que ocupan los espacios libres.

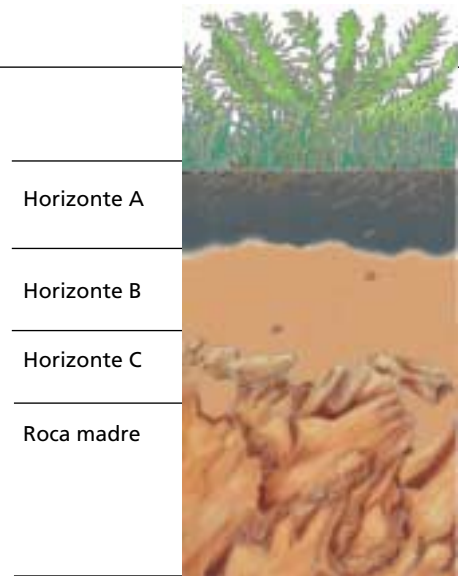
Los suelos no son simples acumulaciones de sedimentos. Se forman muy lentamente, bajo la influencia de cinco factores:

- La **roca madre**, material geológico original sobre el cual se forman los suelos. A veces se originan a partir de la meteorización de rocas compactas; en otros casos derivan de sedimentos poco compactados (gravas, arenas o arcillas). La roca madre aporta al suelo sus componentes minerales.
- El **clima** influye en el proceso de formación del suelo. El agua aportada por las precipitaciones y la temperatura son los elementos climáticos más importantes. Ambos factores facilitan la alteración de las rocas, permiten la vida de los animales y de las plantas y la descomposición de la materia orgánica. En zonas de climas muy fríos, como los polos, o muy áridos, como los desiertos, difícilmente se forman suelos bien desarrollados.
- Los **seres vivos** desempeñan un papel fundamental. Los animales del suelo (lombrices, insectos, pequeños roedores, microorganismos, etc.) y las raíces de las plantas ayudan a mezclar los materiales y colaboran a airearlos. El **humus** es la materia orgánica parcialmente descompuesta que contienen los suelos, y también proviene de los restos de animales y de plantas. La capa vegetal protege el suelo de la erosión.
- La **posición en el paisaje** en que se forman los suelos también influye en su evolución. Es más fácil que se acumulen materiales en el fondo de un valle que en una ladera.
- El **paso del tiempo** también hace cambiar los suelos. El proceso de formación de un suelo puede ser muy largo (hasta cientos de años). Como si fuera un ser vivo, se puede hablar de nacimiento, juventud, madurez y vejez de un suelo.

El agua que se filtra en los suelos tiene el papel de medio de transporte. A veces arrastra hacia abajo sustancias de los niveles superiores; otras veces, la evaporación facilita su subida.

La diferente composición original de los materiales y la acumulación de las sustancias en determinadas zonas permiten que se formen diversos tipos de suelos y que éstos, muy frecuentemente, se presenten divididos en capas, llamadas **horizontes**.

La actividad humana puede influir en las características de los suelos y modificar su estructura y composición. Los trabajos agrícolas intentan evitar la erosión de los suelos y mejorar su fertilidad. No obstante, a veces, la acción humana también puede afectar negativamente en las características de los suelos.



Esquema de un suelo bien desarrollado, dividido en horizontes.

ACTIVIDADES

Recordar

1. Indica cuáles son las diferencias entre la meteorización física y la química.
2. Explica por qué se fragmentan las rocas a causa del hielo que se forma en sus grietas.

Comprender

3. Responde a las preguntas.

- ¿La meteorización física puede afectar a las rocas a causa del crecimiento de cristales de hielo en un lugar permanentemente helado, como los polos?
- ¿Por qué el arado de la tierra en el campo, la aportación razonable de abono y la rotación de cultivos favorecen la fertilidad del suelo?
- ¿Puede ser contraproducente el riego excesivo de una planta en una maceta o de un cultivo en el campo? ¿Por qué?



1. Las aguas salvajes

Las aguas superficiales procedentes de las precipitaciones se denominan **aguas salvajes** cuando corren sin curso fijo, como una lámina difusa. Cuando van por regueros pequeños o por canales, se llaman **aguas de arroyada**. Tienen un curso muy variable.

La acción erosiva de estas aguas es importante, si afecta a suelos poco consolidados o a materiales rocosos blandos, sobre todo en laderas inclinadas que no están protegidas por una capa de vegetación. Esto es habitual en zonas áridas y en lugares deforestados.

La erosión por aguas salvajes y de arroyada es un grave problema ambiental, aunque da lugar a paisajes pintorescos: cárcavas y chimeneas de hadas.

- Las **cárcavas** (*badlands*) son zonas abruptas donde conjuntos de surcos en «V» de diversa profundidad que canalizan las aguas de arroyada, afectan a materiales erosionables.
- Las **chimeneas de hadas** (*dames coiffées*) son formas cónicas, en las que es frecuente que un material resistente situado en la parte superior haya protegido de la erosión a los materiales más blandos que tiene por debajo.



