

LOS AGENTES GEOLOGICOS EXTERNOS

Los agentes geológicos internos crean relieve. Los agentes geológicos externos lo modelan tendiendo a destruirlo. La actuación sola de los agentes geológicos externos tendería a nivelar la Tierra, convirtiéndola en una inmensa llanura, y a lo largo de los millones de años que vienen actuando lo habrían conseguido.

El resultado actual de estos agentes internos y externos es el paisaje. En su modelado influirán factores litológicos (naturaleza de las rocas), estructurales (disposición) y temporales (miles o millones de años).

1. La acción geológica de la atmósfera: la meteorización.

La **meteorización** es la acción geológica ejercida por la atmósfera sobre las rocas. Produce la disgregación de las mismas, pero no produce el transporte de los materiales erosionados; por eso se dice que es un agente estático. Los agentes que producen además transporte y sedimentación son agentes dinámicos.

Se distinguen dos tipos de meteorización: la mecánica y la química. Actúan normalmente de manera continua.

***La meteorización mecánica.** Actúan fundamentalmente por los cambios de temperatura. Destacamos dos formas:

– **Gelifracción.** Se producen en las zonas donde existen bajas temperaturas. El agua líquida penetra en las grietas de las rocas. Cuando la temperatura baja de los cero grados, se hiela, aumenta su volumen y hace efecto de cuña. La grieta se agranda y la roca se fractura. Las rocas acumuladas en las laderas de las montañas a causa de la gelifracción forman **predrizas** o **canchales**.

– **Dilataciones y contracciones.** Las variaciones de temperatura producen dilataciones y contracciones en las rocas. Si éstas son heterogéneas, estos cambios son desiguales y terminan desmoronándolas y convirtiéndolas en arena.

***Meteorización química.** Se originan por los cambios químicos de los minerales que forman las rocas. En ellas actúan los componentes químicos de la atmósfera: dióxido de carbono, oxígeno, vapor de agua y agua de lluvia. Al producirse estos cambios se pierde la coherencia en la roca, la cual disgrega. Las formas más frecuentes son:

• **Oxidación.** Es muy manifiesta en los minerales que contienen hierro: la mayor parte de las rocas. A esto se debe el color rojizo que presentan muchos terrenos.

• **Carbonatación.** El agua, con el CO₂ de la atmósfera, actúa sobre los carbonatos, convirtiéndolos en bicarbonatos solubles. Así se erosionan las rocas calizas.

• **Hidrólisis.** Las moléculas de agua rompen las de ciertos minerales que componen las rocas. El granito se disgrega por hidrólisis del feldespato y por oxidación de las micas.

• **Disolución.** Las rocas salinas se disuelven por acción del agua si no se hallan entre capas impermeables que las protejan.

- **Hidratación.** Las arcillas aumentan de volumen al absorber

agua por hidratación, con el consiguiente peligro para los edificios que se cimientan sobre ellos.

2. la acción geológica de los seres vivos

Los seres vivos realizan sobre el relieve acción biótica. Puede ser tanto destructora para el relieve como constructora del mismo.

***Acción erosiva.** Se verifica por dos procesos:

- **Mecánico.** Las raíces de las plantas se introducen en las

grietas de las rocas, y al crecer actúan como una cuña que agrieta más las rocas y las desmorona. Los animales devoradores y zapadores remueven la tierra y la desplazan.

- **Química.** Las bacterias, hongos, musgos y líquenes

segregan sustancias químicas que actúan sobre las rocas alterándolas, transformando el suelo y haciendo de este un soporte adecuado para la vida vegetal.

***Acción constructiva.** A la acción de los seres vivos se debe la formación de algunas rocas constituidas acumulación y transformación de restos vegetales y animales, como el carbón y el petróleo. Otros forman, con sus caparazones calcáreos, como los corales y las madréporas, arrecifes costeros o islas en forma de anillo, como los atolones.

3. transporte y sedimentación

Los materiales erosionados, llamados detritos, son transportados por distintos medios hasta zonas más profundas, en donde se depositan, formando las **cuencas de sedimentación**.

Las formas más frecuentes de transporte son: en disolución en el agua, en *suspensión* o *arrastrados por las corrientes* sobre el fondo, por los *glaciares*, por el *viento*, o sencillamente por la *acción de la gravedad*.

