

# GEOMORFOLOGÍA

## EL MODELADO DEL PAISAJE

**Modelado acimático: Modelado costero.** (Algunos libros (Editex) incluyen aquí el modelado kárstico, pero mejor es verlo como modelado litológico).

**Modelados climáticos** (sistemas morfoclimáticos). La acción del **clima** es determinante porque el agente geológico que predomina (agua, hielo y viento) es diferente.

**Sistema morfoclimático de zonas áridas y semiáridas (desiertos).**

**Sistema morfoclimático de zonas templadas (torrentes y ríos).**

**Sistema morfoclimático de zonas cálidas y tropicales.**

**Sistema morfoclimático de zonas frías (glaciar y periglaciar).**

**Modelados litológicos:** El determinante fundamental es la naturaleza de la **roca**.

**Modelado granítico.**

**Modelado kárstico.**

**Modelado volcánico.**

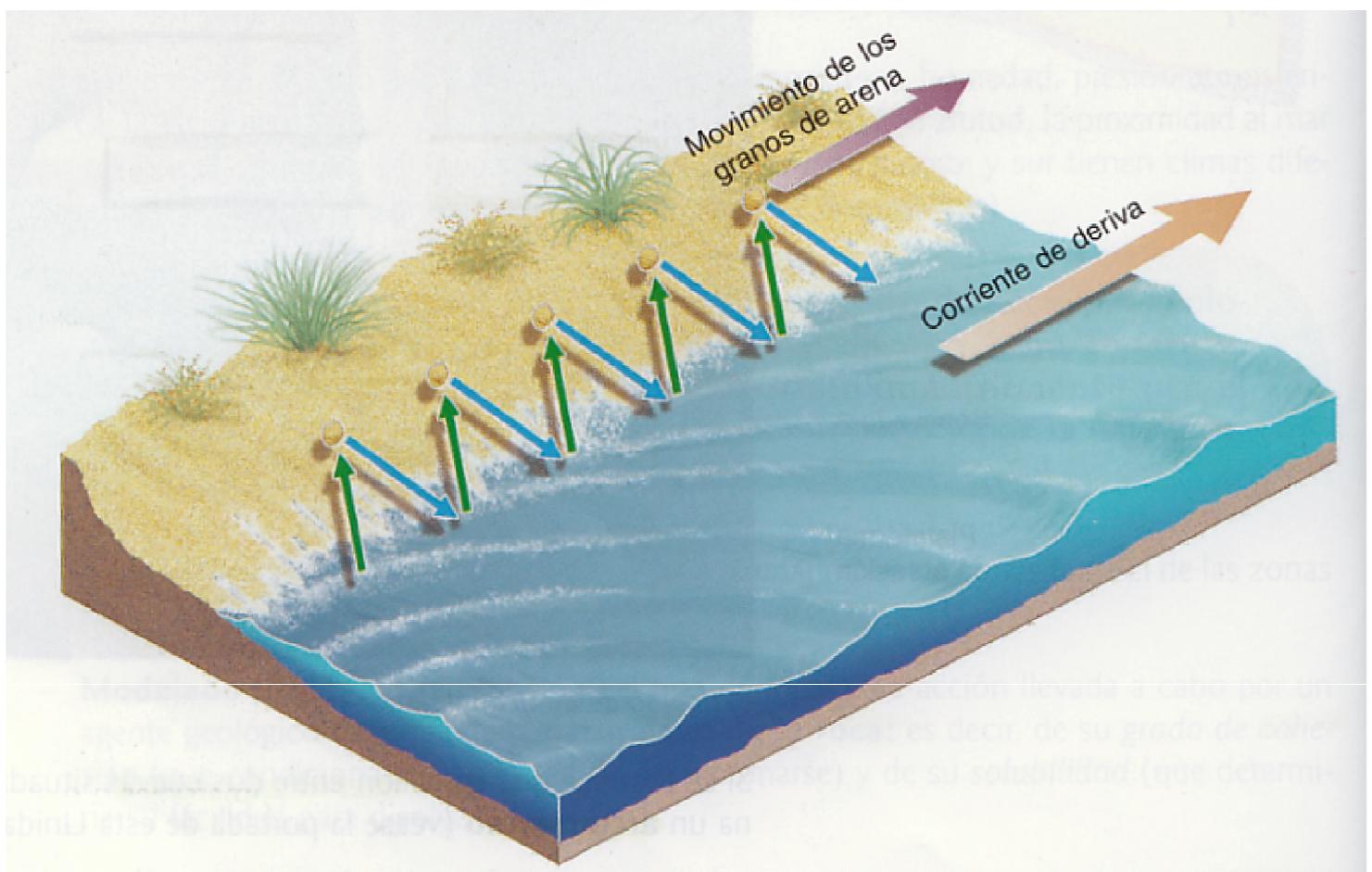
**MODELADO  
COSTERO  
(LITORAL)  
ACCIÓN DEL MAR**

## Modelado litoral

Las costas actuales son el resultado de la acción del mar sobre el continente, los relieves, a que da lugar, son tan variados como la naturaleza de las rocas que a él se asoman, y de las olas, corrientes y mareas que lo azotan, transformándolo continuamente.

Para una interpretación correcta de la línea de costa es preciso conocer previamente el movimiento de las aguas oceánicas.

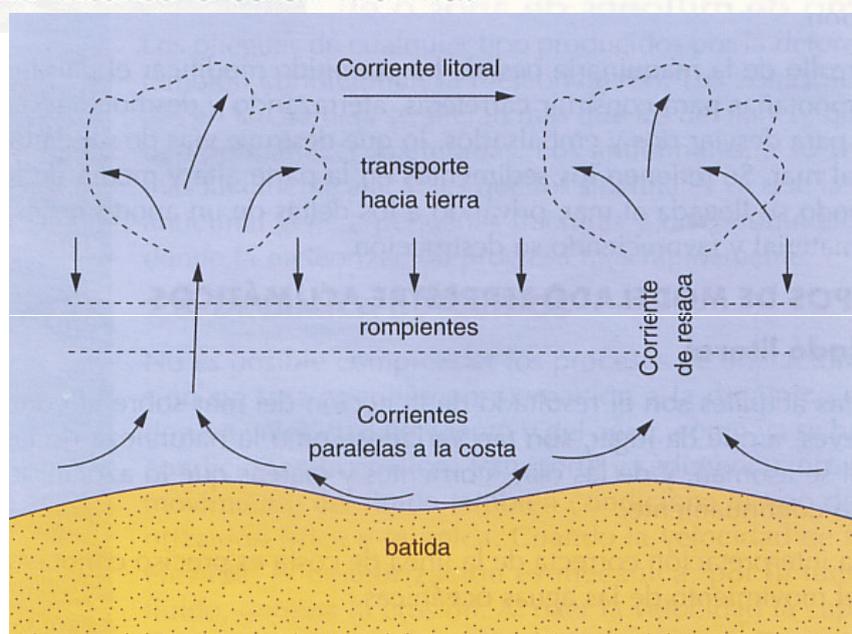
Las corrientes litorales se deben a la fricción del viento de circulación general del planeta. Son denominadas también de deriva, por incidir lateralmente sobre la costa. Responsables de la migración de los sedimentos a lo largo de la misma.

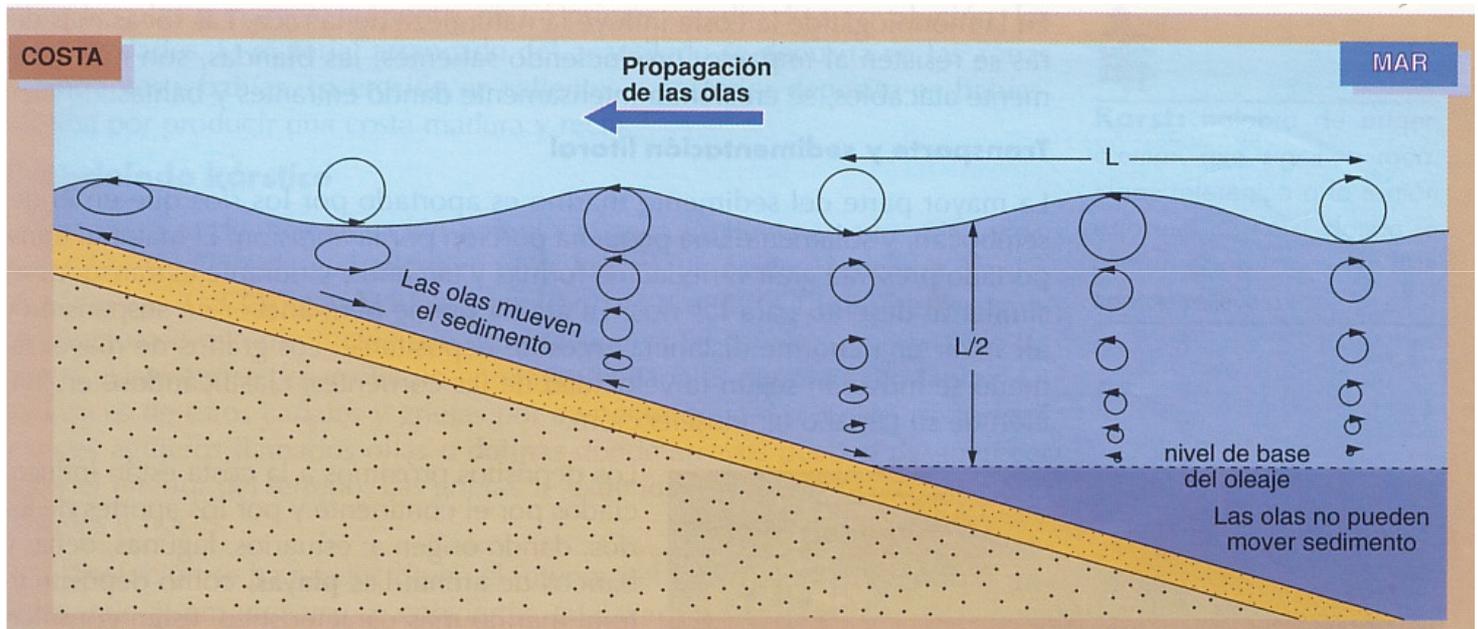


**La corriente de deriva** (o corriente litoral) es paralela a la costa. Se origina como consecuencia de los movimientos de las olas, que son dos: uno de avance hacia la tierra y otro de retroceso hacia el mar.

El movimiento general de las masas oceánicas son las **mareas**. Elevación y descenso, **pleamar** y **bajamar** respectivamente, del nivel del mar por la atracción de la Luna y el Sol. La atracción de ambos astros puede ser coordinada, sumándose ambos efectos. En este caso se producen ascensos y descensos máximos del nivel del mar sobre la costa. Se dice, entonces, que son mareas *vivas*. Si la atracción de uno es contrarrestada por el otro, la variación del nivel es mínima y las mareas son *muertas*.