Cárcavas en Kashgar, China (a la izquierda), y chimeneas de hadas en Goreme, Turquía (a la derecha).

2. Acción geológica de los torrentes

Los torrentes son corrientes de agua de curso fijo y corto, situados en zonas de pendientes pronunciadas y con actividad generalmente estacional. Pueden deberse al deshielo, a las precipitaciones, o a ambos.

La acción del torrente varía en cada parte de su curso. En la cuenca de recepción predomina la erosión, en el canal de desagüe, la erosión y el transporte, y en el cono de deyección, la sedimentación.



Ejemplo de erosión fluvial.
El río corre encajado entre las rocas y las erosiona.

3. La acción de las aguas fluviales

Los **ríos** son cursos naturales de agua que circulan por un cauce estable, más o menos continuamente. Son las principales vías de desagüe hacia el mar de las superficies continentales. Las variaciones de su caudal dependen de la lluvia, de la fusión del hielo y la nieve o de la aportación de aguas subterráneas.

Aunque es habitual relacionar los **cursos** alto, medio y bajo de los ríos con los procesos de erosión, transporte y sedimentación, respectivamente, estos procesos se pueden producir en cualquier punto del recorrido. Que se produzca un proceso u otro depende, fundamentalmente, de la velocidad del agua.

La erosión fluvial

Los cursos fluviales erosionan el cauce o sus márgenes si la velocidad del agua aumenta hasta alcanzar un valor que le permite arrastrar las partículas. Esta capacidad erosiva del agua también depende del efecto de fricción que le aportan los sedimentos que transporta, y de la turbulencia del flujo. Según la inclinación del cauce y las características geológicas de los terrenos, los ríos dan lugar a formas de erosión diferentes:

- Las **gargantas** y los **desfiladeros** son encajamientos más o menos profundos del cauce del río.
- Las **cascadas** son caídas de agua que aparecen cuando la corriente encuentra o modela un salto vertical o muy inclinado. Si la pendiente es menor, pero se mantiene un desnivel que hace que el agua circule a gran velocidad, se habla de **rápidos**.
- Los **meandros** son curvaturas del cauce comunes en el curso medio. Son formas mixtas de erosión y sedimentación. En el margen cóncavo de un meandro se produce erosión, mientras que en el convexo hay sedimentación. La sinuosidad de los meandros evoluciona con el paso del tiempo.



El transporte fluvial

Las partículas que transporta el agua de los ríos se mueven de maneras diferentes: disueltas, flotando en la superficie, suspendidas, o bien saltando, rodando o arrastrándose por el fondo del cauce. El tipo de transporte depende del tamaño y del peso de los materiales, y también de la velocidad del agua.

El transporte de una partícula comienza en el momento en que el agua la disuelve o la erosiona, y acaba cuando se produce la sedimentación.

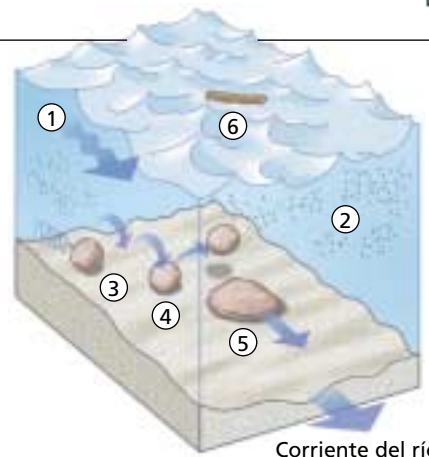
La sedimentación fluvial

La sedimentación de las partículas de diferente tamaño que transportan los ríos se produce cuando disminuye la velocidad del agua. Esto es debido a diversos factores: el descenso del caudal, la disminución de la pendiente o el aumento del volumen de sedimentos transportados. Aunque el destino final de los sedimentos sea la desembocadura, a lo largo del curso fluvial son muchos los lugares donde se puede producir su depósito. Las acumulaciones de sedimentos fluviales reciben el nombre de **aluviones** y las formas más habituales en las que se presentan son las llanuras aluviales, las terrazas fluviales y los deltas.

- Las **llanuras aluviales** son extensos depósitos de materiales que rellenan el fondo de los valles. Se forman a partir de sucesivos episodios de inundación. La superficie plana, la fertilidad y la disponibilidad de agua para el riego les hace muy adecuados para el uso agrícola, dando lugar a las **vegas**.
- Las **terrazas fluviales** son capas de aluvión situadas a más altura que el lecho actual del río. Se formaron en épocas pasadas, en las que los procesos de erosión y sedimentación tenían mayor intensidad.
- Los **deltas** son acumulaciones de sedimentos que aparecen en las desembocaduras de algunos ríos si los depósitos se acumulan en zonas de aguas tranquilas y poco profundas.



Imagen del río Ebro y su delta, tomada desde un satélite artificial.



