

TEMA 7: EL MODELADO DEL RELIEVE

1- LOS PROCESOS GEOLÓGICOS EXTERNOS

Los procesos geológicos externos se llaman así porque se originan y se manifiestan en la superficie terrestre. Sus acciones modelan por destrucción el relieve generado por los procesos geológicos internos y originan además las rocas sedimentarias. Los fenómenos que realizan estos procesos son los siguientes: **meteorización, erosión, transporte, sedimentación y diagénesis.**

La energía necesaria para los procesos externos procede del **sol** (la energía externa) que, junto con la gravedad, es la responsable del ciclo del agua y de la circulación atmosférica. Los factores que determinan el modelado del relieve son el clima, la litología, la tectónica y la acción antrópica.

2- EL RELIEVE y EL PAISAJE

El **relieve** es el conjunto de formas que adquiere la superficie terrestre y es uno de los componentes que se describen en el paisaje (este incluye además la vegetación, los fenómenos atmosféricos o los elementos humanos). Las formas del relieve se pueden definir desde una óptica descriptiva fijándose en el aspecto (como lo hace la geografía), o interpretativa cuando se atiende a su origen (caso de la geología). Ejemplos de las diferencias de matiz que tienen estas dos visiones pueden ser las siguientes:

GEOGRÁFICA (descriptiva)		GEOLÓGICA (interpretativa)
Relieve de gran desnivel	MONTAÑA	Relieve generado por el plegamiento de materiales y/o actividad volcánica.
Relieve aislado de desnivel escaso.	CERRO	Relieve que corresponde a un nivel anterior y que queda aislado por erosión diferencial.
Relieve escalonado	TERRAZA	Terraza fluvial: resultado de la erosión de un río sobre sus propios sedimentos.
COSTA	Límite entre continente y océano	TALUD CONTINENTAL

Elementos del relieve continental:

1. **Cordillera:** alineación de montañas generadas por el plegamiento de materiales y/o la actividad volcánica.
2. **Penillanura:** extensión plana originada por la erosión de antiguos relieves.
3. **Rift:** depresión alargada generada por fracturación de la corteza.
4. **Plataforma continental:** continuación del continente bajo el mar.
5. **Talud continental:** zona en pendiente que representa el borde del continente.

Elementos del relieve oceánico:

1. **Dorsal oceánica:** alineación submarina de volcanes fisurales.

2. **Llanura abisal:** extensa llanura submarina.
3. **Fosa oceánica:** Depresión profundas en forma de surco.
4. **Volcanes submarinos** aislados de tipo puntual, que afloran como **islas volcánicas**. Éstas en ocasiones se alinean dando lugar a los **arcos de islas** asociadas a fosas oceánicas.

El paisaje

3- LA METEORIZACIÓN

La meteorización se define como la alteración *in situ* que experimentan las rocas por acción de los agentes atmosféricos (agua, gases, cambios térmicos) y de los seres vivos. Esta alteración se realiza en dos etapas que pueden ser casi simultáneas: primero se produce la fragmentación o disgregación de la roca (**meteorización mecánica**) y posteriormente se inicia la alteración de algunos minerales de la roca por **meteorización química**, lo que contribuye a que pierda su cohesión. Las distintas modalidades de este proceso son las siguientes:

1. Meteorización mecánica:

- **Gelivación** (o **gelifracción**): acción a modo de cuña del agua al congelarse en el interior de grietas de la roca.
- **Termoclastia:** expansión térmica diferencial (de algunos minerales con respecto a otros, o del exterior con respecto al interior) de la roca por la insolación.
- **Descompresión** de rocas endógenas (las formadas en profundidad) cuando afloran a la superficie.
- **Haloclastia:** precipitación de sales en el interior de grietas de la roca. Los cristales al crecer realizan una acción en cuña similar al del hielo en la gelivación.

2. Meteorización química, mediante reacciones químicas como las siguientes:

- **Oxidación** de los minerales por el O₂ del aire o disuelto en agua.
- **Disolución** por el agua de minerales solubles.
- **Carbonatación:** disolución de calizas por el agua carbonatada (agua con CO₂)
- **Hidrólisis:** descomposición de minerales al reaccionar con agua.

3. La meteorización biológica consiste en la acción mecánica (como en el caso de las raíces de las plantas) y bioquímica (mediante las sustancias químicas que liberan) de los seres vivos sobre las rocas.

4- LA EROSIÓN

La erosión es el desgaste de las rocas debido a la evacuación de los materiales por parte de los **agentes geológicos externos**. Los fragmentos de rocas originados por la meteorización se denominan **clastos** y son llevados a otro lugar por la acción de la erosión (*ex situ*). El desgaste consecuente va a originar un **modelado del relieve** característico de cada agente geológico, por lo que la acción de cada uno de ellos se puede identificar a través de determinadas formas del relieve.

La acción continua y prolongada de la erosión va a producir el desgaste completo de los sistemas montañosos para formar extensas superficies planas denominadas **penillanuras**. Los sedimentos generados en estas zonas montañosas serán transportados y depositados en las depresiones, lo que contribuye a una **redistribución** de la masa continental.

Factores de los que depende la acción erosiva de los agentes geológicos:

1. **La energía del agente geológico**, que procede en última instancia del Sol.
2. La **resistencia de las rocas** a la erosión (su competencia), relacionada con su coherencia.

COMPETENTES (<i>duras</i>)	NO COMPETENTES (<i>blandas</i>)
Granito, caliza, arenisca, conglomerado, cuarcita, basalto	Arcilla, marga, pizarra, cenizas volcánicas.