Las **olas**, igual que las corrientes de deriva, son producidas por el viento, y su velocidad determina su altura. En una ola cada partícula de agua se mueve en una **órbita circular**, cuyo diámetro es igual a la altura de la ola. Al disminuir la profundidad, la capa de agua es menor al diámetro de la órbita, deformándose por roce con el fondo y elevando la ola. Al aumentar la deformación de la ola, **rompe** y el agua progresa hacia la costa. El retroceso se produce por **reflujo**. La fuerza de las olas puede ser enorme, pueden desplazar bloques gigantescos y llevar a cabo una intensa erosión marina.



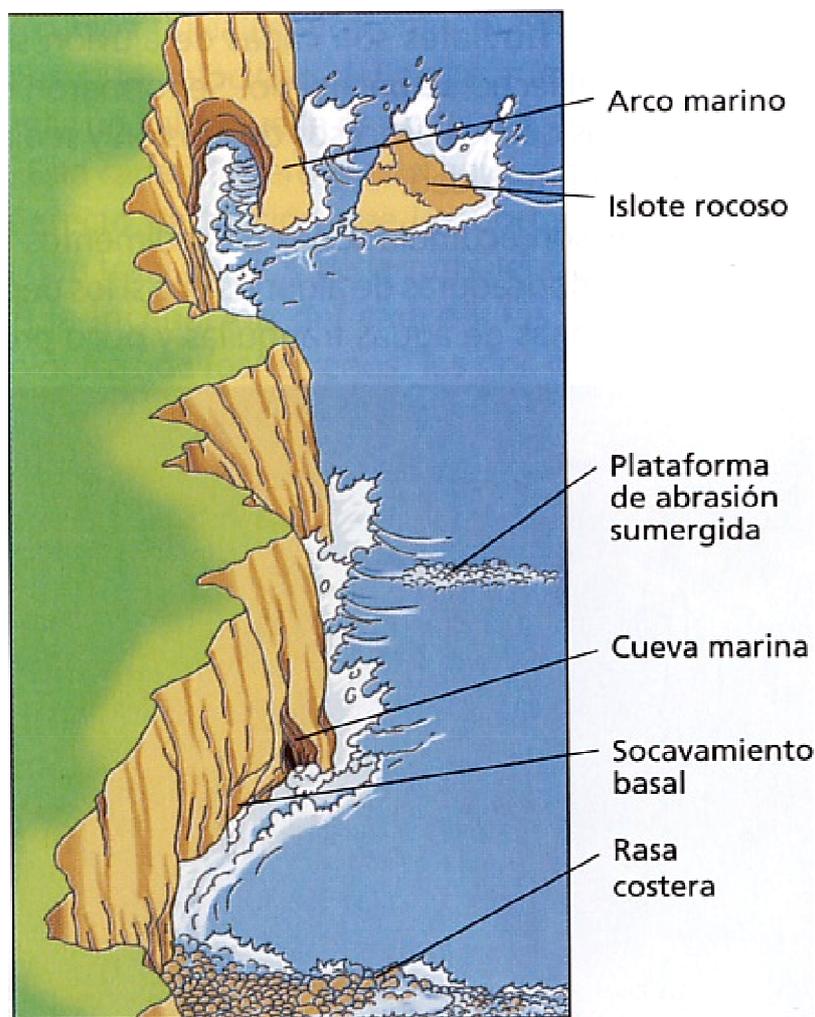


Movimiento orbital y nivel de base de las olas.

## Erosión litoral

La acción erosiva realizada por el mar es máxima en la costa. La principal acción erosiva es de tipo mecánico, se produce por acción conjunta de corriente, mareas y olas. Se denomina abrasión. Esta acción se multiplica cuando el agua transporta fragmentos de roca que actúan a modo de proyectil, lo que recorta la costa originando acantilados. El material arrancado se extiende dirección mar adentro y prolonga la plataforma continental formando una terrazza costera. La altura del acantilado depende, lógicamente, de la altura de las tierras firmes sujetas a erosión. Una erosión rápida da lugar a acantilados empinados. Una erosión lenta permite que los agentes aéreos participen en el modelado y los acantilados presentan pendientes más suaves.

En la morfología de la costa influye la naturaleza de la roca. Las rocas más duras se resisten al impacto, produciendo salientes; las blandas, son más fácilmente atacables, se erosionan intensamente dando entrantes y bahías.



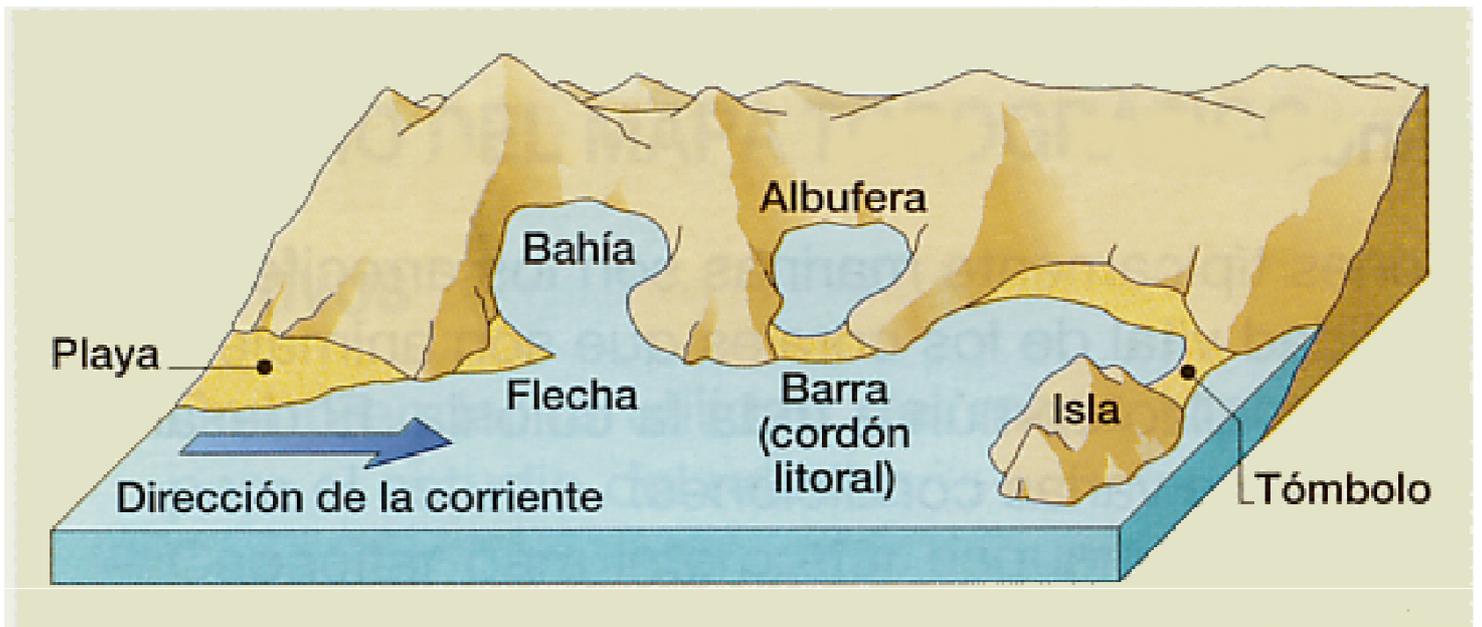
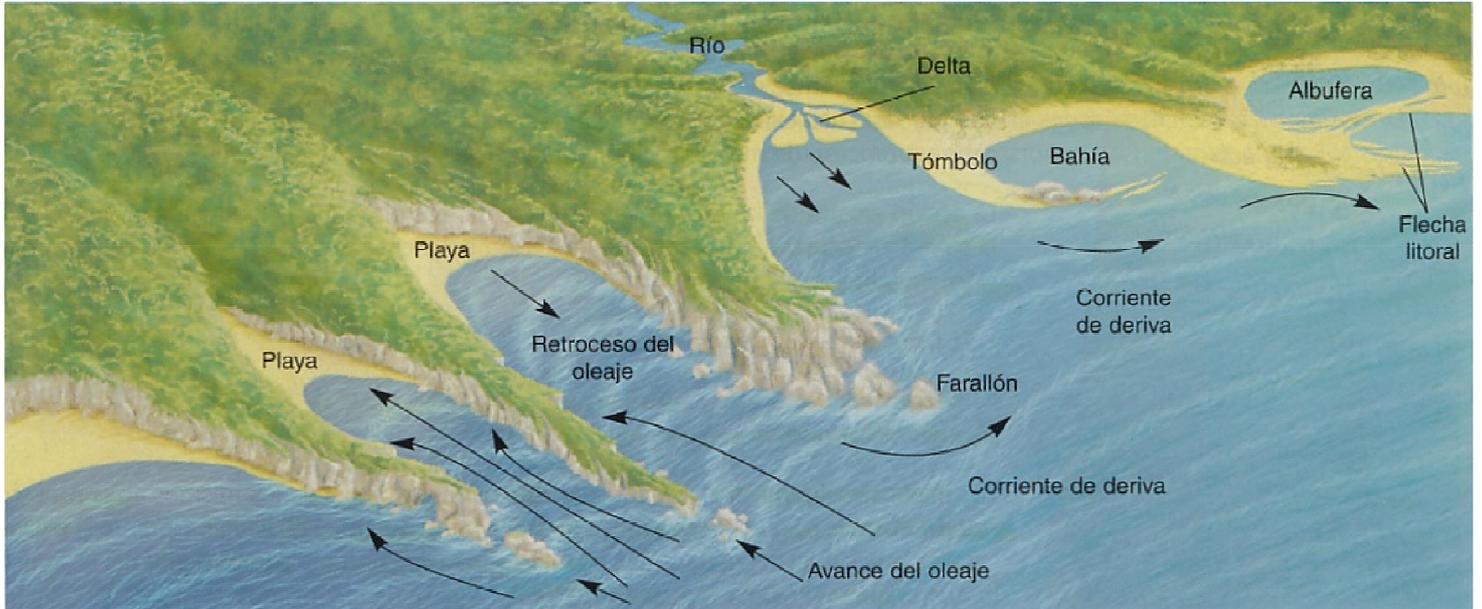
**Formas características de una costa escarpada.**