Corriente del río

Transporte de partículas por un río.

1. Disueltas en el agua.
2. Suspendidas.
3. Rodando.
4. Saltando.
5. Arrastrándose por el fondo.
6. Flotando en la superficie.

ACTIVIDADES

Recordar

1. Responde a las preguntas.

- ¿Qué es una cárcava?
- ¿Qué es una chimenea de hada?
- ¿Qué es una llanura aluvial?

2. Explica en qué partes de un río se produce erosión, transporte y sedimentación, y de qué factores depende que predomine uno de estos procesos sobre los otros.

Explicar

3. Piensa y responde a las preguntas.

- ¿Por qué es recomendable arar los suelos con surcos perpendiculares a las pendientes?
- ¿Por qué, en el curso bajo de los ríos, predomina la sedimentación de los materiales que transportan?



OBSERVACIÓN

1. Un acantilado

Observa el acantilado de la foto y responde a las preguntas.



- ¿Por qué tienen paredes tan verticales y escarpadas los acantilados? ¿Se podría formar un acantilado en una costa baja?

2. La acción de las aguas marinas

Los mares y los océanos no son masas de agua en reposo. Su dinámica responde a las diferencias de insolación y a la atracción de la Luna y del Sol.

La acción geológica del mar es muy importante, ya que las aguas marinas ocupan más del 71% de la superficie del planeta, y sus efectos se hacen notar en toda la extensión de la costa.

La erosión, el transporte y la sedimentación marinos son debidos a los movimientos del agua, que pueden ser de tres tipos: olas, mareas y corrientes.

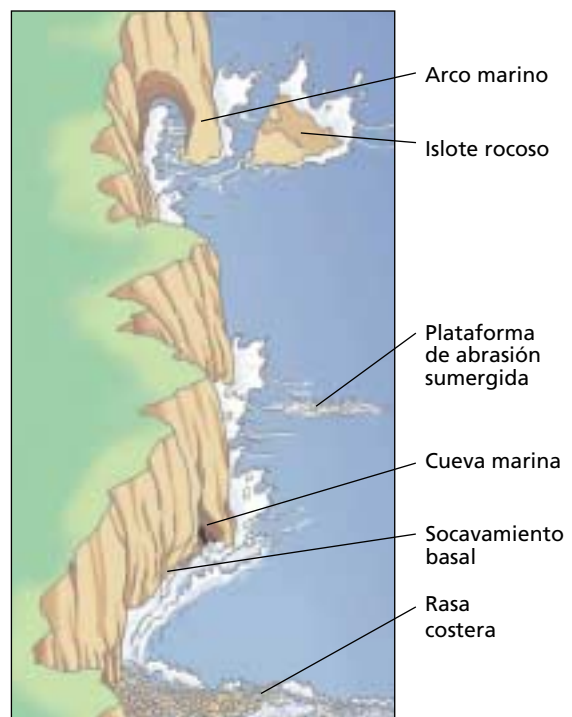
- Las **olas** son movimientos del agua superficiales y ondulatorios, causados, en general, por el viento.
- Las **mareas** son ascensos y descensos regulares del agua que se suceden en periodos de unas seis horas. El ascenso o **flujo** tiene un máximo en la **pleamar**; y el descenso o **reflujo**, un mínimo en la **bajamar**. Se deben a la atracción gravitatoria de la Luna y, en menor medida, a la del Sol.
- Las **corrientes** son desplazamientos de agua en la masa general del mar. Sus causas son variadas: la acción de vientos constantes, las diferencias de temperatura o salinidad en las distintas zonas del océano, etc.

3. La erosión marina

La erosión marina se produce, principalmente, a causa del oleaje. El vaivén del agua contra el litoral rocoso origina presiones y descompresiones que afectan a la parte emergida y la sumergida, y rompen las rocas por los lugares más débiles. La erosión del oleaje sobre el litoral rocoso se llama **abrasión marina** y es reforzada por el «ametrallamiento» que ejercen las partículas arrastradas por el agua.

Las formas de erosión propias de las costas rocosas son los **acantilados** y las **plataformas de abrasión**.

- Los **acantilados** son escarpamientos abruptos excavados sobre rocas duras por el socavamiento progresivo de la base y por el derrumbamiento de las zonas altas. El diferente comportamiento frente a la erosión de algunas zonas de un acantilado puede dar lugar a formas caprichosas: grietas o cuevas marinas, arcos marinos, islotes rocosos...
- Las **plataformas de abrasión** son superficies rocosas planas o ligeramente inclinadas hacia el mar, producidas por el retroceso gradual hacia tierra del frente de un acantilado. Cuando una bajada permanente del nivel del mar o una oscilación debida a las mareas deja la plataforma de erosión en posición emergida, se habla de **rasa costera**.



Formas características de una costa escarpada.



4. El transporte y la sedimentación del mar

El agua del mar transporta las partículas disueltas, suspendidas, flotando, rodando o arrastrándose, impulsadas por el oleaje, las mareas y las corrientes.