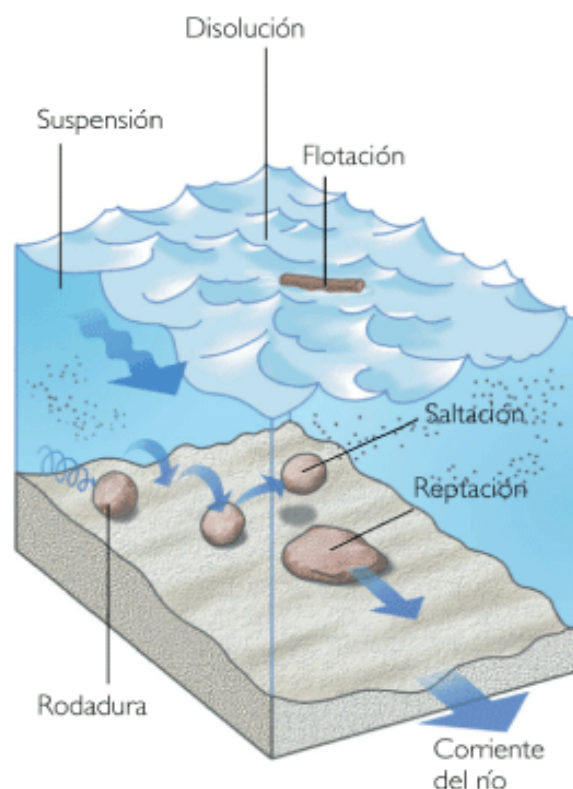
5- EL TRANSPORTE

Es el traslado de los materiales erosionados del lugar de erosión al lugar de sedimentación (la **cuenca sedimentaria**). Durante el transporte los clastos pueden sufrir procesos de:

- **Selección** por tamaño, de tal modo que los de mayor tamaño son los que se depositan primero. Agentes geológicos selectivos son los ríos, el viento y el mar, mientras que los glaciares y los torrentes no seleccionan los materiales a causa de su elevada energía.
- **Maduración**, consistente en cambios de forma, composición y tamaño de los sedimentos al golpear entre sí o con el lecho, además de estar sometidos a la meteorización química. La acción erosiva derivada de este proceso de maduración asociada al transporte, se denomina **abrasión**.

En un medio fluido como el aire o el agua líquida, existen distintas modalidades de transporte de los clastos, que dependen de la energía del agente geológico y del tamaño del clasto. Estas modalidades son las siguientes:

- **Por el fondo:** mediante rodadura y arrastre.
- **Por saltación**, estando en contacto con el fondo y en suspensión de forma alternada.
- **En el seno del fluido** mediante flotación, suspensión y disolución.



6- LA SEDIMENTACIÓN

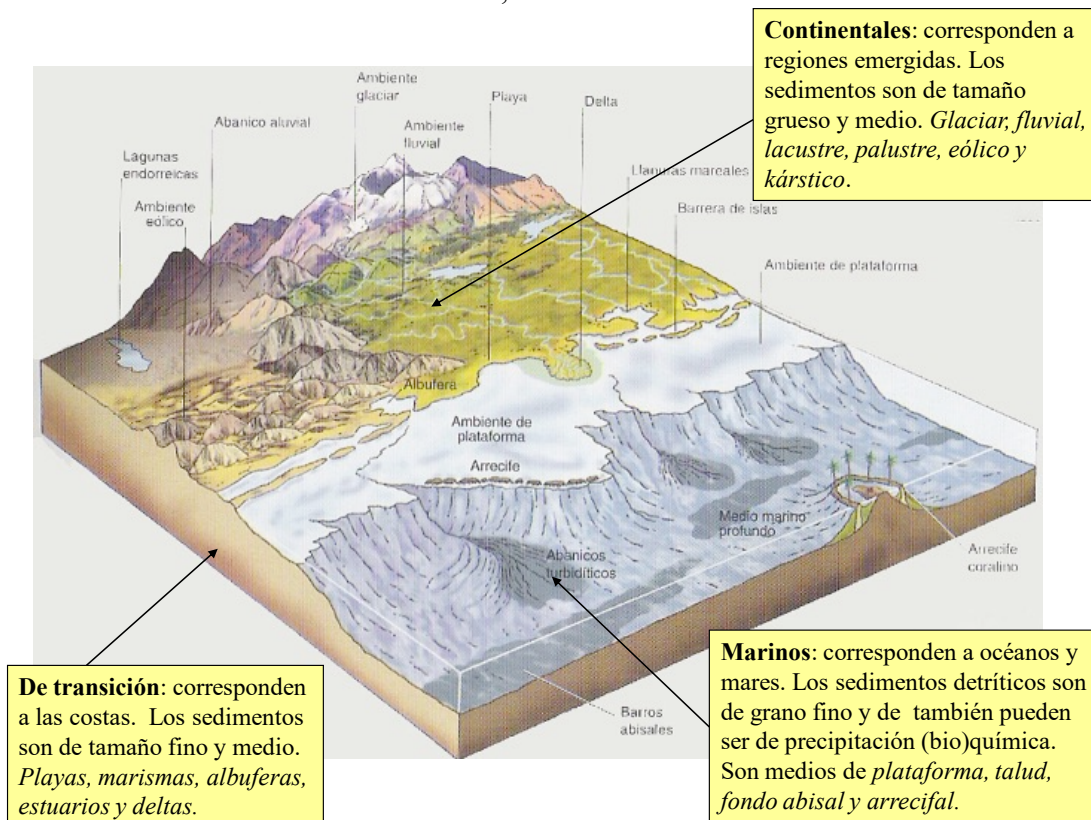
Cuando disminuye la energía del agente geológico, se produce el depósito de los productos resultantes de la destrucción de las rocas (los **sedimentos**) en un proceso que se conoce como **sedimentación**. Este proceso se realiza de forma temporal en zonas continentales elevadas, dado que se pueden volver a erosionar al cabo de un tiempo. En zonas deprimidas, en proceso de hundimiento o subsidencia (las cuencas sedimentarias), los sedimentos se depositan en grandes espesores (hasta de varios kilómetros) para originar rocas sedimentarias mediante el proceso de la diagénesis. Este depósito se produce cuando:

- La energía del agente transportador disminuye lo suficientemente (por **decantación** al frenarse la corriente, o por **acreción cinética** al chocar con algún obstáculo).
- Las condiciones fisicoquímicas favorecen la precipitación de iones.

Tipos de sedimentos:

1. **Detríticos:** formados por fragmentos de rocas de grano fino, medio o grueso.
2. **Químicos:** iones disueltos en el agua.
3. **Biológicos:** restos orgánicos o inorgánicos de seres vivos.

Los **ambientes sedimentarios** son zonas de la superficie terrestre donde las condiciones físicas, químicas y biológicas son las adecuadas para que se produzca la sedimentación. Pueden ser continentales, marinos o de transición.



7- EL MODELADO DEL RELIEVE

Los agentes geológicos, al realizar de forma particular los procesos de erosión, transporte y sedimentación, generan unos relieves que son característicos de cada uno de ellos. Esto permite deducir la acción de cada agente a partir de la interpretación del paisaje. De este modo, se pueden distinguir seis tipos de modelado: **torrencial, fluvial, glaciar, costero o litoral, eólico y glaciar.**

7.1 EL MODELADO TORRENCIAL

Los agentes geológicos que generan este modelado son las **aguas salvajes** (aguas superficiales de caudal intermitente) y los **torrentes** (cursos intermitentes de agua que se encuentran en áreas de fuerte pendiente, en las que se definen tres partes: cuenca de recepción, canal de desagüe y cono de deyección).

El carácter torrencial e intermitente de los cursos de agua que actúan en este modelado hace que sea predominante en zonas con climas desérticos y mediterráneo, caracterizados por la presencia de precipitaciones escasas e irregulares.

Formas de erosión:

- Las **cárcavas** son surcos que el agua de caudal intermitente forma sobre rocas blandas (como arcillas, margas, cenizas volcánicas o depósitos morrénicos). Empiezan siendo unos pequeños surcos de arroyada que después se hacen más profundos. Si son más profundos, pasan a denominarse **barrancos**.
- Un **badland** es un paisaje caracterizado por la presencia de cárcavas y barrancos.
- Las **chimeneas de hadas** son unas curiosas formaciones que constan de bloques de rocas duras que están apoyados sobre columnas de rocas más blandas. Se generan en sedimentos heterogéneos formados por rocas blandas que tienen fragmentos de rocas duras en el interior. la lluvia va desgastando los materiales blandos, a excepción de los que se encuentran bajo los bloques al estar protegidos por estos a modo de paraguas.



Formas de sedimentación:

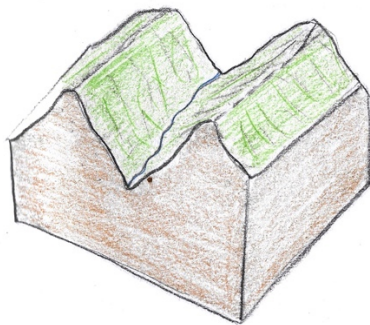
- Las **ramblas** son cauces anchos de torrentes normalmente secos que pueden evacuar grandes cantidades de agua y sedimento cuando llueve. Son muy característico de las zonas mediterráneas y también de zonas desérticas, en donde pasan a denominarse **uadis**.
- Un **cono de deyección** es el depósito de los materiales arrastrados por un torrente y se sitúa al pie del mismo. Si son de grandes dimensiones, se denominan **abanicos aluviales**.
- El **pedimento** o **glacis** resulta de la unión de varios abanicos aluviales superficie y consiste en una suave pendiente situada al pie de cordilleras.

7.2 EL MODELADO FLUVIAL

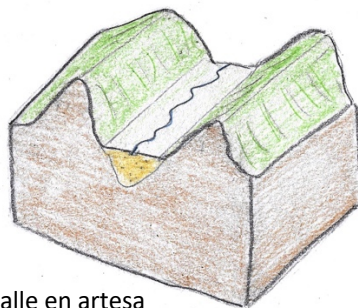
Los **ríos** son corrientes permanentes de aguas superficiales y originan el modelado fluvial. En su perfil longitudinal se definen los cursos **alto** (en el que predomina la erosión), **medio** (predomina el transporte) y **bajo** (predomina la sedimentación). El **caudal** es el volumen de agua que transporta el río por unidad de tiempo y el **cauce** es el lecho por donde discurre, cuyo tamaño varía entre el cauce de estiaje (si el caudal es mínimo) y el de avenida (si no es capaz de canalizar el caudal, se produce el desbordamiento).

Para que este modelado sea operativo, es necesario que el río se alimente con frecuencia de lluvias regulares que permiten su existencia, caso de climas como el oceánico, el continental, el tropical y el ecuatorial.