### **Transporte y sedimentación litoral**

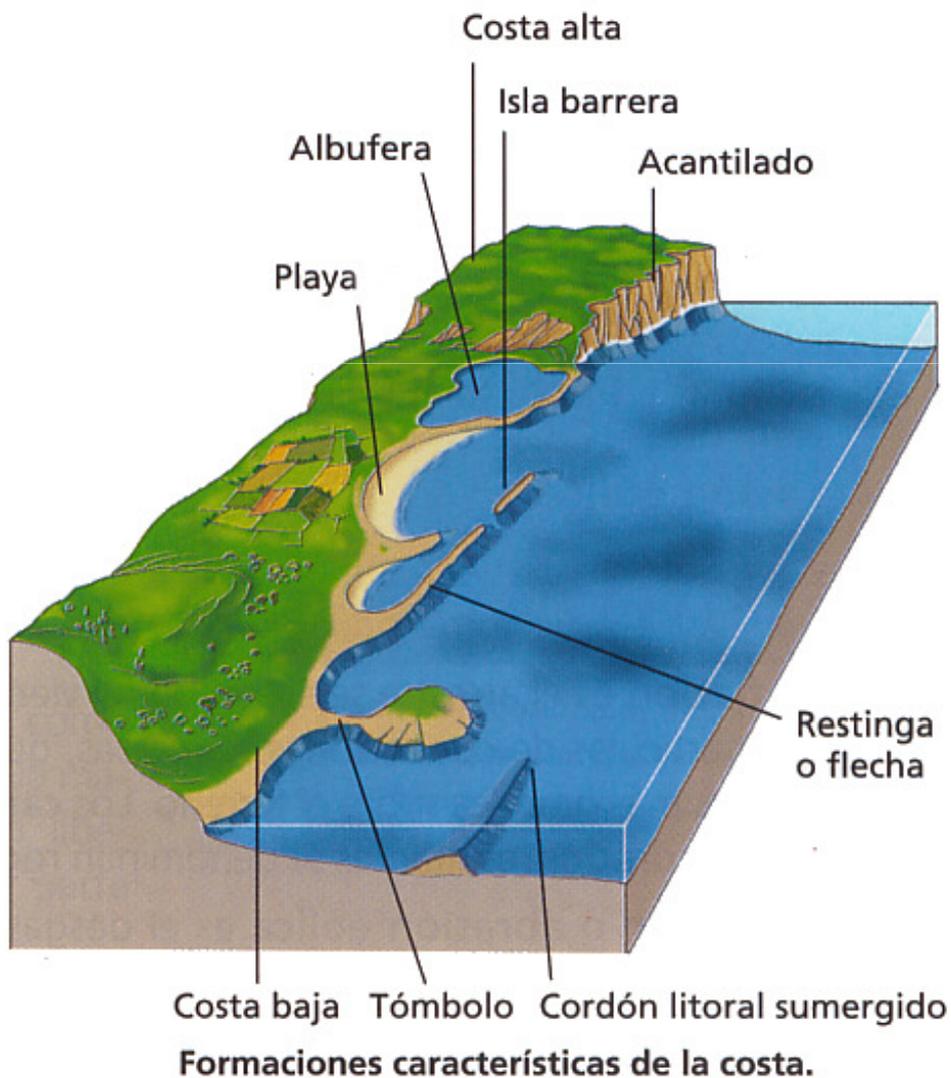
La mayor parte del sedimento marino es aportado por los ríos que en él desembocan, y solamente una pequeña porción por la abrasión. El material transportado presenta gran variedad de formas y tamaños, y durante el transporte es similar al descrito para los ríos. La arcilla puede permanecer en suspensión y alcanzar una enorme distancia antes de depositarse. Los granos de mayor tamaño se moverán según la velocidad de las corrientes, clasificándose en función de su tamaño (granoselección).

Los depósitos próximos a la costa están influenciados por el continente y por los aportes de los ríos, dando origen a: estuarios, lagunas, deltas y bancos de arena. Las **playas**, como depósito litoral marino más característico, están constituidas por bancos de arena y grava acumulados por la acción de las olas y de las corrientes de deriva en la zona de oscilación de las mareas. Los materiales que las constituyen son resistentes y proceden, en muchos casos, de acantilados próximos.

En una costa de pendientes suaves se forman barras de arenas o gravas paralelas a la costa. Estas pueden elevarse y atravesar una bahía uniendo los dos cabos, barra de boca de bahía. Otra barra de arena es el tómbolo, cordón de arena que une la costa a una isla marina.



**Depósitos costeros.**



# SISTEMA MORFOCLIMÁTICO DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS (DESIERTOS).

## ACCIÓN DEL VIENTO

## Erosión

La capacidad erosiva del agua y viento depende de la masa en movimiento y de la velocidad. El máximo de erosión se producirá en época de avenida de ríos donde se mueven grandes cantidades de agua a gran velocidad.

El viento es un agente importante principalmente en los lugares donde los productos de la meteorización no están protegidos por la cobertura vegetal o no hay humedad que les afecte. El grado de actividad del viento está sujeto a la distribución climática y es mayor en las regiones áridas y semiáridas.

Las arenas que lleva en suspensión el viento (son de cuarzo fundamentalmente ( $\text{SiO}_2$ )) causan una importante erosión en los dos primeros metros sobre la superficie tanto en rocas como en monumentos de zonas áridas o semiáridas (pirámides de Egipto).

## Transporte

La erosión moviliza las partículas que son transportadas a distancias variables. El viento tiene una capacidad de transporte limitada a arena y polvo. La velocidad media del viento es de 5 m/s, puede mover partículas inferiores a 2,2 mm. Las partículas de mayor tamaño requerirán vientos más fuertes y su recorrido es más corto. En este caso las partículas son transportadas por saltación y en menor proporción por arrastre.

		Diámetro	Viento (m/s)
Limo		0,05 - 0,01	0,1 - 0,05
Arena	fina	0,1	1 - 1,5
	media	0,5	5 - 6
	gruesa	1	10 - 12

Velocidad de transporte eólico en función del tamaño de las partículas.

<b>Tamaño de los granos en mm</b>	<b>Nombre de los sedimentos</b>	<b><u>Nombre de la roca</u></b>
>64 mm 4-64 mm 2-4 mm	Bloques Cantos (gravas) Gravilla	Conglomerado grueso <b><u>Conglomerado</u></b> Microconglomerado
2-1/16 mm	Arenas	<b><u>Arenisca</u></b>
1/16-1/256 mm < 1/256 mm	Limos Limos finos	Limolita <b><u>Arcilla</u></b> (=argillita, =lutita)

La arena arrastrada por el viento se mantiene a pequeña altura, inferior a 2 metros, y realiza un gran trabajo de erosión a nivel del suelo. Las partículas pequeñas, de tamaño polvo, permanecen suspendidas en el aire, alcanzando niveles altos de la atmósfera y transportadas a grandes distancias. Frecuentemente sobre nuestro país aparecen nubes de polvo procedentes del desierto del Sahara, situado a cientos de kilómetros.

## Esfinge y pirámide de Giza

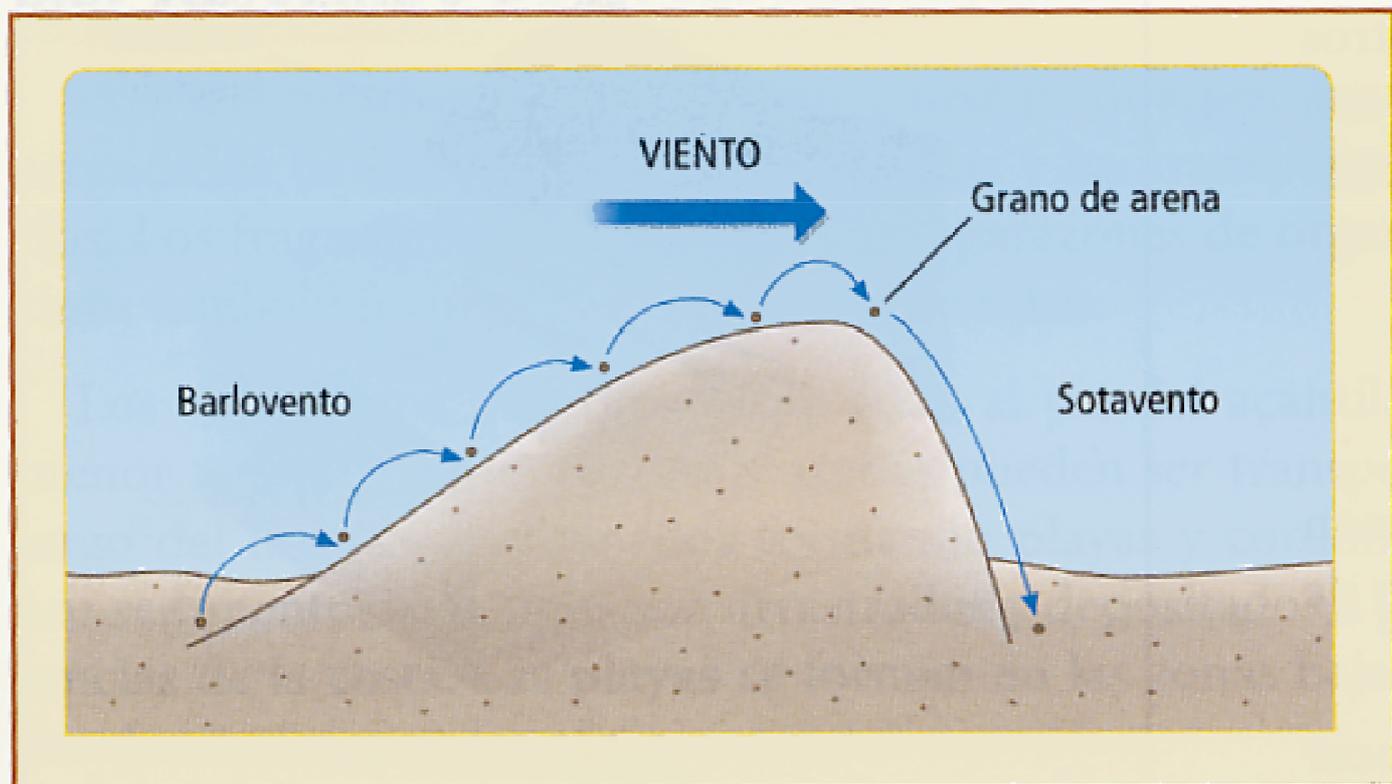


### **Sedimentación**

Al disminuir la velocidad del agente de transporte se produce el depósito, denominado eólico para los sedimentos producidos por el viento. El polvo queda retenido gracias a la humedad y vegetación, y puede acumularse en capas de gran espesor. Importantes, por su interés agrícola, son los **loess**, arena arcillosa con materia orgánica.

Las partículas de tamaño arena se acumulan formando **dunas**. La detención se produce por choque con obstáculos en zonas llanas. Su morfología es muy variada. Si no presenta forma definida se denomina mar de arena. Los **barjanes**, dunas que resultan de la acción de vientos unidireccionales, tienen forma de media luna con una pendiente suave en el sentido de procedencia del viento (barlovento) y otra más abrupta a sotavento (sentido opuesto). La acción combinada de vientos suaves y persistentes de distinta dirección producen un alineamiento de crestas que se conoce como **serfs**.