En la franja litoral, las acumulaciones de sedimentos evolucionan con cierta rapidez y su disposición da lugar a playas, cordones litorales, tómbolos y albuferas.

- Las **playas** se forman en el interior de las bahías, entre dos salientes rocosos o en los sectores del litoral donde las olas pierden fuerza. Los sedimentos que las forman son depositados en la costa y pueden tener diversos tamaños según la velocidad del flujo de agua que los ha transportado. Estos sedimentos comprenden desde la arena fina hasta los guijarros. Están compuestos por una mezcla de partículas de minerales, rocas y diversos restos de seres vivos (fragmentos de conchas, caparazones calcáreos de algas microscópicas, etc.).
- Las **barras** o **cordones litorales** son depósitos semejantes a las playas, pero que no están totalmente unidos a la costa. Tienen forma alargada y se pueden encontrar emergidos o sumergidos. Se llaman **restingas** o **flechas** cuando se unen a la costa por uno de sus extremos; **islas barrera**, cuando no están unidos al litoral, y **tómbolos**, cuando enlazan la costa con un islote próximo. Una **albufera** es una laguna litoral cerrada por una barra de arena.

Aunque las acumulaciones más visibles de sedimentos procedentes de los ríos o de la erosión litoral se encuentran cerca de la costa, su destino final son las zonas estables del fondo marino, donde forman depósitos sedimentarios de gran extensión y mucho espesor. Grandes depósitos de gravas, arenas y arcillas se acumulan en las zonas deltaicas y en otros lugares deprimidos (cuencas marinas).



En algunas playas se observa la sedimentación (el depósito de arena) y también grandes rocas, testigos de cómo era la costa antes de ser erosionada por el mar.



ACTIVIDADES

Recordar

1. Explica qué son los **acantilados** y las **plataformas de abrasión**.
2. Describe las **formaciones más características de las costas bajas**.

Comprender

3. Responde a las preguntas.
 - ¿Cuál es el origen de las playas?
 - ¿Cuál es el origen de las olas?

Explicar

4. Piensa y responde.
 - ¿Puede haber playas en una isla que no tenga ningún río?
¿De dónde proviene la arena en este caso?
 - ¿Por qué la construcción de un espigón o un puerto puede hacer variar la disposición de las acumulaciones de sedimentos en una costa?



Los procesos eólicos y bióticos

1. La acción geológica del viento

La acción geológica del viento es muy activa en las zonas áridas, tanto en las cálidas como en las frías. También se hace notar en zonas costeras arenosas que no están protegidas por vegetación. Los procesos eólicos se manifiestan mediante fenómenos de erosión, transporte y sedimentación.

La erosión eólica

El aire en movimiento tiene dos tipos de acción erosiva: la deflación y la corrosión.

- La **deflación** es el arrastre selectivo por el viento de las partículas de dimensiones reducidas, quedando las más grandes sobre el terreno. Los **campos empedrados** resultantes se denominan **regs**.
- La **corrosión** o **abrasión eólica** es el desgaste causado en las rocas por el impacto repetido de las partículas que transporta el aire.

La erosión eólica sobre las rocas puede producir, de forma aislada, cavidades o alvéolos, así como superficies pulidas por la acción abrasiva del viento.



Campo empedrado en el desierto del Sinaí (Egipto).
¿Cuál es el origen de esta formación geológica?

El transporte eólico

Las partículas que arrastra el viento pueden ser transportadas, según el peso que tengan y la fuerza del viento, por **reptación** (cuando las partículas son arrastradas sin perder contacto con la superficie del terreno), por **saltación** (cuando son elevadas ligeramente y vuelven a estar en contacto con el suelo en intervalos breves) y por **suspensión** (cuando las partículas, pequeñas y ligeras, se mantienen sin contacto con el suelo durante mucho tiempo).

Tempestad de arena.
En los desiertos áridos son habituales las nubes de partículas finas arrastradas por el viento, que reciben el nombre de tempestades de arena.

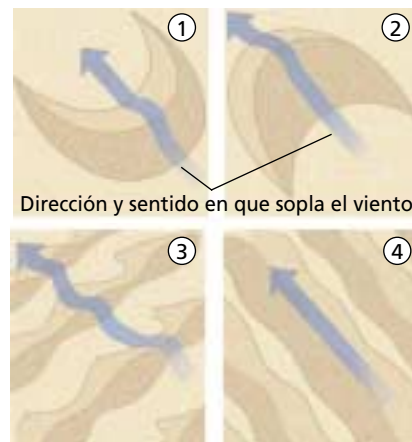


La sedimentación eólica

Las formaciones más típicas de la sedimentación eólica son las dunas y el loess.