4. efectos de la meteorización y de la acción de los seres vivos en el suelo

El suelo se define como la capa más superficial, móvil y suelta de la corteza terrestre, resultado de la meteorización y asiento de la vida. Se origina al descomponerse las rocas por los procesos de meteorización y por la acción de los seres vivos. La Edafología es la ciencia que estudia los suelos.

Componentes del suelo

Un suelo es una estructura compleja formada por componentes sólidos, líquidos y gaseosos.

Componentes sólidos:

***Parte mineral**, proveniente de la disgregación de las rocas, formada por gravas, arenas y arcillas. Si los suelos se han formado por la propia roca, se llaman **autóctonos**. Si los materiales han sido transportados por la acción del agua o del viento, como las vegas de los ríos, o arrastrados por el viento, se llaman **alóctonos** y no se parece a la roca madre que lo soporta.

***Parte orgánica.** Está formada por seres vivos y materia orgánica muerta.

Los **seres vivos** más comunes del suelo son:

- La vegetación: árboles, arbustos y praderas, que aportan la materia que va a dar el humus.
- Los microorganismos, que realizan la transformación de la materia orgánica y cuya actividad viene condicionada por la humedad y la temperatura.
- Los pequeños animales, como lombrices, hormigas, ciempiés, y otros de mayor tamaño tipo zapador, que airean y remueven el suelo.

La **materia orgánica muerta** recibe el nombre de **humus** o

mantillo. El humus puede estar poco elaborado, propio de los suelos jóvenes, o bien muy elaborado, más propio de los suelos maduros, en los que la materia orgánica ha sido transformada por la acción de los microorganismos descomponedores del suelo. El color negro suele ser un indicador de su riqueza en humus.

Componentes líquidos:

Son el agua y las sustancias disueltas en ellas.

Componentes gaseosos:

Los gases de la atmósfera y los que se originan en las fermentaciones y reacciones químicas del suelo.

Propiedades del suelo

Estas propiedades están en relación con los componentes y su disposición, y sirven para caracterizar los diversos tipos de suelos,. Son el *color*, la *textura* y la *estructura*.

***Color.** Los que son ricos en humus tiene colores oscuros; los pobres, colores claros, y los que presentan colores *rojos* o *amarillos* contienen óxido de hierro.

***Textura.** Viene expresada por el tamaño de los componentes. Si predominan las gravas o arenas, los suelos son *suelos*, aireados y filtran bien el agua, pero se secan muy pronto porque no la retienen.

Si predomina la arcilla los suelos son *compactos*, no filtran el agua y se encharcan comportándose como suelos asfixiantes para las plantas.

***Estructura.** Es la forma en que se hallan agregados los materiales, pudiendo estar *suelos*, *apelmazados* o *floculados*.

Perfil de un suelo

Al dar un corte vertical a un suelo evolucionado se distinguen una serie de franjas horizontales, distintas en composición, color y estructura, que se llaman **horizontes**.

La disposición de estos horizontes o niveles constituyen lo que llamamos perfil del suelo. En un perfil típico se distinguen los siguientes horizontes:

***Horizonte A.** Es la capa más superficial. Suele tener color oscuro por su abundante contenido en humus. Poseen partículas finas de arena y arcilla. Suele estar bien aireado y con gran actividad biológica. Se llama *suelo arable*, por estar sometido a las labores agrícolas.

***Horizonte B.** Es de color menos oscuro al tener menos humus. Contiene arcillas que lo hacen menos poroso

que el horizonte A. Es la parte del subsuelo hasta donde alcanzan las raíces de los árboles. A él llegan las sustancias arrastradas desde el horizonte superior, como óxido de hierro, aluminio y carbonato cálcico..

***Horizonte C.** Está formado por grandes fragmentos de roca, arena y arcilla. A esta roca se la conoce como **roca madre**. Poco a poco los fragmentos se van haciendo más pequeños y pasan a horizontes superiores.

Desarrollo de un suelo

El suelo se origina por disgregación mecánica y alteración

química de las rocas, la aportación e los seres vivos y la mezcla de estos materiales con el agua y con el aire.