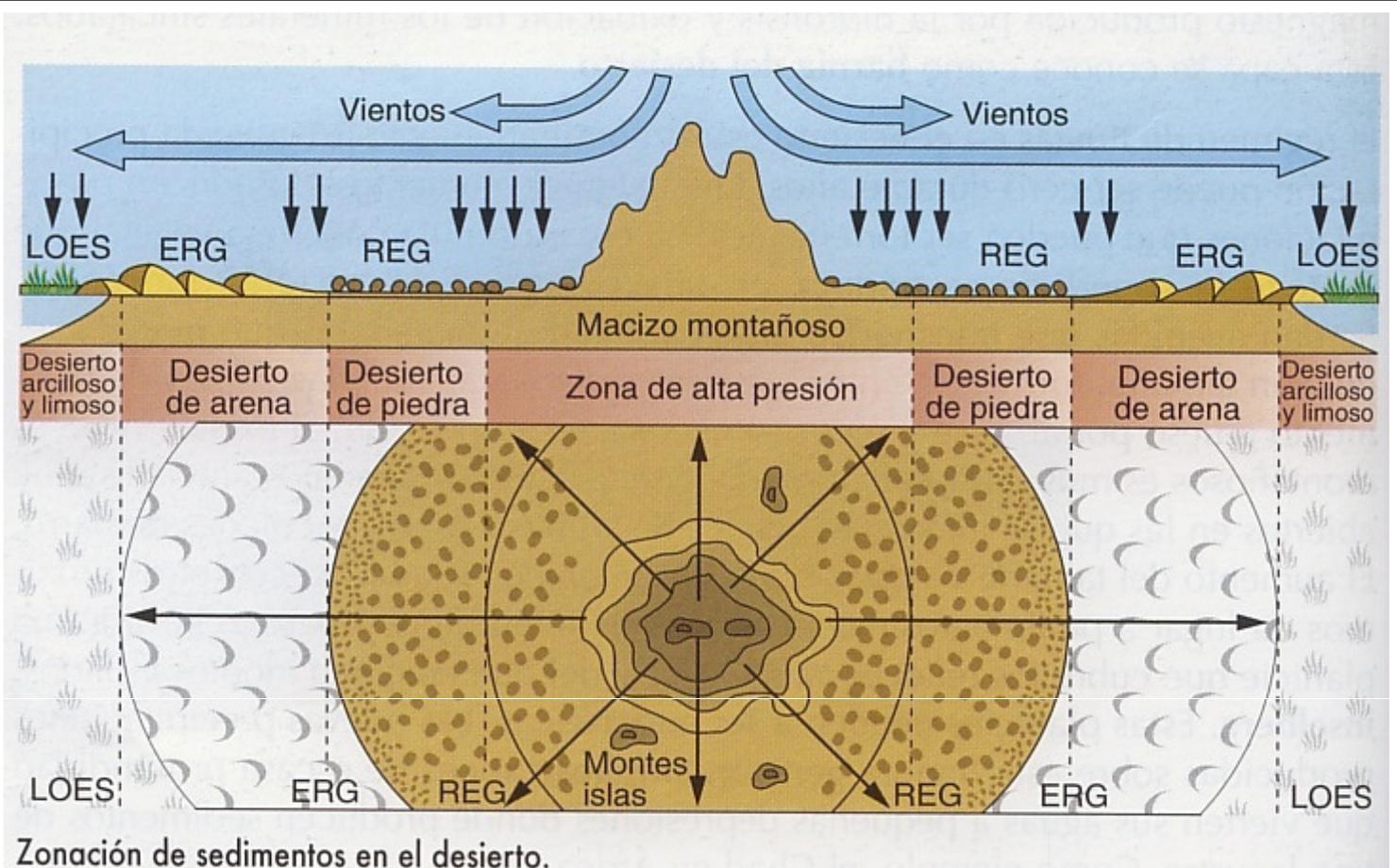
# DUNA DE ARENA



## Dunes National Park Great Sand Dunes Colorado



# Sand ripples. National Park Great Sand Dunes



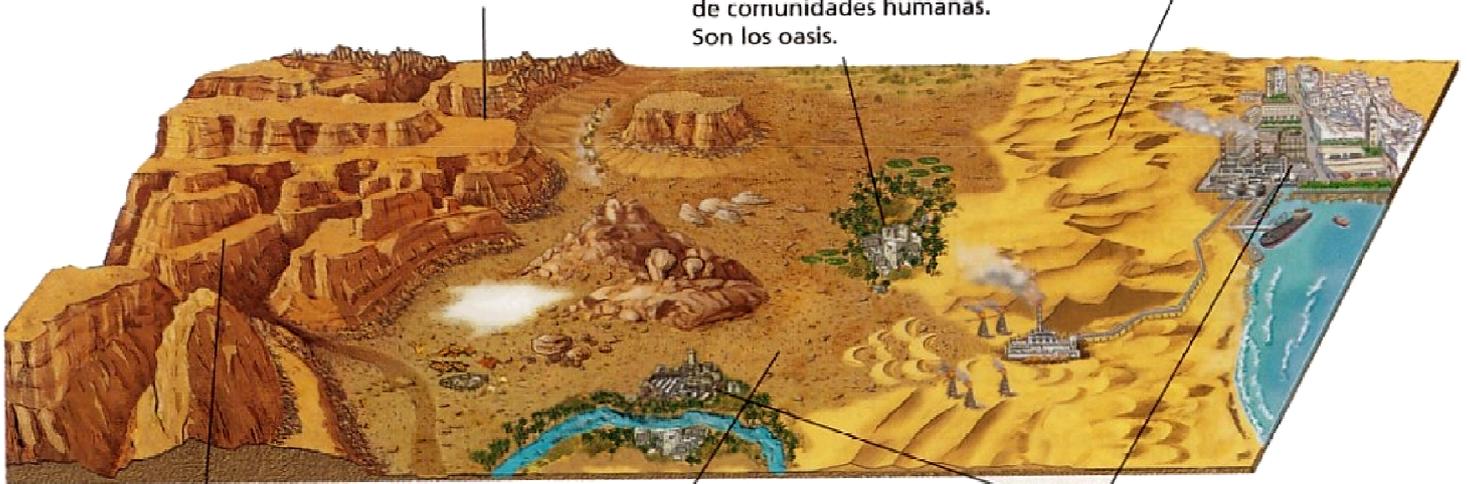
The Arabic word reg means 'becoming smaller'. A reg is a huge area covered with gravels

## Formas típicas del relieve en las zonas áridas

**Uadi.** Por estos valles sólo corre agua tras las escasas precipitaciones, que suelen ser torrenciales. El agua de arroyada da lugar a la formación de cárcavas.

En algunas zonas afloran aguas subterráneas, permitiendo la vida vegetal y la instalación de comunidades humanas. Son los oasis.

**Desierto de arena (erg).** Causado por la sedimentación eólica.



**Desierto rocoso.** El viento golpea en las rocas produciendo pequeñas cavidades y estrías. Aparecen formaciones debidas a la erosión eólica.

**Campo empedrado (reg).** Se debe a la retirada por parte del viento de los materiales más ligeros.

La acción humana en este medio es menos importante. Las poblaciones se instalan sólo en la costa o bien en los oasis.

-**Erg** means sea of sand. In the geographical terminology, "erg" means a sand desert. Its opposite, the "reg" is a stone desert. **Erg** means Dune Sea.

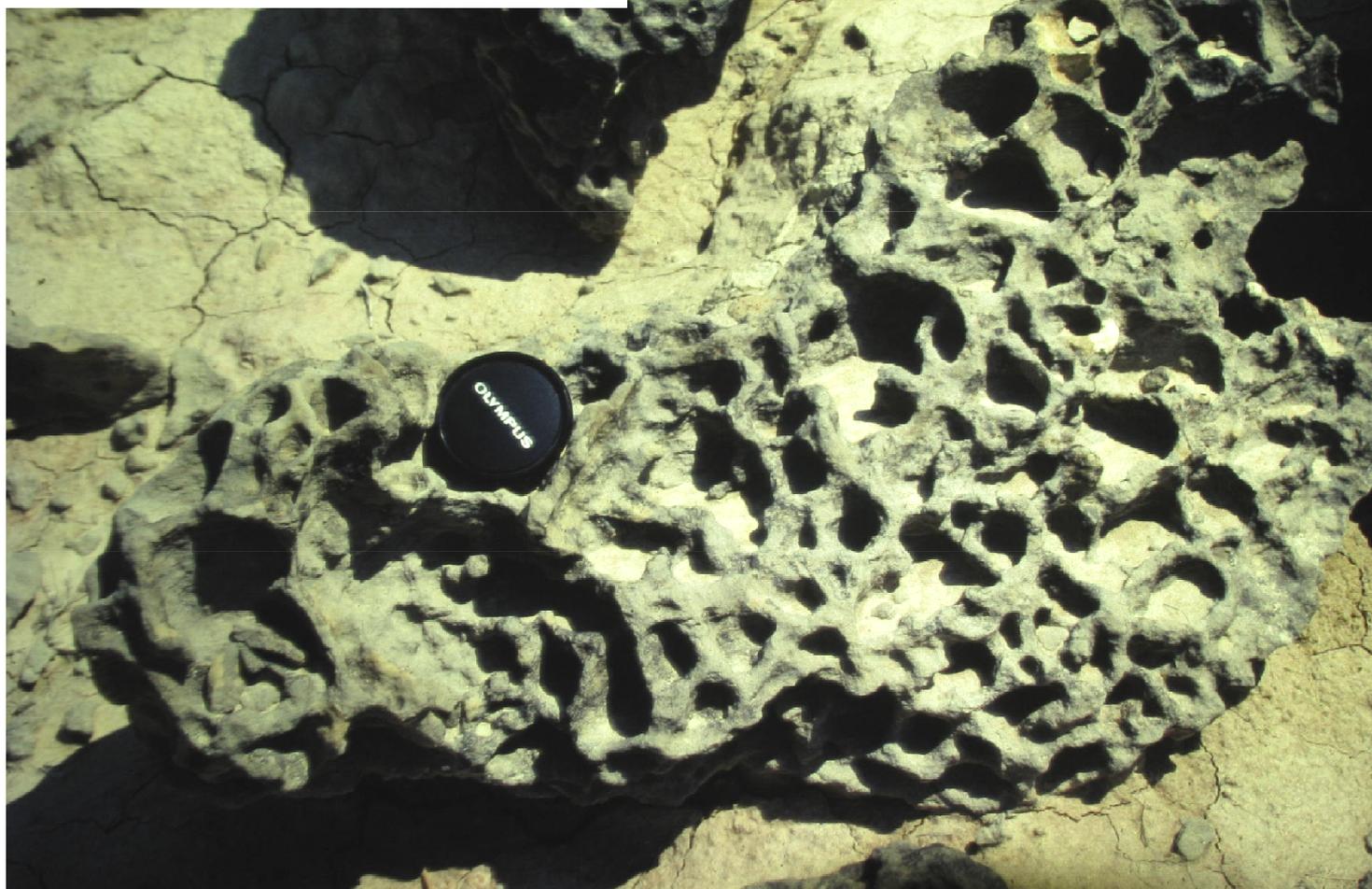
- En arabe, erg signifie "désert. de dunes", en tamachek, la langue des Touaregs.