Dunas. Las dunas vivas o activas son acumulaciones de arena que se desplazan sobre el suelo a causa del viento. Se pueden presentar aisladas o formando **campos de dunas** o **ergs**. La duna típica tiene una pendiente suave por el lado que recibe el viento, en la dirección en la que sopla, y una pendiente más fuerte en el lado opuesto. Según su forma, se distinguen varios tipos de dunas: **barjanes**, en forma de media luna, con los cuernos apuntando en la dirección del viento; **parabólicas**, también en forma de media luna, pero opuestas al sentido del viento; **transversales**, cuando forman alineaciones perpendiculares al movimiento del aire, y **longitudinales**, si son paralelas a la dirección del viento.

Depósitos de loess. Las partículas finas que se mantienen en suspensión y recorren grandes distancias, finalmente se depositan al perder fuerza el viento o al llegar a zonas húmedas. Se originan así depósitos de arcilla y limo, que dan lugar a suelos fértiles.



Tipos de dunas.
1. Barján.
2. Parabólica.
3. Transversales.
4. Longitudinales.



2. Procesos bióticos

La acción geológica de los seres vivos puede ser constructiva y destructiva.

La **acción destructiva** de los seres vivos puede ser, al mismo tiempo, de dos tipos: mecánica y química.

- La **acción mecánica**, principalmente disgregante, la realizan sobre todo las raíces de las plantas y los animales que viven en ambientes subterráneos. Las raíces de las plantas se introducen como cuñas en el suelo y rompen el terreno. Los animales como los ratones, los conejos, los topos y las lombrices horadan la tierra.
- La **acción química** es causada por microorganismos, como algunas bacterias, y por los hongos. Estos seres utilizan la materia orgánica para su metabolismo y la descomponen, liberando en este proceso productos que pasan a formar parte del suelo.

La **acción constructiva** de los seres vivos también es muy importante. Por ejemplo, lo que origina las llamadas rocas sedimentarias orgánicas son seres vivos. Unas veces son los componentes orgánicos los que, cuando se transforman, dan lugar a yacimientos de petróleo y carbón. Otras veces son los componentes inorgánicos de seres vivos los que dan lugar a formaciones geológicas, como los arrecifes.

La construcción de los arrecifes de coral se debe a las colonias de pólipos coralinos que aparecen en aguas claras, agitadas, poco profundas y con temperatura de unos 20 °C. Cada pólipo de una colonia tiene un exoesqueleto de material calcáreo. A medida que la colonia crece, los pólipos abandonan los exoesqueletos y forman otros sobre los anteriores. Así, se depositan capas sucesivas de esqueletos calcáreos y se forma el arrecife. Por último, las actividades constructivas y destructivas de la especie humana también pueden modificar el paisaje.



La Gran Barrera de Coral australiana es el arrecife coralino más grande del mundo. Tiene 2.000 km de longitud.



Conejo. Numerosos animales llevan a cabo una continua excavación del terreno, que causa la progresiva disgregación del suelo.

ACTIVIDADES

Recordar

1. **Explica los tipos de actividad erosiva debidos al viento.**
2. **Describe las formaciones más típicas debidas a la sedimentación eólica.**

Comprender

3. **Haz un resumen de la actividad geológica de los seres vivos.**

Explicar

4. **Busca información y responde a las preguntas.**
 - Los términos *reg* y *erg* tienen un origen sahariano. ¿Qué significan?
 - El coral es un organismo que vive en aguas poco profundas. ¿Por qué, a veces, forma atolones en zonas donde el océano circundante es muy profundo?



Modelado kárstico y modelado glaciar

1. El modelado kárstico

El modelado kárstico es un caso especial de formación de relieve debido a la acción del agua, es decir, por procesos fluviotorrenciales. Su nombre se debe a la región del Karst, en Croacia, donde este tipo de modelado ha originado paisajes espectaculares.

El modelado kárstico aparece en zonas ricas en calizas, especialmente en las zonas llanas donde este tipo de rocas forma grandes masas horizontales. En este caso, el agua, que, generalmente, procede de la lluvia, actúa **disolviendo las calizas**. La disolución de las rocas origina formas típicas: las más conocidas son las simas y las cavernas.