El suelo evoluciona con el tiempo bajo la influencia de los siguientes factores:

***La roca original.** Influye en los suelos jóvenes. Determina los caracteres físicos y químicos, los cuales a su vez influirán en el tipo de vegetación.

***El relieve.** Los terrenos con mucha pendiente pierden fácilmente por la erosión los elementos finos, dejándolos desprovistos de arcillas y materias orgánica.

***El clima.** Influye especialmente en la descomposición de la roca, en la transformación de la materia orgánica y en el movimiento vertical de los elementos de un horizonte a otro. Los factores que más influyen son las precipitaciones y la temperatura.

***La vegetación.** Ejerce un papel fundamental en la evolución del suelo, debido a la aportación de materia orgánica. Además lo protege de la erosión y sus raíces favorecen la aireación y el movimiento del agua.

5. La acción geológica del viento

El viento, como agente geológico, produce erosión, transporte y sedimentación. La acción erosiva es débil, predominando la de transporte y sedimentación cuando cesa su fuerza. Al conjunto de la acción del viento se la llama **acción eólica** (de *Eolo*, dios mitológico del viento).

Erosión eólica

Se realiza de dos formas, atendiendo al tipo de materiales sobre los que actúa.

***Sobre rocas de elemento suelto.** El viento transporta los materiales más finos y ligeros, proceso llamado **deflación**. Desprovisto de ellos, el suelo queda convertido en **desierto rocoso** o **reg**.

***Sobre rocas consistentes.** El viento hace chocar contra ellas los elementos que transporta en suspensión, erosionándolas, fenómeno que se conoce como **corrosión** o **abrasión eólica**. Cuando la resistencia de las rocas no es uniforme, se origina una erosión desigual, conocida como **alveolar**, por las oquedades que presentan las rocas.

Transporte eólico

El viento solamente transporta en las zonas secas y desprovistas de vegetación. Lo hace de tres formas diferentes, dependiendo del peso de las partículas y de la fuerza con que actúa.

***Por reptación,** que consiste en el deslizamiento de las partículas sobre la superficie siguiendo el sentido del viento. Así arrastra las partículas más grandes.

*Por **saltación**. Cuando el viento transporta las partículas a saltos a consecuencia de las ráfagas.

*Por **suspensión**. Si las partículas son muy finas y la fuerza del viento suficiente para mantenerlas en suspensión, el aire las levanta pudiendo originar tempestades de polvo.

Sedimentación eólica

Cuando disminuye la fuerza del viento, las partículas transportadas se van depositando selectivamente: primero, las más gruesas y luego las más finas. De esta forma se van formando los depósitos, que en algunas regiones pueden ser importantes. Las formas más comunes son:

***Rizaduras paralelas**. Se originan por el arrastre saltatorio de los granos de arena. Chocan y rebotan con los otros granos y los desplazan. Su disposición se debe a la diferente capacidad saltatoria de las partículas.

***Dunas o médanos**. Son acumulaciones de arena originadas por el viento. Se forman al encontrar un obstáculo las partículas transportadas. Se acumulan delante de él, formando un montículo, que constituye una duna embrionaria. Posteriormente va creciendo con nuevos aportes de arena.

La duna tiene una pendiente suave del lado del barlovento, por donde ascienden los granos de arena, y otra más abrupta en el lado opuesto, sotavento, por donde caen. Debido a este movimiento de la arena, la duna avanza en la dirección del viento. Si su desplazamiento pone en peligro los cultivos o poblaciones, se puede *fijar*, plantando en ella vegetales apropiados, que con sus raíces sujetan la arena definitivamente.

Inicialmente las dunas son *transversales* a la dirección del viento, debido a su velocidad constante. Si cambia la velocidad, estas dunas se fragmentan y se desplazan unas zonas a mayor velocidad que otras, tomando entonces la forma de media luna o **barjanes**. Si varios barjanes se unen originan *dunas longitudinales*. La asociación de dunas elementales de formas sencillas en el interior de los desiertos forma un **erg**.

Según el lugar donde se forman, se consideran dos tipos de dunas, las *continentales* y las *litorales*.

Depósitos de loess.