-**Uadi (Wadi)** significa curso de agua seco. **Wadi** means a dry riverbed. The Arabic word *wadi* means a watercourse valley which may or may not flow with water after substantial rainfall.



Detalle de los alvéolos causados por el impacto repetido de la arena. Bardenas Reales de Navarra. 24 febrero 2013.

Rocas alveolares producidas por la erosión del viento en las areniscas del suelo. Bardenas Reales de Navarra.



Un clima desértico propiamente dicho se caracteriza por temperaturas elevadas y ausencia de precipitaciones. En estas condiciones la meteorización química es poco importante por la escasez del agua, tanto líquida, en el suelo y subsuelo, como en forma de humedad en la atmósfera. Sobre cantos y relieves pétreos se puede generar una fina capa de óxidos e hidróxidos de hierro y magnesio producida por la hidrólisis y oxidación de los minerales silicatados. Esta capa se conoce como **barniz del desierto**.

El régimen de lluvias en el desierto es extraordinariamente irregular, la precipitación puede ser cero durante años. En cualquier momento se producen precipitaciones que pueden ser torrenciales. La escasa o nula cobertura vegetal que protege la superficie se traduce en una intensa meteorización mecánica. Se dan avenidas que transportan gran cantidad de materiales que pueden ser de gran tamaño, formando en los cauces las llamadas **ramblas**, barras de sedimento grueso por arrastre y sedimentos finos en suspensión. Si existen relieves montañosos es muy común la formación de cárcavas y abanicos aluviales muy abiertos en las que se intercalan niveles de arenas y gravas y coladas de barro. El aumento del tamaño y espesor de estos abanicos y la unión con otros próximos da lugar a pedimentos extensos. La evolución de este paisaje lleva a una planicie que cubre los relieves más suaves y del que emergen montes aislados, **inselberg**. Estas planicies tienden a ser endorreicas. Las nuevas precipitaciones producidas sobre esta llanura generan amplios cauces de escasa profundidad que vierten sus aguas a pequeñas depresiones donde producen sedimentos de tipo lacustre. Como ejemplo, el Chad en África.

## Rocas fungiformes en Argelia



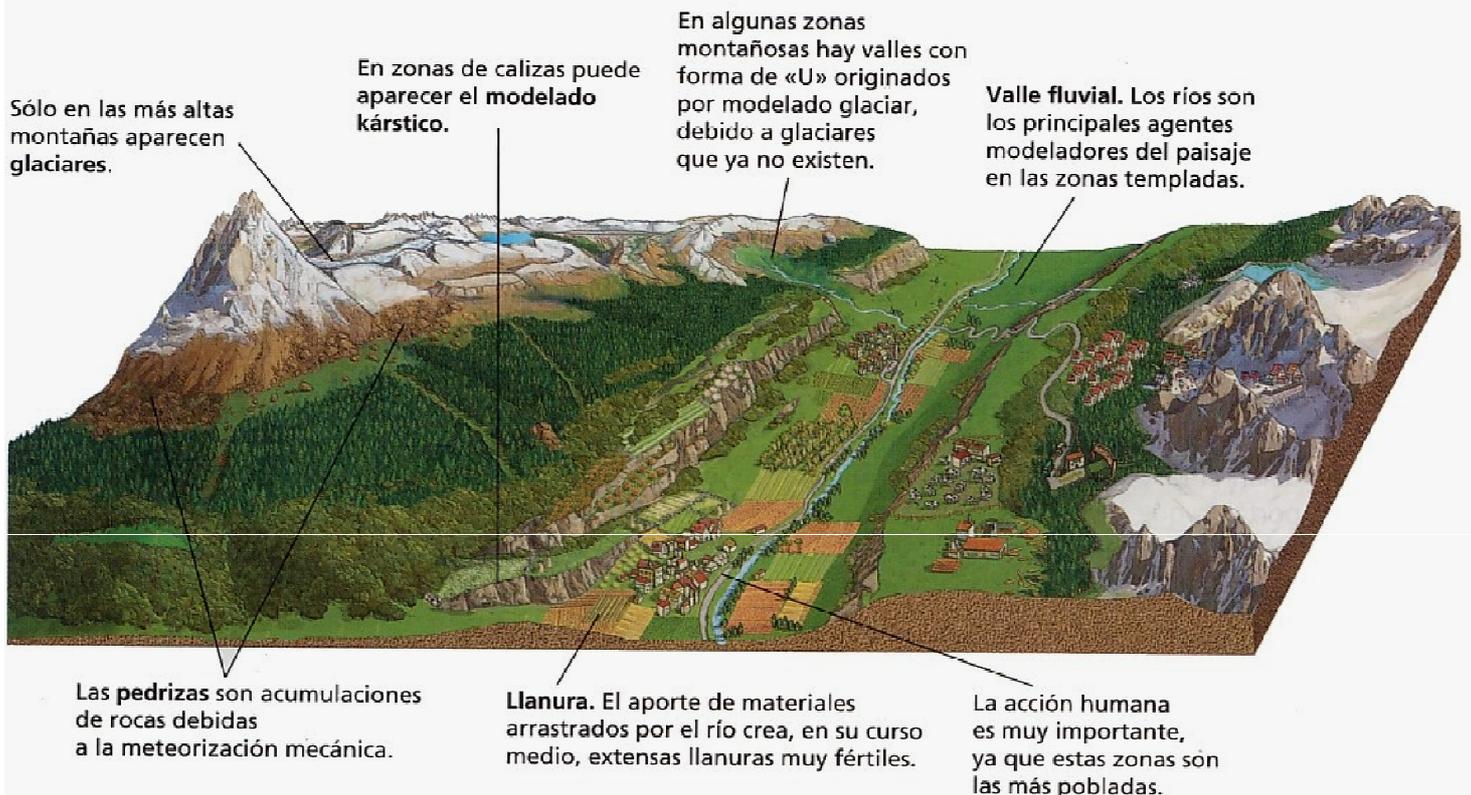
Estas llanuras desérticas constituyen un buen reservorio de agua subterránea. El agua de lluvia se filtra y acumula en estos sedimentos de arenas y gravas. Durante las largas etapas de sequía el intenso calor produce una intensa evaporación. En muchos desiertos estas costras son salinas y constituyen un importante recurso para los pueblos próximos que las trabajan desde hace siglos por su continua regeneración.

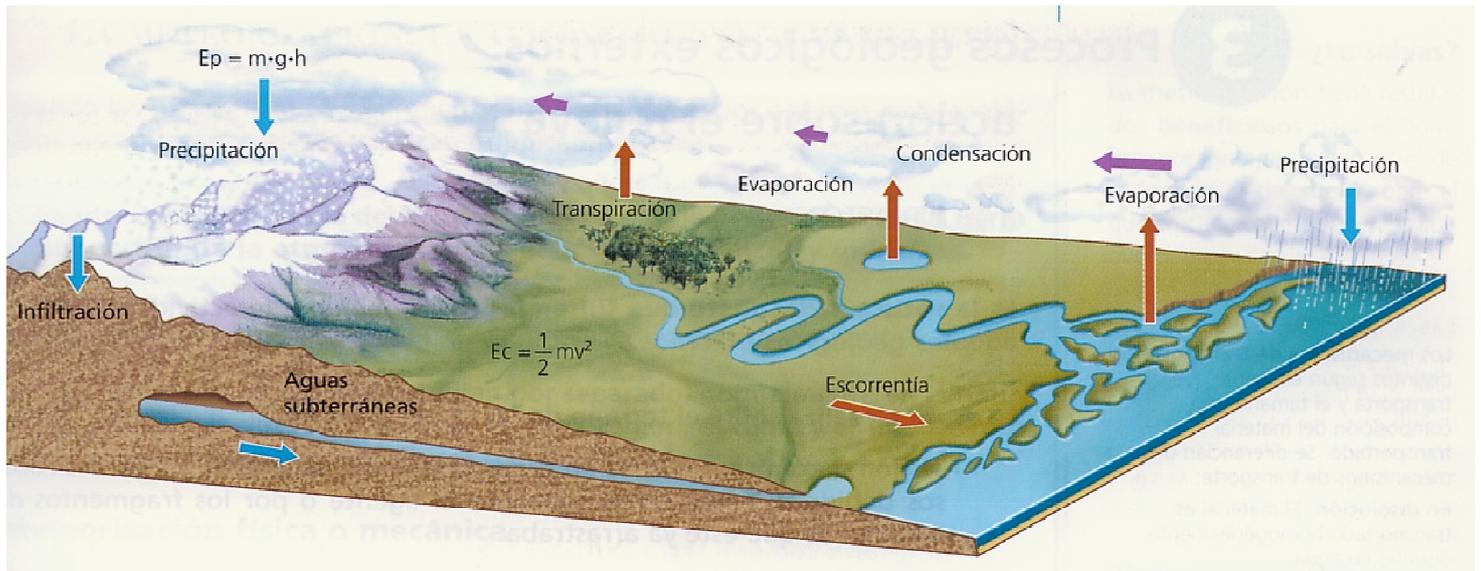
El efecto del viento en estas zonas es muy importante como ya se vio, con morfologías muy características y una zonación desde el interior al exterior como se puede ver en la figura. Cabe destacar el **reg** o desierto pedregoso y el **erg** o desierto arenoso.

# SISTEMA MORFOCLIMÁTICO DE ZONAS TEMPLADAS

## ACCIÓN DE TORRENTES Y RÍOS

### Formas típicas del relieve en las zonas templadas





# ACCIÓN DE LOS RÍOS

## Erosión

La **erosión** es el arranque mecánico de fragmentos de roca por el agua y el viento. Se produce por la presión hidráulica ejercida por el fluido en movimiento. Por sí solos, agua y viento, tienen poca capacidad erosiva. Esta aumenta por los detritus que arrastra: limos, arena y fragmentos mayores, que actúan como proyectiles. La acción de limado se denomina **corrosión**. Los fragmentos se incorporan al flujo, chocan entre ellos y se rompen, triturándose y transformándose en fracciones más finas.