Formas de erosión:



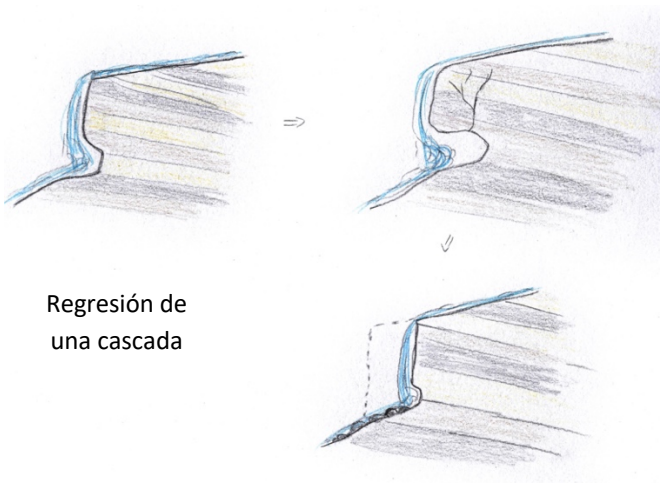
Valle en V



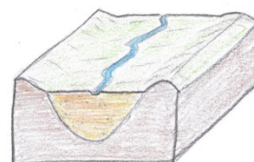
Valle en artesa

- Un **valle fluvial** es una depresión del relieve en forma de V. Se genera por la erosión **lineal** que ejerce el río y la erosión **areolar** de las laderas que realizan las aguas salvajes y los fenómenos gravitacionales.
- Los **valles en artesa**, por otro lado, tienen un fondo plano debido a la acumulación de sedimentos que aporta el río (la **vega fluvial**).

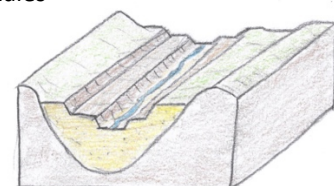
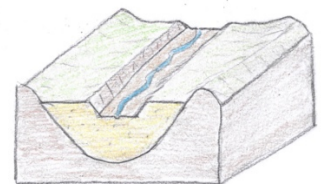
- Las **penillanuras** son llanuras extensas que se forman cuando los valles expanden sus laderas para desgastar las montañas y sus fondos se rellenan de sedimentos.
- Cuando el río atraviesa un valle con materiales duros, se encaja en valles muy estrechos que se denominan **desfiladeros**, gargantas, cañones y hoces. Suelen presentar en su lecho **marmitas de gigante**, unas excavaciones circulares del cauce al chocar el agua con los materiales que transporta.
- Las **cascadas** son saltos de agua, generalmente más altos que ancho, al pasar el río por un desnivel brusco. Cuando son más anchas que altas pasan a denominarse **cataratas**.
- Las **terrazas fluviales** son relieves encajonados producidos por la erosión del río sobre sus propios sedimentos, a consecuencia de un levantamiento anterior.



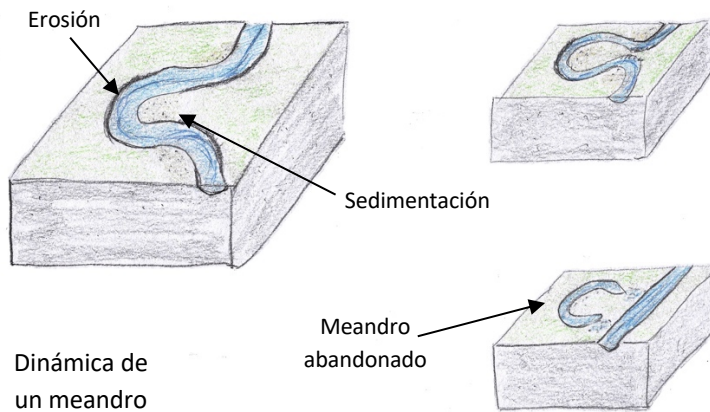
Regresión de una cascada



Formación de las terrazas fluviales



Formas de sedimentación:



- Los **meandros** son curvas que describe el río cuando disminuye la pendiente. Se produce erosión en la parte exterior y sedimentación en la interior. Al cabo de un tiempo, el río rectifica su curso y se forma un lago en forma de media luna, que se denomina **meandro abandonado** (o galacho). Si esto se produce en rocas duras, se genera un **meandro encajado**.

- Una **llanura de inundación** consta de aquellas tierras llanas en torno a un río susceptibles de ser inundadas por las grandes avenidas.
- La desembocadura es el lugar donde el río llega al mar y pueden ser de dos tipos: deltas (acumulación de sedimentos en forma de abanico o triángulo) si se realiza en una mar tranquilo (sin muchas corrientes) o estuarios (desembocadura de un río en forma de embudo, con presencia de barras arenosas) si, por el contrario, el mar tiene corrientes y mareas importantes que se llevan los sedimentos

7.3 EL MODELADO GLACIAR

Los **glaciares** son grandes acumulaciones de hielo que se deslizan a favor de la pendiente. Este hielo se forma por la acumulación de nieve, puesto que se genera bajo un clima polar o de alta montaña, con precipitaciones de nieve y fusión estival reducida. La nieve acumulada (densidad baja, entre $0,1 - 0,2 \text{ g/cm}^3$, pues presenta alto número de oquedades) se transforma por compactación en **neviza** ($0,5 \text{ g/cm}^3$) primero y luego en hielo blanco ($0,9 \text{ g/cm}^3$) y azul ($0,92 \text{ g/cm}^3$), totalmente compacto y con burbujas microscópicas de aire.