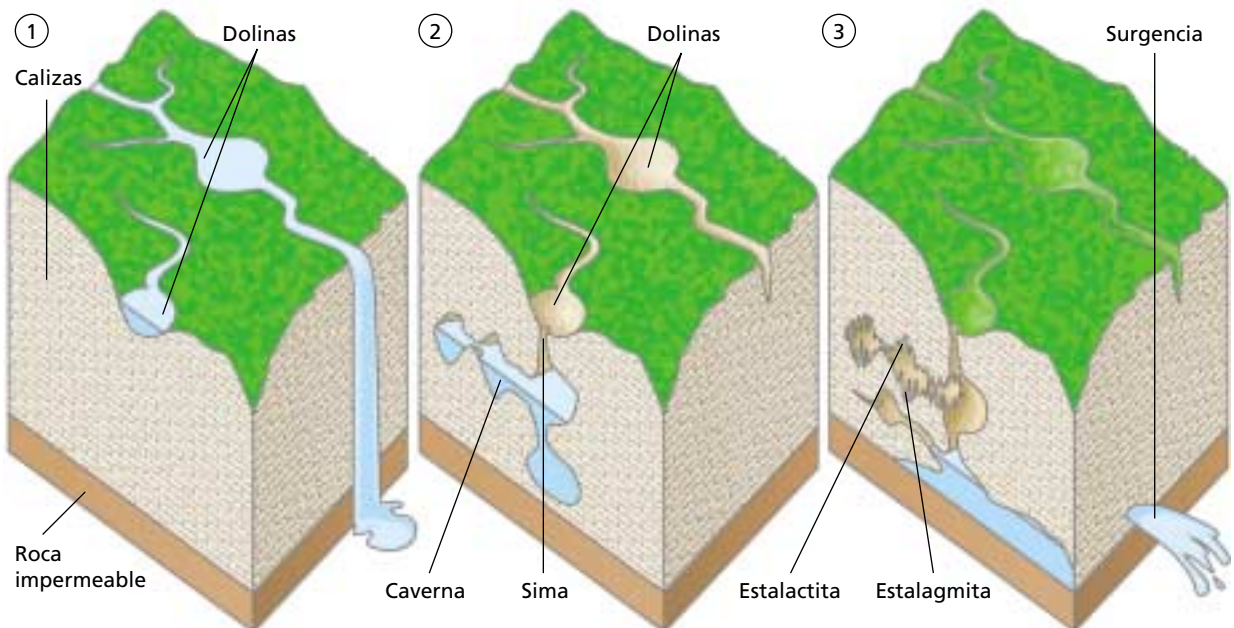
La formación de un karst

Llamamos *karst* a toda región en la que se ha producido el modelado kárstico y aparece el relieve característico de este tipo de modelado. En su formación podemos distinguir varias etapas.

- En primer lugar, durante las primeras etapas de desarrollo del *karst*, el agua circula por la superficie de una masa rocosa de calizas. La lámina de agua recorre la superficie de esta masa rocosa, y se infiltra en el terreno por algunas zonas donde las rocas tienen grietas. En esas zonas de infiltración el agua se acumula y, con el tiempo, disuelve las calizas y llega a formar una depresión de forma circular. Esta depresión se llama **dolina**.

- A medida que el agua profundiza, comienza a excavar conductos por los que puede recorrer el interior del macizo rocoso. Se forman así las **cavernas**, que son conductos horizontales, y las **simas**, conductos verticales. Las cavernas y las simas se forman cuando el agua, que se filtra por las grietas, va ampliando éstas hasta hacer grandes conductos. Las simas frecuentemente aparecen por el hundimiento de una dolina.
- Cuando el agua sigue profundizando, hay cavernas que quedan por encima de la corriente principal de agua. En estas cavernas se filtra, gota a gota, agua cargada de carbonato cálcico, sustancia que forma la roca caliza. Esta sustancia se va depositando y forma las llamadas **estalactitas** (en el «techo» de la caverna) y **estalagmitas** (en la base). A veces, una estalactita y la estalagmita que tiene por debajo se unen y forman una **columna**.
- El agua continúa erosionando las calizas hasta que, al profundizar, encuentra una capa de roca impermeable. Finaliza así su excavación y se forma una corriente estable de agua, que sale del macizo kárstico y aflora a la superficie. El punto de salida del agua se denomina **surgencia**.

El modelado kárstico es bastante habitual en zonas de clima templado donde abundan las calizas. En la península Ibérica, muchas de las zonas con cuevas se han formado por este tipo de modelado.





2. El modelado glaciar

Los glaciares son grandes masas de hielo que se encuentran en constante movimiento, descendiendo por valles desde zonas elevadas hasta niveles donde se produce el deshielo. En la actualidad, están restringidos a las zonas más frías del planeta, pero sus efectos sobre el paisaje se pueden observar en lugares más templados que, en el pasado, estuvieron surcados por glaciares.

Tipos de glaciares

Los glaciares más típicos son los de tipo **alpino**, que corresponden a la descripción habitual de «río de hielo». Su nombre deriva de la cordillera de los Alpes. En este tipo de glaciares, que tienen una larga lengua, el hielo se desplaza aproximadamente un metro al día.

Los glaciares de tipo **pirenaico** son similares, pero no llegan a tener lengua, ya que las montañas en las que aparecen son menos altas que los Alpes.

En zonas polares aparecen los **glaciares de casquete**, formados por inmensas masas heladas, con numerosas lenguas que terminan en el mar. El hielo procedente de estos glaciares, al romperse, origina los **icebergs**. El desplazamiento del hielo es muy lento (10-30 cm diarios).