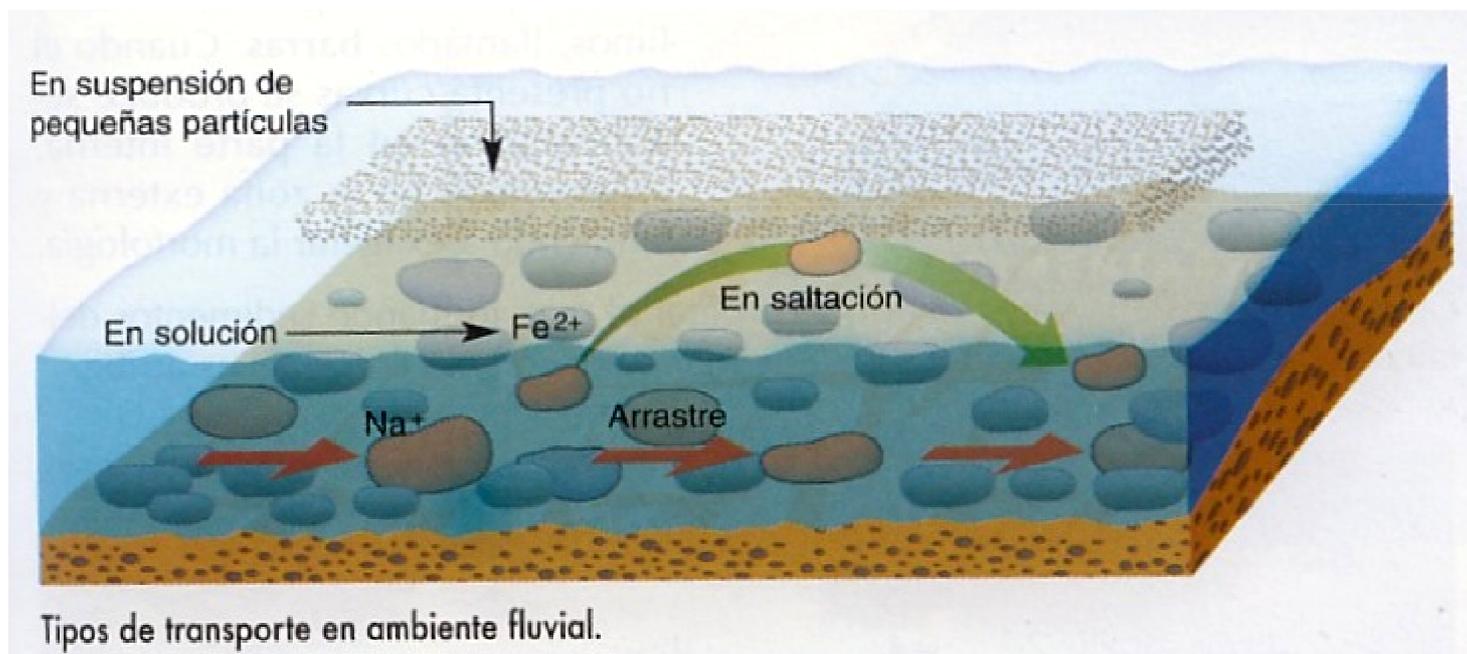
La capacidad erosiva del agua y viento depende de la masa en movimiento y de la velocidad. El máximo de erosión se producirá en época de avenida de ríos donde se mueven grandes cantidades de agua a gran velocidad.

La acción del agua es variada e intensa. El agua de lluvia golpea sobre la superficie y en su posterior descenso por laderas puede lavar los productos más finos y arrastrarlos. Esta, al descender por gravedad se ve guiada hacia depresiones y áreas no protegidas por cobertura vegetal. Su acción erosiva se concentra en los cauces y produce profundos surcos. Se organiza, así, una red de drenaje.

## Transporte

El material transportado por torrentes y ríos se denomina carga y puede serlo en disolución o por medios mecánicos. La carga en disolución procede fundamentalmente de la meteorización química, sílice coloidal, hidróxidos, carbonatos, sulfatos y cloruros, dependiendo de la roca drenada.

La carga mecánica se mueve por suspensión y la distancia recorrida depende del tamaño de la partícula y la velocidad de la corriente. Por rodadura sobre el lecho o bien a saltos de forma similar al transporte eólico. Consecuencia de estos procesos de transporte se produce la granoselección, a las zonas más alejadas únicamente llegan las partículas más finas.



## Sedimentación

El depósito de la carga transportada por una corriente de agua depende de su caudal, del rozamiento entre las partículas y de la pendiente del terreno.

Los depósitos, por descenso brusco de la velocidad y la pendiente, forman los **pie demonte**, en la parte baja de las laderas, en este caso, los materiales están sin clasificar. Si el agua está organizada, formando torrentes estacionales, se forman **abanicos** a la salida de los valles con los materiales mal clasificados, las fracciones más gruesas se depositan antes. Si el depósito se produce

en cauces ya estables, este puede tener lugar en el propio cauce o en la llanura próxima, como lentejones irregulares de gravas, arenas y limos, llamados **barras**. Cuando el río presenta curvas se produce sedimentación en la parte interna, erosionando en la zona externa y tendiendo a exagerar la morfología.

La mayor parte de la carga del río va a parar al mar, formando sedimentos deltaicos que ocupan un área en forma de triángulo, con el vértice aguas arriba.



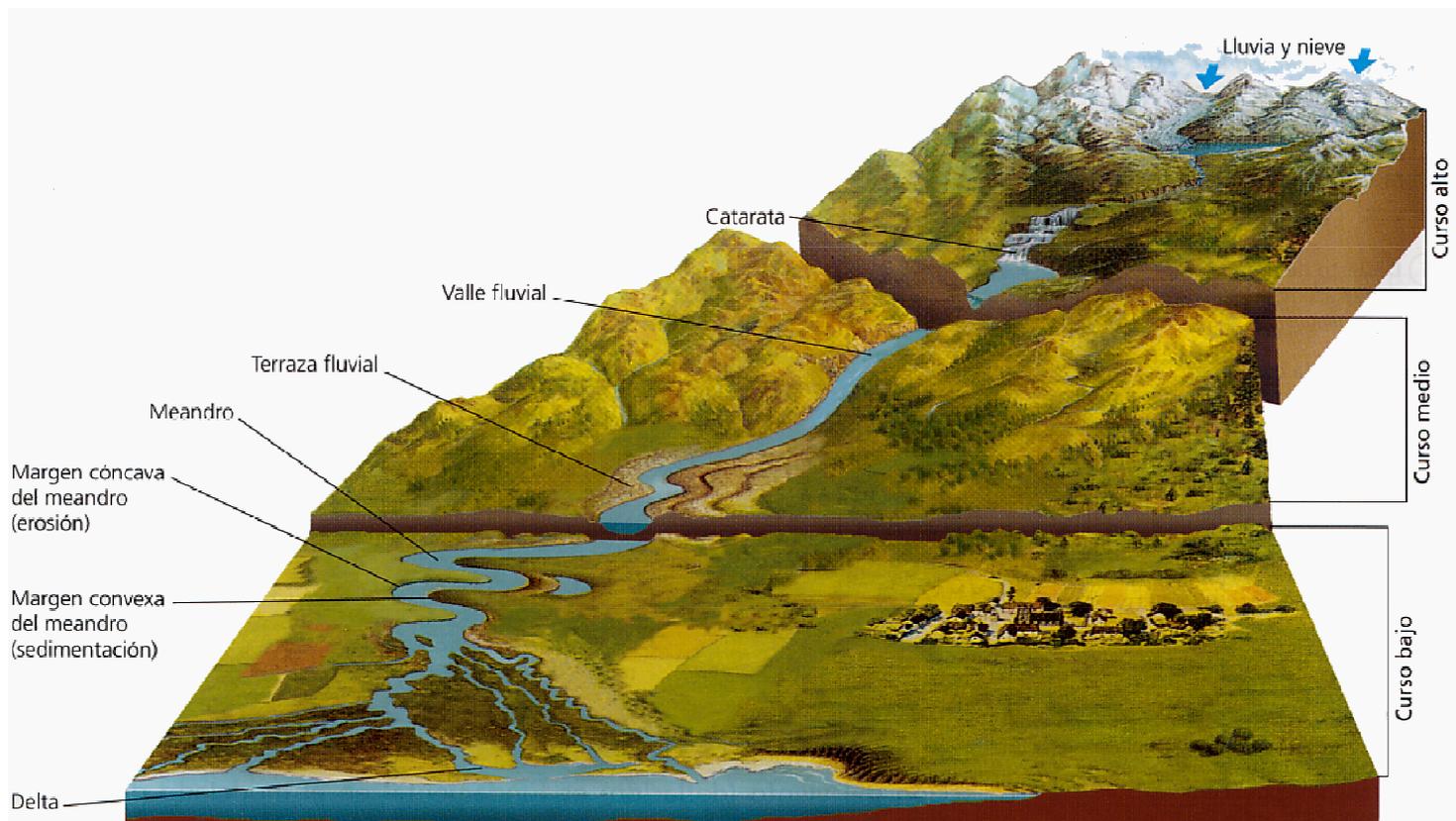
Los climas templados están definidos por temperaturas intermedias con variaciones estacionales y régimen de lluvias moderado y variable a lo largo del año. Presentan la cubierta vegetal bien desarrollada, protegiendo la superficie de la acometida del agua de lluvias.

Las precipitaciones, en forma de lluvia, ejercen una intensa meteorización física sobre las vertientes más empinadas y desprovistas de vegetación. A favor de la pendiente las aguas superficiales se organizan rápidamente en redes fluviales, arborescentes, por las cuales avanza la erosión y eliminación de sedimentos a zonas más bajas. La disponibilidad de agua permite que se acumule en el subsuelo, se mantenga almacenada y circule lentamente alimentando acuíferos, fuentes y ríos en las estaciones en las que no se producen precipitaciones.