Los loess están constituidos por sedimentos de polvo muy finos que, arrastrados por el viento, se depositan en las regiones de clima húmedo, formando un manto que recubre el relieve continental preexistente. Su color es normalmente gris amarillento al estar formado por arcilla y caliza. Dan origen a suelos muy útiles para el cultivo. En China forman grandes extensiones cuyo espesor llega hasta los 100 metros en algunas zonas.

Los materiales gruesos permanecen inmóviles, mientras que los finos son desplazados por el viento en un movimiento de avance constante, ya sea arrastrados, ya elevados y transportados a mayor distancia.

El viento produce a veces sobre las rocas heterogéneas una erosión desigual, presentando éstas un aspecto esponjoso. A esta forma de erosión se denomina **erosión alveolar**. Si actúa sobre rocas duras homogéneas, produce un pulimento característico conocido como **patina desértica**.

6. La acción geológica de las aguas salvajes

Las aguas salvajes o de arroyada son las que provienen del deshielo de la nieve, o de la lluvia y discurren sobre el terreno sin cauce fijo. Al deslizarse por las laderas se van uniendo entre sí hasta incorporarse a un torrente o río. Su acción es especialmente erosiva, dependiendo en gran medida de la naturaleza del terreno por el cual discurren, de su permeabilidad, de la pendiente y de la vegetación.

Los terrenos pueden ser *homogéneos* o *heterogéneos*.

*Sobre terrenos **homogéneos**. Si se trata de terrenos blandos e impermeables, como arcillas o margas, el agua excava profundos surcos en forma de V, que, al principio, se llaman *cárcavas*, y cuando se hacen mayores, *barrancos*. Las zonas donde se da este tipo de erosión se llaman *bad-lands* o *tierras malas*. Son frecuentes en la región de los Monegros, en Aragón.

Cuando las aguas discurren sobre **rocas solubles**, como calizas o yesos, originan surcos profundos separados por agudas crestas dando lugar a los *lapiaces* o *lenares*.

*Sobre terrenos **heterogéneos**. Cuando los materiales por los que se desliza el agua son de distinta composición, se produce erosión diferencial, de manera que unas capas se desgastan más que otras. Originan paisajes ruinformes, llamados así por el aspecto típico de ruinas que presentan. La Ciudad Encantada de Cuenca constituye uno de los ejemplos más significativos. Si materiales poco consistentes se hallan protegidos por rocas compactas en la parte superior y se erosionan lateralmente, originan unas formas curiosas llamadas *chimeneas de hadas*.

La vegetación actúa como factor importante contra la erosión. La deforestación por una tala incontrolada o por incendios forestales deja el suelo expuesto a la acción erosiva, especialmente en las zonas de pendiente. Las aguas superficiales arrastran los materiales pudiendo destruir el suelo.

7. La acción geológica de los torrentes

Los torrentes son cursos de agua de régimen intermitente que se desliza por terrenos de gran pendiente. El origen de los torrentes depende principalmente de las regiones en que se forman.

En zonas de alta montaña se originan a partir de un glaciar. La lengua del glaciar se deshíela y el agua puede quedar retenida en parte por los sedimentos almacenados. Una vez que los rebasa se desplaza de forma torrencial. Estos torrentes son principalmente de primavera o de verano.

En las regiones más áridas, o de menor altitud, se originan los torrentes a partir de las aguas de arroyada. Solamente se forman en épocas de lluvia, y durante el estiaje el cauce queda seco. Si la pendiente es grande y las lluvias torrenciales, pueden originar daños importantes.

Los torrentes ejercen tres efectos: de erosión, transporte, y sedimentación, según su curso. En él distinguimos tres partes:

***Cuenca de recepción**. Es la zona del torrente donde se reúnen las aguas salvajes que forman su caudal. Suele tener forma de embudo, donde predominan la erosión y el transporte, aunque también se depositan los materiales más pesados.

***Canal de desagüe**. Es el cauce del torrente. Por el se desplaza el agua con gran violencia, transportando el material erosionado. También aquí produce erosión, profundizando el cauce y arrancando materiales a ambos lados. Estos materiales angulosos excavan por los remolinos que crea el agua, oquedades en el fondo del cauce, llamadas *ollas* o *marmitas del gigante*.