Acción erosiva de los glaciares

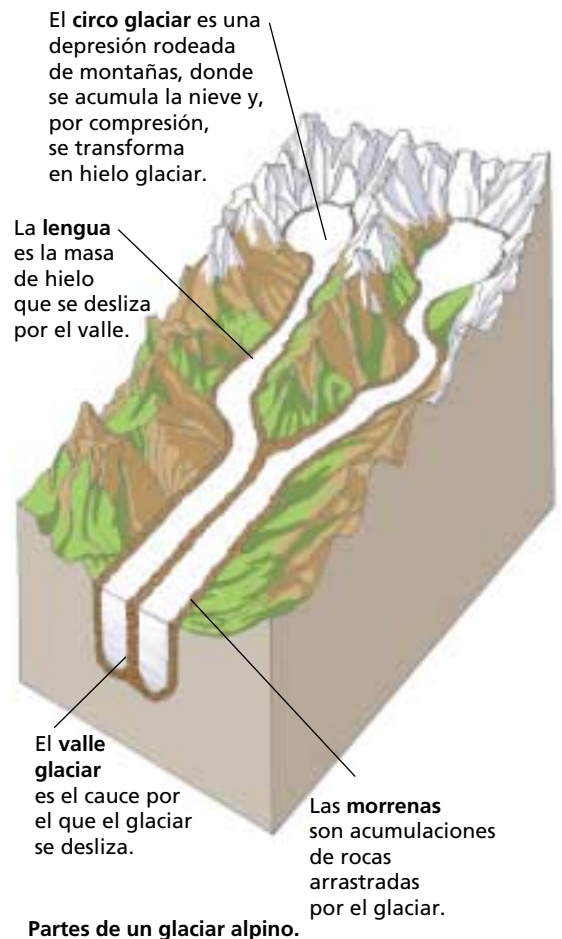
La erosión ejercida por los glaciares se debe a la fricción, producida por el desplazamiento del hielo y de los materiales rocosos que éste transporta, sobre el fondo y las paredes del valle glaciar (el que recorre la lengua). Los cantos rocosos más duros que transporta el glaciar rayan las paredes del valle y dan lugar a rocas o cantos estriados, que son formas típicas del modelado glaciar.

Una característica propia de los valles originados por glaciares es que su perfil transversal tiene forma de «U», a diferencia de los valles fluviales, que tienen forma de «V».

Transporte y sedimentación en los glaciares

El transporte y la sedimentación producidos por los glaciares se puede apreciar en los depósitos llamados **morrenas**. Éstas son acumulaciones de cantos rocosos que pueden estar dispuestas en las zonas laterales del glaciar, en el fondo del mismo o en el frente de avance.

Marcas estriadas en las rocas, debidas a la erosión causada por un glaciar (arriba) y valle glaciar, con la forma característica de «U» (abajo).



Partes de un glaciar alpino.





1. ¿Qué es un sistema morfoclimático?

Ya hemos visto que el modelado del relieve se debe, principalmente, a la acción de toda una serie de agentes impulsados por la energía externa, la procedente del Sol, y por el desigual reparto de esta energía por el planeta.

Debido precisamente a las diferencias climáticas entre las regiones, en algunos lugares predomina la actuación de un agente (por ejemplo, el agua o el viento) y en otros tienen mayor influencia agentes distintos. El resultado es la aparición de formas del relieve distintas, propias de cada una de las zonas climáticas. El concepto de sistema morfoclimático expresa esa relación entre clima y relieve. Llamamos **sistema o dominio morfoclimático** a una región más o menos extensa de la Tierra, en la que existe un tipo de clima determinado y unas formas de relieve características, asociadas a los agentes modeladores más activos en ese clima.

Los principales sistemas morfoclimáticos

Existen ocho sistemas morfoclimáticos, que se clasifican en cuatro grupos, según su localización.

- En las zonas más frías del planeta encontramos el sistema **glaciar** y el **periglaciar**. El glaciar corresponde a las zonas cubiertas permanentemente de hielo, y el periglaciar, al territorio que rodea al dominio anterior, y que no siempre está helado.
- En las zonas templadas encontramos el sistema **templado húmedo** y el sistema **continental seco**. El primero corresponde a las zonas próximas a las costas, con un clima suave y abundantes precipitaciones. El segundo, a las zonas del interior, con clima más riguroso, y mayores diferencias de temperatura y precipitación entre invierno y verano.
- En las zonas desérticas podemos encontrar el sistema **árido** y el sistema **semiárido**.
- En las zonas tropicales distinguimos el dominio de la **selva** y el de la **sabana**. La selva aparece en las zonas con mayores precipitaciones, mientras que la sabana se encuentra en lugares con una estación húmeda y una seca bastante prolongada.

Además, en las montañas podemos encontrar un clima particular, con un relieve característico, independientemente del lugar en que se encuentren.

2. Sistemas morfoclimáticos de zonas templadas

Sistema morfoclimático templado húmedo

En el dominio templado húmedo podemos encontrar un relieve muy variado, que depende de las condiciones locales de vegetación, clima y topografía. Es un medio muy humanizado, por lo cual también es frecuente que la acción humana tenga un gran impacto en el relieve.