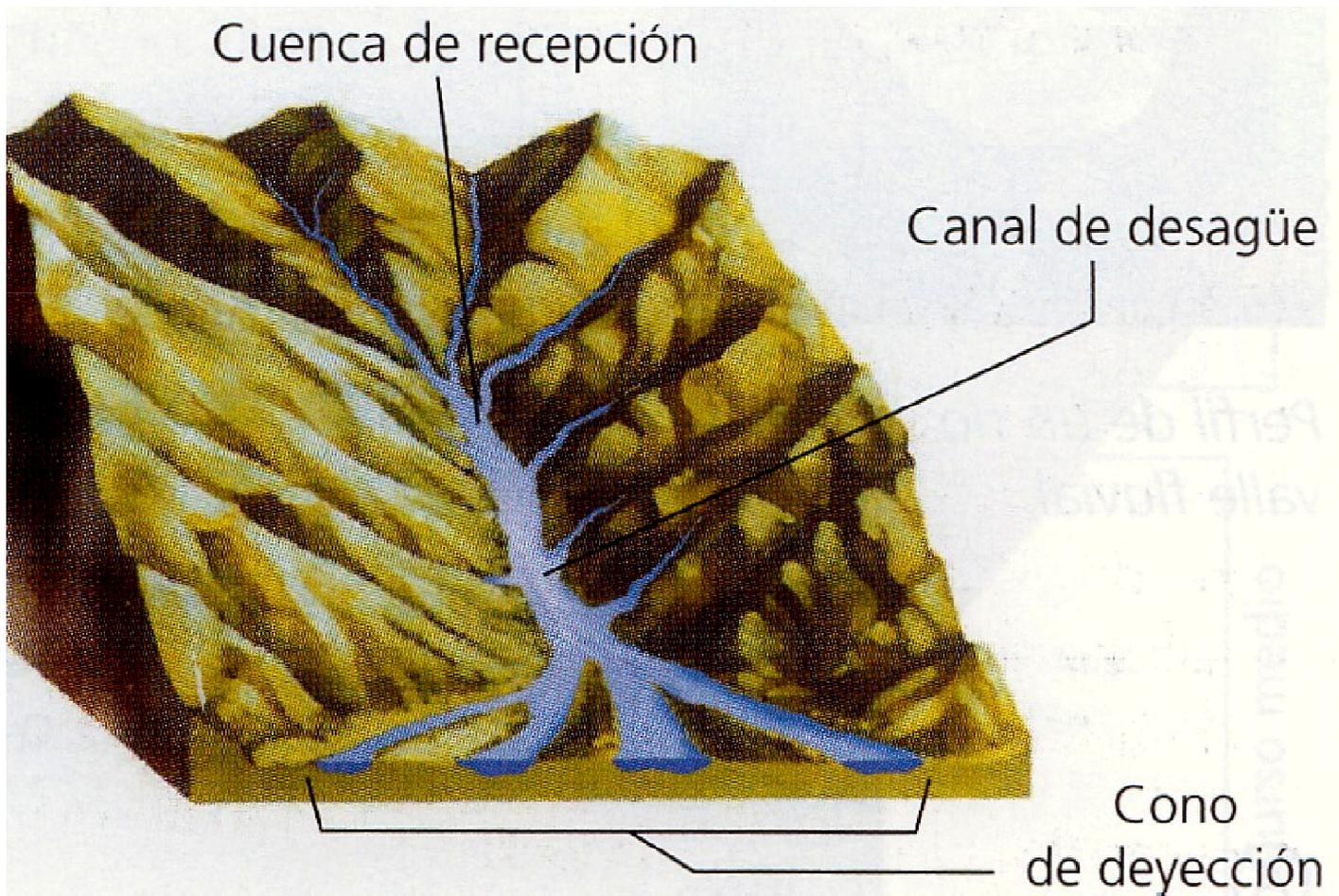
Esta situación propicia la meteorización química, importante en estas zonas, a favor de grietas, huecos y porosidad, transformando las rocas y sedimentos *in situ*. Las rocas se van disgregando y minerales poco estables son transformados en otros más adaptados a las nuevas condiciones ambientales, generalmente arcillas. Esta disgregación y formación de arcillas aumenta la porosidad y la capacidad para contener y retener mayores cantidades de agua. Esto supone una mejora en las condiciones de desarrollo de la vegetación, que a su vez contribuye a la fijación del terreno. La materia vegetal muerta se incorpora al sustrato enriqueciéndolo en materia orgánica y favoreciendo el desarrollo de suelos.

Las formas de relieve más importantes son los valles fluviales con perfil en V en las zonas montañosas y en forma de artesa o más abierto en el tramo medio y bajo.





# ACCIÓN DE LOS TORRENTES Y AGUAS TORRENCIALES



# SISTEMA MORFOCLIMÁTICO DE ZONAS CÁLIDAS Y TROPICALES

En torno a la zona ecuatorial y extendiéndose hasta los trópicos, se localizan las zonas climáticas cálidas en las que se mantienen temperaturas altas a intermedias, más o menos estables, en todas las estaciones. La pluviosidad es muy importante, regularmente distribuida a lo largo del año o presentando una estacionalidad muy marcada con épocas de intensa sequía alternada con otras de fuertes precipitaciones. Esta disponibilidad de agua y temperaturas más o menos cálidas, permite que el desarrollo vegetal sea muy importante, formándose extensos bosques tropicales en zonas de lluvias constantes, e interminables sabanas, donde las lluvias son estacionales.

La acción erosiva de aguas de lluvia y superficiales es muy importante en zonas de fuertes pendientes, encauzando, por arroyos y ríos, los sedimentos a las zonas más bajas.

En zonas montañosas suaves, laderas y llanuras donde la vegetación está bien desarrollada, la acción erosiva es escasa o inexistente. Sin embargo, la meteorización química se hace muy intensa por la abundancia de agua y las altas temperaturas, que favorecen las reacciones químicas. Los mantos meteorizados que se forman en estas latitudes son muy potentes y se desarrollan sobre cualquier litología. Los suelos son muy potentes y sensibles a la desaparición de la cubierta vegetal.

## COMPLEMENTOS

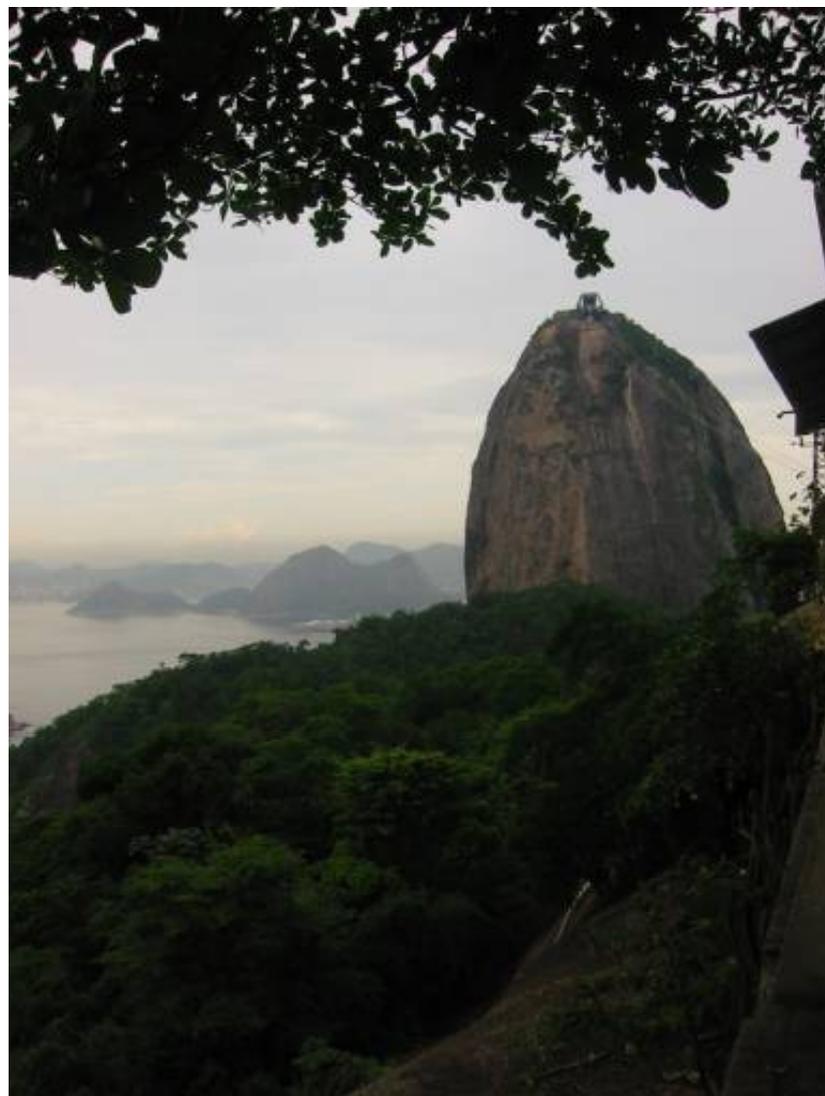
Los **tors**, con morfología similar a los panes de azúcar, están más relacionados con el diaclasado de la roca que con la exfoliación.

Resultado de la intensa actividad química es el desarrollo de **suelos lateríticos** y **lateritas**. Los **minerales silicatados**, constituyentes fundamentales de las rocas, son **intensamente atacados** y disueltos por todo tipo de reacciones descritas previamente (oxidación, hidrólisis, etc.). La mayor parte de los compuestos son eliminados y se produce una **acumulación de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio** que son **insolubles**, formando costras duras o lateritas (fuente mineral de aluminio). Al formarse estos acúmulos de óxidos e hidróxidos próximos a la superficie, mezclados con la materia orgánica procedente de la cubierta vegetal, se habla de suelos lateríticos.



Pan de azúcar de Río de Janeiro, Brasil.

Los relieves positivos que se producen en estos ambientes cálidos son los **panes de azúcar** y **tors**, similares a los inselberg de las zonas áridas, pero con siluetas más redondeadas. Los panes de azúcar son generalmente pitones **de masas graníticas** u otras rocas plutónicas similares. Presentan una cima redondeada y laderas prácticamente verticales. Rodeando al pan de azúcar aparece un piedemonte procedente de la destrucción del relieve.



**SISTEMA  
MORFOCLIMÁTICO  
GLACIAR Y  
PERIGLACIAR**

**ACCIÓN DEL HIELO**

**ACCIÓN DEL  
HIELO**

## Efectos de la temperatura

La respuesta de una roca, y en particular de sus granos y minerales, a los cambios bruscos de temperatura como los que se producen en los desiertos entre el día y la noche, es la dilatación y contracción, provocando su fragmentación.

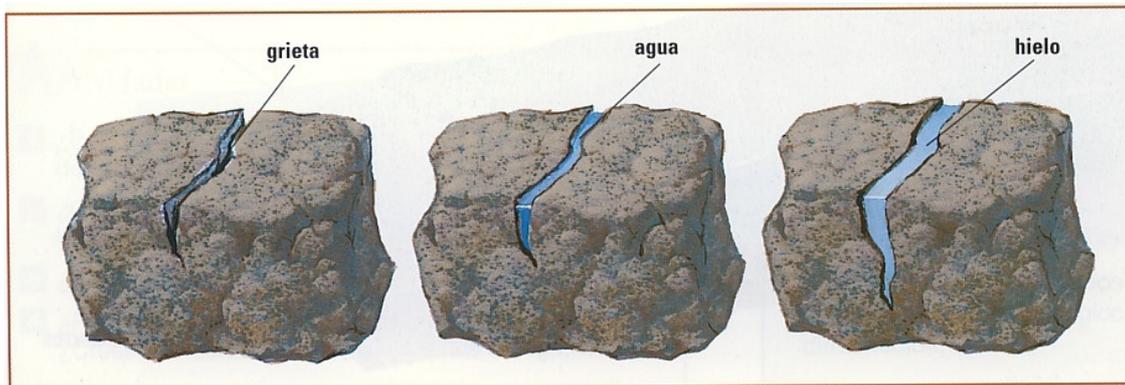
En climas fríos, donde la temperatura media oscila en un intervalo en torno a 0 °C, se produce la congelación del agua en los huecos que presenta la roca y como resultado, gelifracción: fragmentación por efecto cuña del hielo. El agua, contenida en huecos y grietas, al congelarse aumenta de volumen, lo que ejerce presión sobre las paredes. Al repetirse este proceso de congelación-descongelación repetidas veces se produce la fractura.



Meteorización mecánica: por efecto de los cambios de temperatura o por objeto del hielo.