***Cono de deyección**. Es la zona final del torrente. En ella disminuye bruscamente la pendiente, por lo que la erosión y el transporte dejan de actuar y se produce la sedimentación de los materiales arrastrados. Estos son *heterogéneos*, como piedras angulosas, gravas, arenas, barro y restos de vegetación.

Para evitar los efectos perjudiciales se pueden construir diques en el canal de desagüe que faciliten la sedimentación y aminoren la erosión, y plantar árboles en las laderas.

8. La acción geológica de los ríos

Los ríos son corrientes de agua que de forma permanente discurren por un cauce fijo. En ellos podemos distinguir: El cauce o lecho, que es el hueco excavado por el río y por donde avanzan sus aguas; suele presentar uno pequeño, de estiaje, y otro más amplio o de avenida.

El caudal, que es el volumen de agua que transporta por unidad de tiempo. Éste suele variar según la estación y la pluviosidad.

Los efectos de erosión, transporte y sedimentación se realizan de distinta manera dependiendo del caudal, de la velocidad del agua y de los materiales que encuentre.

Cursos de un río

***Curso alto.** Es la cabecera del río, donde la pendiente es pronunciada. En esta parte predomina la erosión, debido a la velocidad de las aguas y de los materiales que arrastra el río excava su cauce desgastando el fondo y las laderas del valle, formando barrancos profundos. Si las rocas son duras, el río se encaja y *origina hoces, gargantas, congostos y desfiladeros*; si son blandas, forman un valle ancho y abierto. En esta parte son frecuentes las cascadas y los rápidos. El valle excavado forma parte de V.

***Curso medio.** A medida que el río desciende va perdiendo pendiente y ganando caudal. Se producen ahora fenómenos de transporte y continúan aun los de erosión. El valle se ensancha tomando forma de *artesa*. En él aparecen los dos lechos de avenidas o de estiaje. Los sedimentos que deja en el valle forman las *vegas*.

***Curso bajo.** La pendiente es escasa y el caudal aumenta. Al perder velocidad, el agua no puede arrastrar los materiales y los sedimenta en el valle, que ahora se hace más amplio, valle en *bandeja*. Las vegas se ensanchan y el río toma un curso divagante formando *meandros*. Si los fenómenos sedimentarios se sitúan en las desembocaduras originan los *deltas*. Los sedimentos fluviales se llaman aluviones. Estos se depositan de forma selectiva, por tamaños; los más grandes presentan formas redondeadas: *cantos rodados*.

La acción erosiva de un río se realiza profundizando en el cauce: erosión *lineal*, o desgastando las laderas del valle: erosión areolar. En las cabeceras, la erosión es remontante, es decir, hacia atrás, llegando a algunos casos a la *captura* de otros ríos; este fenómeno se puede apreciar por un cambio brusco en forma de codo: *codo de captura*.

Accidentes más notables en el curso de un río

***Las cascadas.** Son saltos de agua que se producen si existe un desnivel brusco. Se originan por rocas de distinta consistencia o por accidentes tectónicos, como una falla. Suelen presentarse en los cursos alto y medio. Cuando tiene grandes proporciones se les llama **cataratas**.

El agua cae con fuerza por el desnivel y produce remolinos. Al pie de la caída excava un entrante en la roca, formando una cornisa o voladizo que acaba derrumbándose al quedar sin base. Al repartirse el proceso, la cascada va retrocediendo, rebajándose paulatinamente el salto y transformándose en **rápido**.

*** Gargantas o desfiladeros.** Son valles profundos de paredes casi verticales. Se originan cuando el río profundiza en rocas compactas, predominando la erosión lineal que la areolar. Comienzan con la transformación de hoyos profundos, marmitas de gigante, y terminan en desfiladeros o foces.

***Meandros.** Son curvas pronunciadas que describe el cauce de un río en su curso bajo. Al ampliarse el valle, el río divaga por él cambiando su trayectoria. En la zona cóncava el meandro erosiona, mientras que en la convexa sedimenta. El meandro puede estrangularse, dejando lagunas semicirculares o **meandros abandonados**.