Se definen tres tipos principales de glaciares:

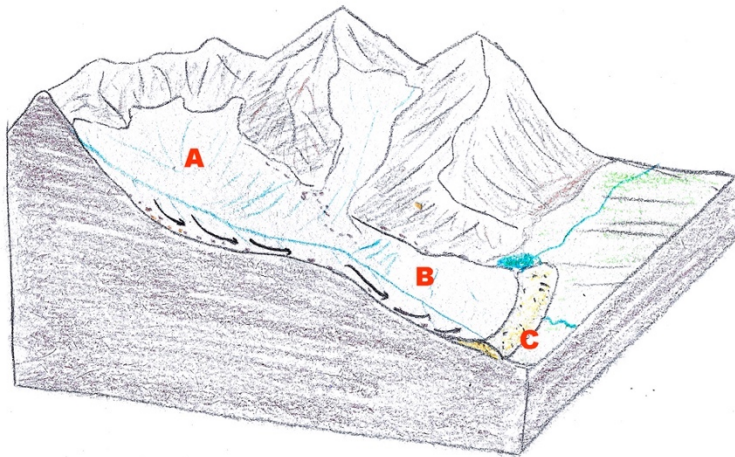
alpino

(formados por una zona de acumulación, que es el circo y una lengua alargada y con grietas), **pirenaico** (sólo poseen un circo) y de casquete (propios de zonas polares, son planos y muy extensos, de los que salen numerosas lenguas que, al llegar al mar, se fragmentan en **icebergs**).

Formas de erosión (visibles cuando el glaciar se retira por un cambio climático):

- **Valles glaciares**, con su característico perfil en U, pues tienen un fondo plano y laderas abruptas. En sus cabeceras, se encuentran los **circos**, con grandes paredes dispuestas semicircularmente en forma de anfiteatro. Los **valles glaciares colgados** son valles laterales que quedan muy por encima del principal y corresponden a glaciares que se unían a uno más grande.
- Los **ibones** son lagos de montaña que rellenan depresiones generadas por la sobreexcavación glaciar que se produce al acumularse mucho hielo en el circo.

- Los **picos piramidales** (o horn) tienen esa forma (con sus aristas y caras) al ser excavados por varios circos glaciares. Por otra parte, las **crestas** son alineaciones montañosas con dos superficies excavadas por glaciares.
- Al retirarse el glaciar, afloran las **rocas pulidas** por la acción del hielo con los sedimentos que se encuentran en su seno. Presentan unas **estrías** o acanaladuras formadas por los ángulos de los bloques transportados.

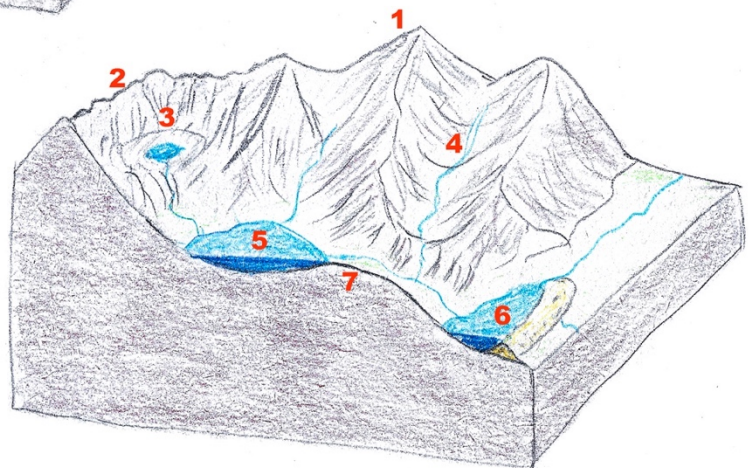


GLACIAR ALPINO

- A- CIRCO
B- LENGUA
C- MORRENA TERMINAL

MODELADO GLACIAR

- 1- PICO PIRAMIDAL (HORN)
2- CRESTA
3- CIRCO
4- VALLE GLACIAR COLGADO
5- LAGO GLACIAR DE SOBRE-EXCAVACIÓN
6- LAGO GLACIAR MORRÉNICO
7- UMBRAL GLACIAR



Formas de sedimentación:

- Las **morrenas** son depósitos de materiales (angulosos y de tamaño muy variable) arrastrados por el glaciar. Existen cuatro tipos: **fondo**, **laterales**, **centrales** (fusión de dos laterales al unirse dos lenguas) y **frontales** (forma de medialuna).
- Las **tillitas** son conglomerados procedentes de la consolidación de depósitos morrénicos.

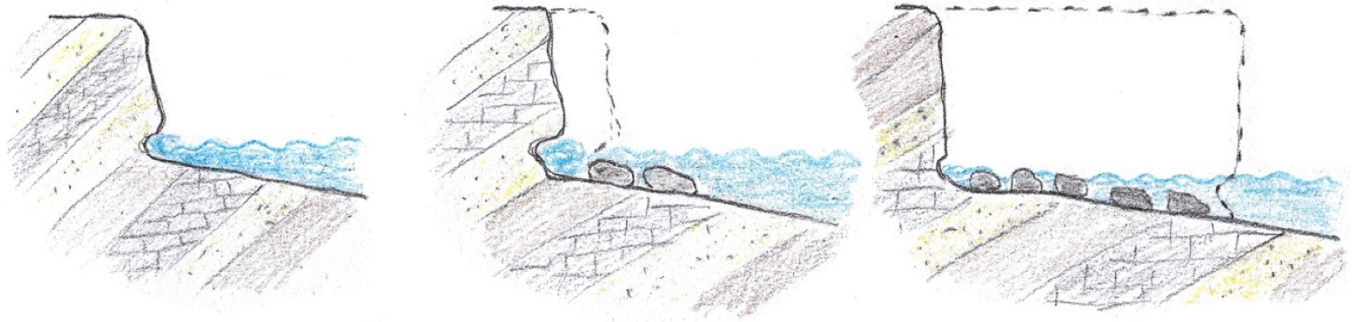
7.4 EL MODELADO COSTERO

Los **mares** y océanos son masas de agua salada que cubren el 75 % de la superficie terrestre. La acción marina se centra en la **costa** (el límite entre el mar y la tierra emergida) y está basado en tres movimientos: **olas**, **corrientes** y **mareas**. Se trata de un modelado azonal, puesto que es independiente del clima.