En este dominio, el agua es un agente de la máxima importancia en el modelado del relieve. Los ríos modelan el terreno, excavando valles y evacuando materiales que se acumulan en las llanuras y en los deltas. Es frecuente encontrar también zonas con modelado kárstico.

La acción del viento es casi inapreciable, y la del hielo se concreta sólo a las zonas de montaña con glaciares.

También tiene gran importancia la meteorización, tanto la mecánica (en zonas frías) como la química, debido a la disolución de las rocas por el agua.

Sistema morfoclimático continental seco

Este sistema es muy similar al anterior, si bien las diferencias meteorológicas entre el verano y el invierno no se hacen notar en el relieve. Así, es frecuente encontrar que el modelado fluvial se ve afectado por la existencia de una época seca, durante la cual los ríos llevan mucha menos agua. También se aprecia que la meteorización puede ser más intensa, especialmente durante el invierno.

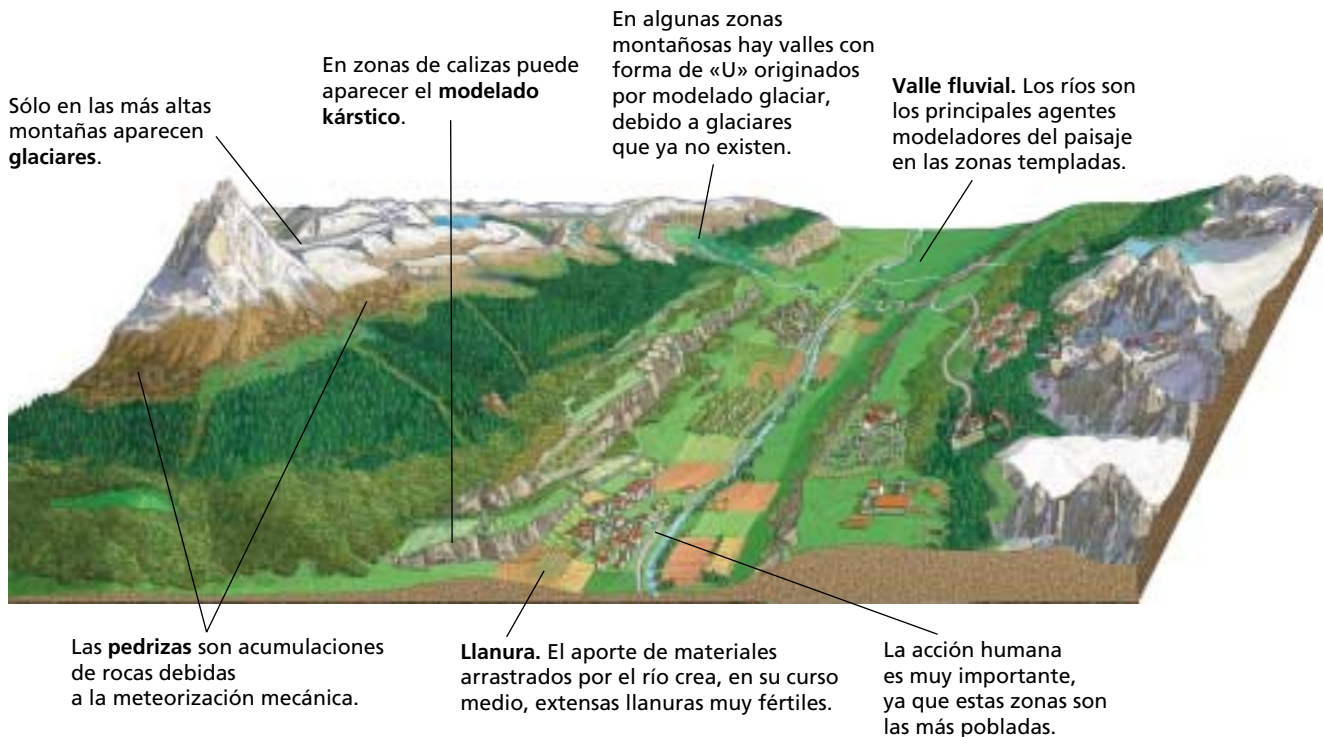
3. Sistemas de zonas áridas

En el **sistema morfoclimático árido**, el principal agente modelador del paisaje es el viento. Éste es la causa de la erosión y del transporte de materiales, dando lugar a formaciones como los campos empedrados y los campos de dunas.

En zonas menos áridas encontramos el **sistema morfoclimático semiárido**. En este dominio, el viento sigue teniendo cierta importancia, pero son las aguas de arroyada, las que configuran el relieve característico. Estas aguas dan lugar a paisajes típicos, como las cárcavas y las chimeneas de hadas. Frecuentemente aparecen valles (llamados **uadis**) por los que sólo circula agua tras las tormentas.



4. Formas típicas del relieve en las zonas templadas



5. Formas típicas del relieve en las zonas áridas