***Terrazas fluviales.** Son depósitos de aluviones que presentan escalonadamente a ambas partes del cauce de un río. Se originan debido a los cambios de nivel del agua y de la erosión sobre el cauce anterior. Se presentan solamente en el curso bajo de los ríos.

***Estuarios y deltas.** Estas formaciones se producen en las desembocaduras de los ríos. El estuario es la parte final del río agrandada en forma de embudo al llevarse las corrientes los sedimentos. Si los aluviones, por el contrario, quedan depositados en la desembocadura, originan unas formaciones triangulares, que dividen al río en varios brazos constituyendo un delta. Estas tierras de depósito son especialmente útiles para el cultivo, como se puede apreciar el delta del Ebro.

9. La acción geológica de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se hallan en el subsuelo, retenidas en capas porosas, cautivas entre capas impermeables, o circulantes formando corrientes.

Las aguas subterráneas se originan por los procesos siguientes:

***Infiltración.** El agua de lluvia o del deshielo se infiltra en el suelo o resbala por la superficie. La infiltración depende de la permeabilidad del suelo, de la pendiente, de la vegetación y de la evaporación. Será mayor cuando las rocas sean permeables y cuando la pendiente disminuya.

***Acumulación.** El agua penetra en el suelo poroso y desciende por gravedad hasta encontrar una capa impermeable. Sobre ésta se va acumulando, empapando el terreno. La altura que alcanza la capa saturada de agua se llama *nivel freático*. Sobre este nivel freático hay una *capa de aireación*, no saturada, en la que el agua tiene movimientos verticales, de ascenso por capilaridad y de descenso por gravedad. En la *capa saturada*, el agua se mueve horizontalmente. Este nivel varía con las estaciones. Cuando el agua es acumulada entre dos capas impermeables, se llama *manto cautivo*.

***Afloramiento.** Se produce cuando el nivel freático contacta con la superficie libre a causa de un desnivel, de una ladera o de un valle, originándose entonces fuentes de ladera o de valle. Si se perfora hasta el nivel freático, se forman los *pozos*. Si se realiza la perforación en una zona baja de un manto cautivo, el agua sale a presión hasta alcanzar la altura del nivel freático. A estos pozos, se les llama *pozos artesianos*. En estos casos siempre existe una zona de carga en la parte superior del manto cautivo.

Efectos de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas realizan una acción mecánica y otra química.

*** Acción mecánica.** Al desplazarse, el agua subterránea, produce erosión y disgregación del terreno, pudiendo afectar a los terrenos de superficie, sobre los que origina corrimientos de tierra.

***Acción química.** El agua de infiltración actúa como disolvente sobre numerosas rocas, como la sal gema, el yeso y otras. Esta acción la puede realizar sobre rocas no solubles, como las calizas en condiciones especiales originando un modelado carstico.

10. La acción geológica del agua marina

Agentes de erosión

El mar ejerce sobre las costas su acción modeladora del relieve por lo que su estudio se limita a la mecánica litoral. Los agentes son las olas, las mareas y las corrientes.

***Las olas.** son masas de agua en movimiento ondulatorio provocado por la acción del viento. Cuando llegan a la costa y choca la base con el fondo, esta se retrasa, la cresta se proyecta hacia delante y la roca rompe. Esta energía actúa como un ariete contra el acantilado. Su acción depende:

- De la fuerza de la ola, que a su vez dependerá de la velocidad del viento. En zonas abiertas los temporales son más fuertes y más frecuentes.
- De la naturaleza de las rocas y de la disposición de los estratos. Las rocas como las calizas y las cuarcitas forman costas abruptas, costas bravas; mientras que las pizarras, los granitos y las arcillas originan declives suaves.

***Las mareas.** Son variaciones del nivel del mar provocadas por la atracción conjunta del sol y de la luna. La pleamar o marea alta desplaza la acción erosiva de la ola hacia el interior, ampliando el campo de acción, pero no realiza una erosión directa.

* **Las corrientes marinas.** Son como grandes ríos que se desplazan en el mar. Se originan por la rotación de la tierra, por el efecto viento, por las temperaturas y por las diferencias de salinidad del agua. Su acción es esencialmente de transporte y de sedimentación.