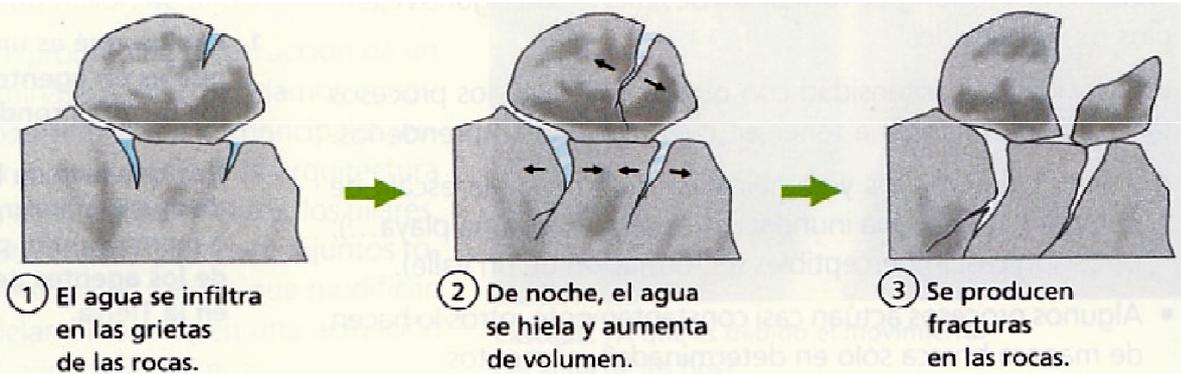
Este proceso es el agente meteorizante principal en latitudes medias con zonas montañosas elevadas y es el causante, en gran medida, de los perfiles aserrados de las crestas montañosas y de los acúmulos de escombros en sus laderas.

## Crioclastia (gelifracción)



Cuando el agua líquida se congela aumenta su volumen un 9%. Esto sucede porque las moléculas de agua en el hielo están más separadas que en estado líquido.

Un ejemplo de meteorización física. Meteorización causada por el proceso de congelación y fusión del agua.





# GLACIARES

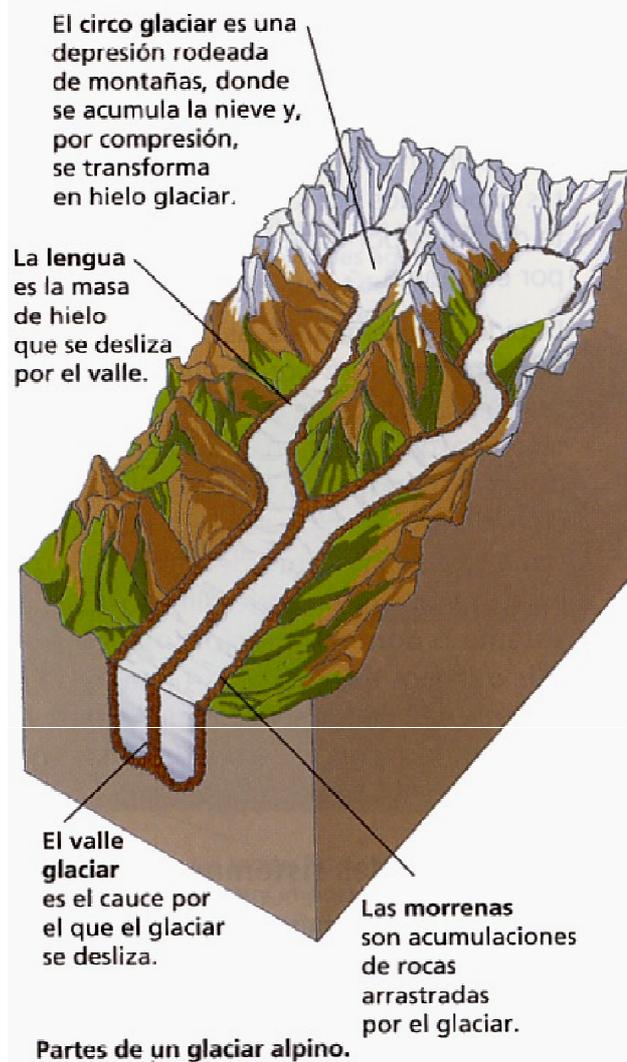
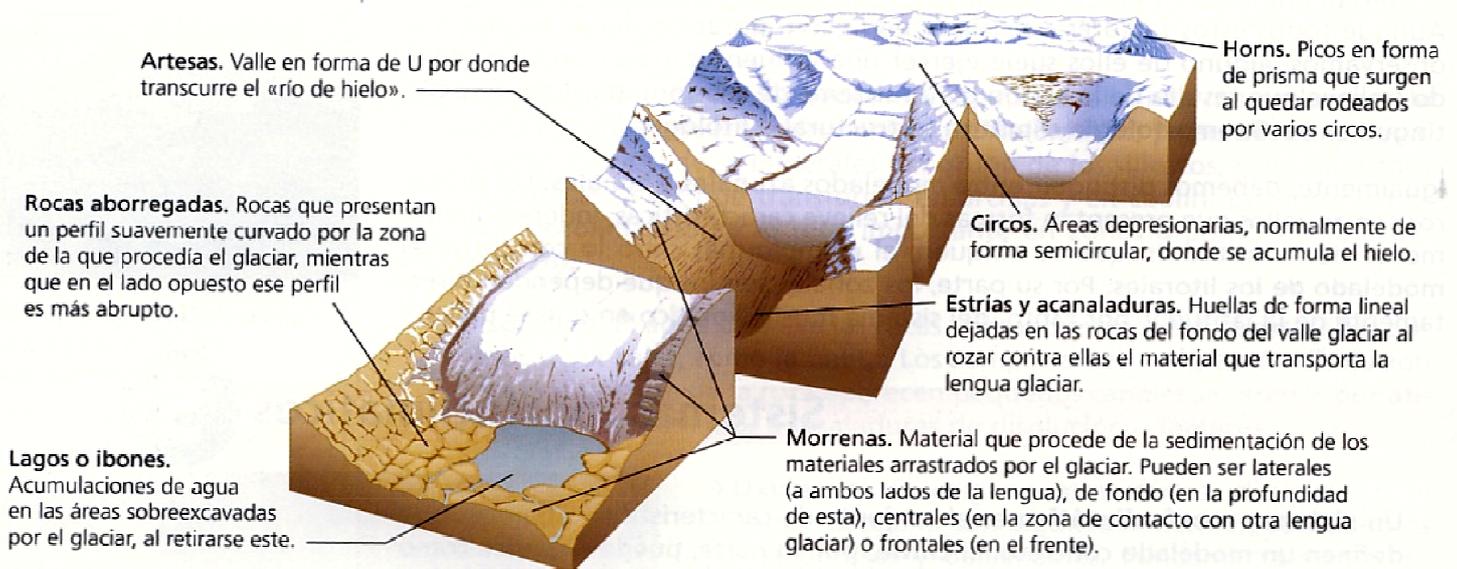
Los climas fríos se encuentran limitados a zonas de altas cumbres en zonas templadas y a los casquetes polares.

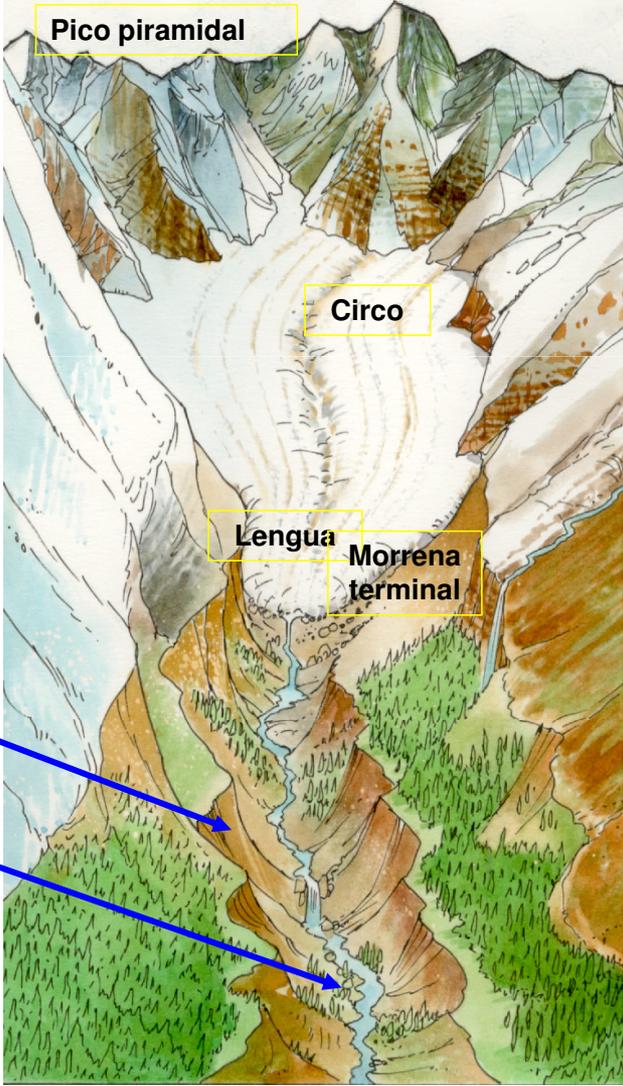
La meteorización química es muy escasa por las bajas temperaturas y por encontrarse el agua en estado sólido. El modelado del relieve se debe exclusivamente a la acción mecánica del hielo. El movimiento del hielo es muy lento, pero las altas presiones debidas al aumento de volumen en el proceso de congelación y al peso de las sucesivas capas de hielo acumuladas, permiten que su poder erosivo sea muy intenso. El hielo, en las zonas de acumulación, produce una erosión vertical muy importante en forma de cuencas más o menos circulares, con paredes muy abruptas, llamadas **circos**. Si estas zonas de acumulación cubren cientos de kilómetros se denominan **casquetes polares**, al desarrollarse próximos a los polos. El hielo puede alcanzar cientos o miles de metros de espesor en la parte central llegando a producir un hundimiento de la litosfera continental. El hielo acumulado tiende a fluir fuera de la zona de acumulación, y lo hace aprovechando antiguos valles fluviales. El resultado de esta invasión produce un ensanchamiento y profundización del valle que adquiere una característica sección en forma de U.

Los sedimentos arrastrados por el hielo, son muy heterogéneos y se denominan **morrenas**, las cuales pueden taponar un valle, originándose **lagos** de origen glacial. Por ejemplo el Lago de Sanabria, en Zamora o el Lago de San Mauricio, en el Pirineo leridano.

## Tipos de glaciares

- **Inlandsis o de casquete.** Acumulaciones cuyo espesor puede alcanzar varios miles de metros. Subsisten el de la Antártida y el de Groenlandia.
- **Escandinavos o de meseta.** La zona de acumulación se encuentra formada por un pequeño casquete glacial a partir del cual salen lenguas hacia los valles.
- **De valle o alpinos.** Integrados por tres partes: zona de alimentación, formada por un circo, la lengua de hielo y el frente glacial, lugar hasta donde llega el hielo.
- **De circo.** Acumulación de hielo, pero sin sobrepasar los límites del circo.





Pico piramidal

Circo

Lengua  
Morrena  
terminal