Formas de erosión:

- Un **acantilado** es una pared rocosa situada en la costa y generada por acción del oleaje. Las olas, al golpear la base, producen su socavamiento y se origina una oquedad que puede producir el derrumbamiento de la parte posterior y la

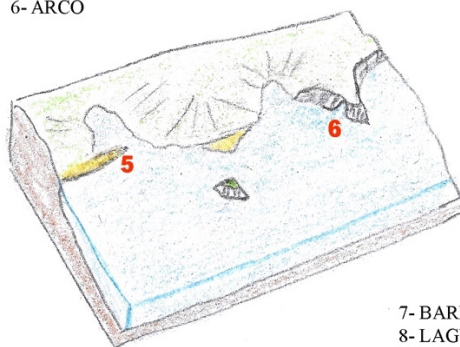
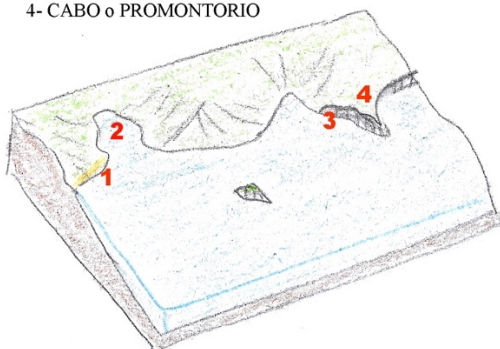
consecuente regresión del acantilado. Al repetirse este proceso, se forma al pie del acantilado una superficie llana con fragmentos rocosos de tamaño variable que recibe el nombre de **plataforma de abrasión**.



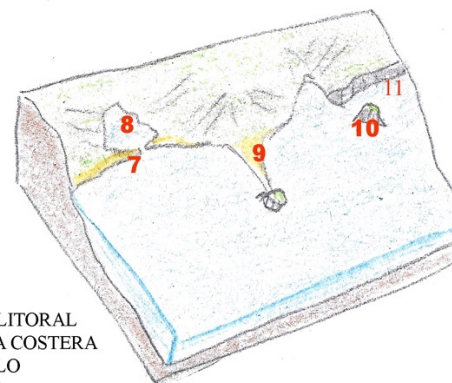
- La erosión diferencial de las costas produce salientes del continente en zonas que corresponden a rocas duras para formar **cabos o promontorios**. En las zonas con rocas blandas se originan **ensenadas o bahías**, que son entrantes del mar.
- Además de la erosión diferencial, se pueden generar costas recortadas en el caso de inundación de valles por aumento del nivel del mar o hundimiento tectónico. Si los valles son fluviales, se forman **rías** y **fiordos** si son valles glaciares.

1- PLAYA
2- BAHÍA o ENSENADA
3- ACANTILADO
4- CABO o PROMONTORIO

5- FLECHA LITORAL
6- ARCO



7- BARRA LITORAL
8- LAGUNA COSTERA
9- TÓMBOLO
10- ISLOTE
11- PLATAFORMA DE ABRASIÓN



Formas de sedimentación:

- Las **playas** son depósitos más o menos llanos de materiales generalmente arenosos. Esta sedimentación se produce al reducir la velocidad del oleaje o de las corrientes. No obstante, se trata de una formación muy cambiante, pues, en función de la dinámica marina, se pueden erosionar sus componentes para transportarse a otro lugar.
- Un **tómbolo** es una lengua arenosa que comunica un islote rocoso con el continente. Se forma al chocar en la parte central las olas desviadas por el propio islote.
- Una ensenada o un estuario puede obturarse total o parcialmente por acumulaciones alargadas de materiales arenosos. Si es parcial, se forma una **flecha litoral** y si es total, se forma una **barra o cordón litoral** que transforma la antigua ensenada en una **laguna costera** o albufera.

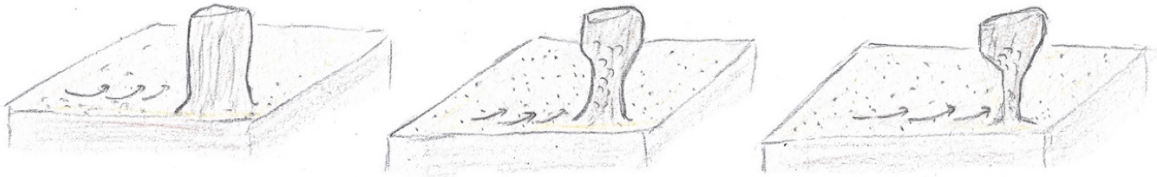
7.5 EL MODELADO EÓLICO

El **viento** consiste en masas de aire en movimiento que se generan por diferencias de temperatura que se establecen en la atmósfera. Su acción geológica es más limitada que

la de los agentes geológicos que dependen del agua, pero se hace predominante en climas áridos (desérticos), con precipitaciones escasas (y menor presencia de estos agentes).