Como resultado conjunto aparece la *plataforma litoral* o de abrasión que se continúa con la *terrazza marina*, donde se acumulan los materiales erosionados.

Modelado litoral

La acción de la erosión se manifiesta en la zona intermareal (bajamar – pleamar). El resultado final es un retroceso de la línea de costa, el modelado del acantilado y la formación al pie del mismo de la *plataforma de abrasión*, o *plataforma litoral*. Según esto, se originan diversos tipos de costas:

* **Costas rectas.** Cuando las rocas son homogéneas y la erosión uniforme. **Costas irregulares**, si la composición de las rocas es heterogénea y la erosión diferencial. Entonces se forman entrantes y salientes, islotes y promontorios. Son las **costas bravas**.

* **Costas altas.** Formadas por acantilados, donde la erosión es importante, y **costas bajas**, donde predomina la sedimentación.

* **Costas de hundimiento.** Originadas por movimientos epirogénicos en los que el continente se hunde, y **costas de elevación**, si se da el proceso inverso.

11. La acción geológica del agua helada

Esta acción es propia de las regiones en donde las precipitaciones son en forma de nieve y el agua permanece helada todo o casi todo el año. Las modificaciones del relieve se realizan a través de los aludes y los glaciares.

***Los aludes.** Son grandes masas de nieve que se desplazan por las laderas de las montañas. Un bloque de nieve al deslizarse por la pendiente aumenta de tamaño y da origen a un *alud* o *avalancha* de nieve. Al descender arrastra rocas, troncos y otros materiales. Cuando se repite la acción en una misma zona se originan los canales de erosión. Los aludes pueden causar daños de importancia.

***Los glaciares.** Son grandes masas de hielo que se desplazan lentamente desde zonas elevadas. Semejan ríos de hielo que se originan en las regiones de nieves perpetuas o en las regiones polares.

Se distinguen varios tipos de glaciares: **alpinos o del valle**, que constan de *circo glaciar*, *lengua* y *zona de ablación*; **de circo o pirenaicos**, por poseer solamente circo glaciar; **de meseta o escandinavos**, formados por

pequeños casquetes sobre una meseta; **casquetes polares o inlandsis**, consistentes en inmensas masas de hielo sobre las extensas regiones de los polos; **de piedemonte o alaskianos**, formados por la confluencia de varias lenguas al pie de las montañas y que acaban en el mar.

Acción geológica de los glaciares

Realizan, como los otros agentes, erosión, transporte y sedimentación.

***Erosión.** La producen la masa de hielo y las rocas que transporta la lengua del glaciar. Esta acción erosiva se llama **abrasión**. Produce erosión en el circo y en el valle. En éste forma grandes cubetas que, al desaparecer el glaciar, se convierten en *lagunas*. La erosión de fondo produce estrías sobre las rocas, dando lugar a las **rocas estriadas**. Si las rocas sobresalen y son resistentes, se redondean, formando lo que se conoce como **rocas aborregadas**.

***Transporte.** Éste se realiza sobre y dentro de la masa de hielo, así como en el frente del glaciar. La lengua del glaciar transporta las rocas, árboles y tierra que caen en las laderas o que arranca del fondo o de las paredes. Estos materiales forman las **morrenas**. Son laterales si están a ambos lados de la lengua; central, cuando se fusionan dos lenguas, y de fondo, en la base de la lengua, y la frontal, ya descrita.

***Sedimentación.** Se lleva a cabo al derretirse la lengua del glaciar en la zona de ablación. Allí se depositan todos los materiales arrastrados por dicha lengua del glaciar en una gran morrena frontal. Los materiales son de todos los tipos y tamaños. Los glaciares no clasifican los materiales como los ríos, por tamaños, pues al ser sólido el medio de transporte, no hay diferencia como cuando es fluido. Los grandes bloques desplazados lejos de su origen se llaman **bloques erráticos**.

Modelado glaciar

La erosión glaciar es predominantemente en profundidad, y no amplía el valle, como los ríos; de ahí su forma e U. Valles modelados por glaciares durante las glaciaciones del Cuaternario presentan esta forma. Es característica de este modelado la presencia de lagos, originados por las excavaciones y por las morrenas frontales, como el lago de ginebra, de origen glaciar.

14

15