Formas de erosión:

- Muchas rocas presentan unos orificios denominados **alvéolos o taffoni**, generados por **abrasión eólica**, el desgaste de materiales duros por las partículas que lleva el viento en suspensión.
- Las **rocas en seta o pedestal** son formaciones rocosas que se han erosionado más por su base, debido a la abrasión producida por partículas de mayor tamaño y que no pueden ser muy levantadas.



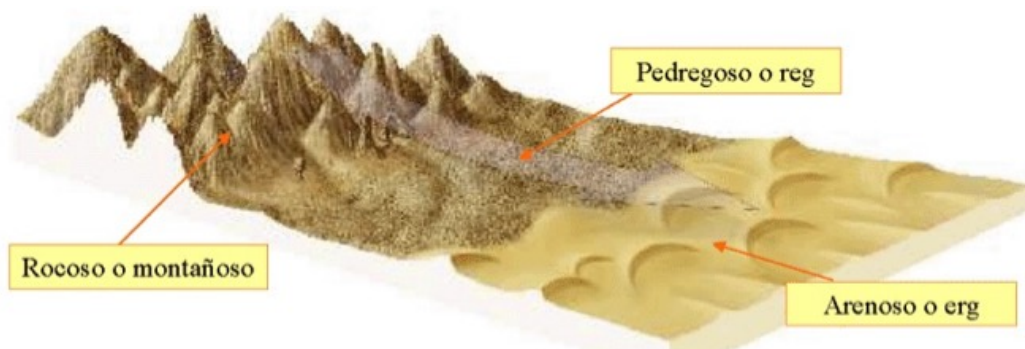
- La **hamada** es un desierto rocoso producido por el afloramiento del sustrato rocoso tras la erosión.
- Las **rizaduras paralelas (ripple marks)** son pequeñas ondulaciones de la arena generados por la **deflación**, consistente en la elevación y transporte de partículas finas y sueltas del suelo (como la arena).

Formas de sedimentación:

- Las **dunas** son acumulaciones de arena que presentan dos partes diferenciadas: la de barlovento (suave) y la de sotavento (abrupta). Existen varios tipos: transversales, longitudinales, **barjanes** (con forma de medialuna), o piramidales (de gran tamaño).



- El viento transporta de forma selectiva los materiales en función de su tamaño. Por ellos existen otros dos tipos de desiertos: el pedregoso (**reg**), formado por cantos y grava y el arenoso (**erg**) con campos de dunas.
- El **loess** es un polvo o limo que es transportado a miles de kilómetros, por lo que se sedimenta en regiones no desérticas de la periferia.



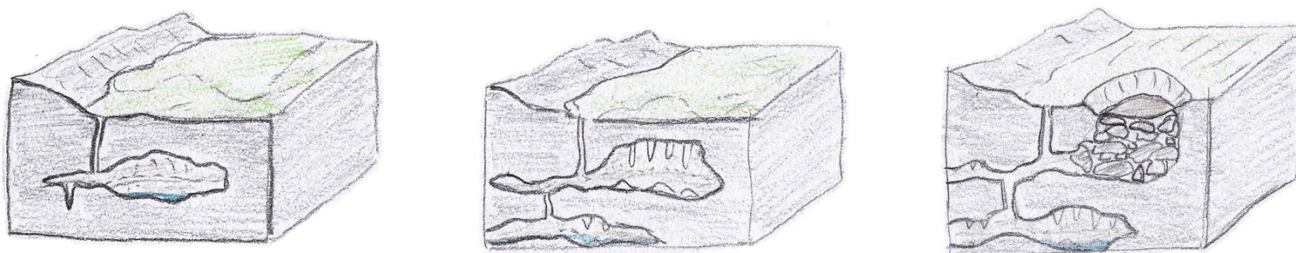
7.6 EL MODELADO KÁRSTICO

Con el nombre de karst se conoce a la acción de las **aguas superficiales** y **subterráneas** sobre las calizas y yesos. Los segundos son disueltos directamente por el agua, mientras que los primeros se disuelven por la acción de las aguas carbonatadas (con CO_2) mediante un proceso denominado **carbonatación**.

Este tipo de modelado tiene lugar en climas húmedos con temperaturas superiores a la congelación, como los tropicales y los templados.

Formas de erosión (disolución):

- Los **lapiaces** son surcos superficiales de la caliza formados por disolución del agua al discurrir por ellos.
- Al introducirse las aguas superficiales en el subsuelo (por los sumideros o por infiltración), van disolviendo la caliza por carbonatación para formar unas oquedades que son las **cuevas**. Éstas pueden presentar salas amplias y galerías estrechas. Las **simas** son cuevas en sentido vertical.
- Las **dolinas** son depresiones en forma de embudo causadas por el hundimiento del techo de una caverna. Por coalescencia (unión) de varias de ellas se producen formaciones a más escala como las **torcas** (hectométrica) y **poljés** (kilométrica).
- Un **torcal** es un paisaje ruiforme laberíntico que corresponde a la última etapa del desmantelamiento de un macizo calcáreo.



Formación de una dolina

Formas de sedimentación (precipitación del CaCO_3 disuelto):

- **Toba calcárea**: roca porosa formada a partir de la precipitación de caliza sobre la vegetación en torno a una corriente de agua.
- Los espeleotemas son un conjunto de estructuras originados en las cuevas por precipitación del CaCO_3 disuelto. Las **estalactitas** son estructuras puntiagudas que cuelgan del techo de las cavernas, mientras que las **estalagmitas** son de forma redondeada y situadas en el suelo de las cavernas bajo las estalactitas. Cuando estalactitas y estalagmitas se unen, se forman las **columnas**.
- Las impurezas no solubles presentes en las calizas forman las **arcillas de descalcificación** (*terra rosa*) al liberarse durante su disolución. Se depositan en las partes bajas de galerías y torcales y se caracterizan por su elevada fertilidad.

8- LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL MODELADO

1. El **clima** determina la presencia de algunos agentes geológicos y su modelado asociado. También condiciona los procesos de meteorización. De este modo:



En climas fríos: predomina el modelado glaciar y la gelivación.



En climas húmedos: predomina el modelado fluvial y la meteorización química.



En climas áridos: predominan los modelados eólico y torrencial, así como la termoclastia.



El modelado costero es azonal, independiente del clima. No obstante, predomina la haloclastia,

2. La facilidad a la erosión está determinada por la **litología** (el tipo de roca). La **erosión diferencial** se produce cuando hay una combinación de rocas competentes y poco competentes, quedando relieves residuales formados por los primeros. También existen modelados específicos de cada tipo de roca como:



El exokarst y endokarst por carbonatación y disolución de **calizas** y **yesos**.

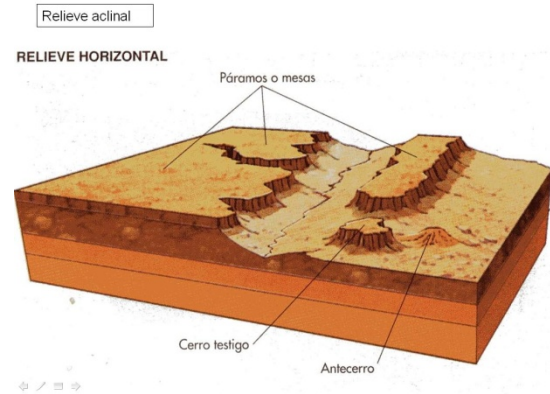


Los berrocales, domos e inselberg en **granitos**.

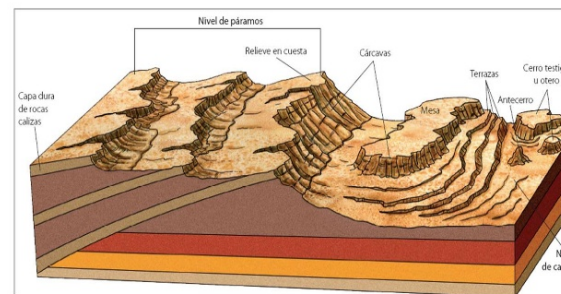


Los torreones o mallos en **conglomerados**.

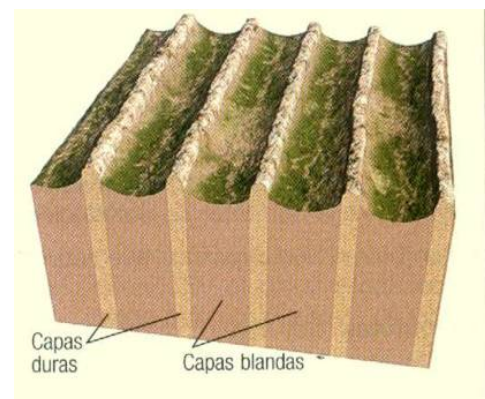
3. La **tectónica** es la disposición de las rocas en una zona y condiciona la actuación de un agente geológico. Se generan los **relieves estructurales**, formados por la alternancia de rocas competentes y poco competentes en los que la erosión diferencial resalta la disposición de las primeras (horizontal, inclinada, vertical, plegado o fracturado).



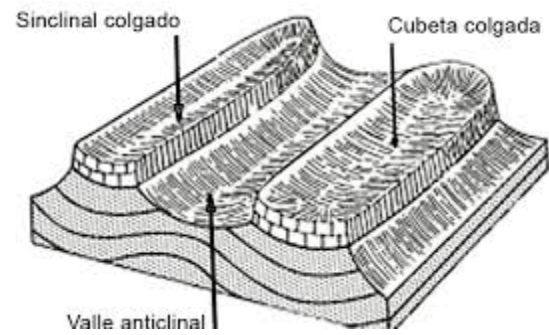
La disposición horizontal de los estratos genera **relieves tabulares**. Las capas competentes resistentes forman amplias mesetas o páramos. Cuando éstas se empiezan a erosionar, se desgastan rápidamente las capas blandas subyacentes, quedando elevaciones residuales denominados **cerros testigo**, muelas o sasos.



La disposición inclinada de los estratos genera **relieves en cuesta**.



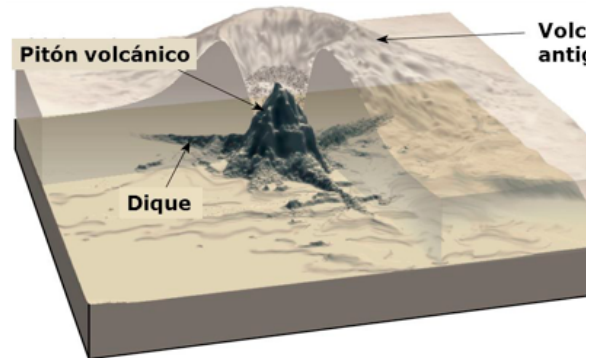
La disposición vertical de los estratos genera hogback, crestas o **rallas**.



El núcleo de los sinclinales puede quedar colgado, formando un **relieve invertido**.



Las corrientes de agua y los glaciares suelen discurrir a largo de **fallas** del terreno.



La chimenea rellena de un antiguo volcán forma un **pitón volcánico**.