

TEMA 7

LA DINÁMICA EXTERNA Y EL MOLDEADO DEL RELIEVE: GEOMORFOLOGÍA:

Teorías geomorfológicas y el ciclo de Davis:

La geomorfología es una ciencia geológica que estudia el relieve de la superficie terrestre bajo el punto de vista de sus mecanismos genéticos. Las condiciones en que estos ejercen, los agentes externos que los determinan y las formas topográficas que de estos resultan.

Se creía que la tierra tenía ese relieve por causa del diluvio. Luego, a principios del XIX se dio importancia a las redes fluviales como moldeadoras del terreno y a finales del XIX Davis propone el ciclo de la geomorfología moderna.

Davis propone el ciclo geográfico, ciclo de erosión normal o ciclo de Davis, lo describe para un dominio climático húmedo. Se trata de una sucesión progresiva de etapas de configuración del relieve. Estas etapas están influenciadas y controladas por el nivel base regional.

Propone un ciclo que consta de las siguientes etapas:

- **Etapas inicial:** viene después del levantamiento inicial y el terreno queda elevado sobre su nivel base, tiene una red fluvial indefinida y poco desarrollada y la superficie sería más o menos horizontal.
- **Etapas de juventud:** los ríos se van encajando pero todavía quedan restos de la llanura inicial.
- **Etapas de madurez:** apenas quedan zonas de la llanura inicial, los valles se han ido ensanchando y la red fluvial está bien desarrollada.
- **Etapas de senilidad o senectud:** las pendientes de los valles se reducen más, la topografía es suave con pocos desniveles y se llega a formar una penillanura.

El resultado final del ciclo de Davis es una penillanura y al agente principal es la red fluvial que se va encajando en el terreno.

Complicaciones del ciclo de Davis:

Estas complicaciones son de dos tipos:

- Interrupciones: en ocasiones el ciclo de Davis necesita un largo periodo de inestabilidad pero puede paralizarse porque el terreno vuelva a subir entonces las redes fluviales se rejuvenecen y vuelven a encajarse dando lugar a **relieves policíclicos** que son relieves escalonados porque están compuestos por penillanuras escalonadas.
- Discrepancias: para que se produzca es necesario un clima húmedo por el agua, entonces en las zonas glaciares (agua helada) y áridas (no hay agua) este ciclo no puede desarrollarse, al menos por igual. También en zonas volcánicas no puede darse.

En zonas con rocas calizas no tiene lugar una erosión fluvial como la descrita en el ciclo de Davis ya que estas se disuelven, por lo que el resultado no es igual.

El ciclo de Davis ha sido cuestionado, modificado e incluso rechazado, pero no ha sido sustituido por otro ciclo más amplio.

Se critica el ciclo de Davis por parte de la Escuela Alemana. La geomorfología alemana propone la teoría del

nivel de cumbres la cual no son restos de una llanura fluvial.

La Escuela Francesa, segunda mitad del siglo XX, le da un valor fundamental al factor climático formando la geomorfología climática. El paisaje de una zona va a ser consecuencia del clima, de los materiales según se comporten y de la influencia de la estructura geológica del terreno como pueden ser fallas, diaclasas, pliegues, etc.

Dividen la tierra en grandes dominios climáticos y en cada dominio climático va a existir una morfogénesis específica con unos procesos y unos mecanismos erosivos propios y característicos de cada uno de ellos. Los dominios climáticos tienen unos dominios o límites graduales y difusos y que no existen unos agentes, procesos y mecanismos estrictamente peculiares.

Tipos de agentes, procesos y mecanismos:

- **Zonales:** exclusivos de un dominio climático (acción de un glaciar al avanzar).
- **Azonales:** comunes a cualquier dominio climático.
- **Polizontales:** propios de más de un dominio.
- **Extrazonales:** característicos de un dominio pero que se pueden dar de manera accidental en otros dominios.

La geomorfología francesa divide las cosas en sistemas morfoclimáticos.

Un **sistema morfoclimático** es el conjunto de acciones, procesos y mecanismos erosivos operativos en las condiciones ambientales propias de cada una de las divisiones climáticas establecidas a efectos geomorfológicos. Dan origen a relieves con características propias pero pueden quedar formas reliptas, formadas en condiciones distintas a las actuales.

Tipos de sistemas morfoclimáticos:

- **Templado-húmedo o normal:**
- **Periglaciario:** se da en regiones frías donde la nieve no persiste en verano.
- **Glaciario:** se da en zonas donde la nieve persiste en verano.
- **Árido y subárido:** se da en regiones secas, donde no haya precipitaciones ya sean zonas frías o secas.
- **Intertropical:** se da en latitudes bajas, cerca del ecuador en temperaturas altas y precipitaciones abundantes.

Meteorización: tipos y procesos de meteorización mecánica y química:

La alternancia es la actuación de diferentes factores atmosféricos que actúan sobre las rocas que están en la superficie, las cuales están alejadas de sus condiciones de formación de presión y temperatura, es decir, las rocas no están en equilibrio, cuanto más lejos de su equilibrio más se alteran.

Las rocas que más se van a alterar son las rocas ígneas. Existe una serie inversa a la de Bowen que es la de Goldich.

Olivino mas

alterable

Cuarzo menos

Para que se produzca la meteorización química es necesaria la presencia de agua y con una temperatura alta la velocidad de reacción aumenta.

La meteorización química es muy alta en zonas ecuatoriales y tropicales, media en zonas de clima templado-húmedo y baja en las zonas extremas de mucho frío o calor y pocas precipitaciones donde domina la alteración mecánica.

Una zona con una pendiente alta va a sufrir mayor alteración física que una zona con una pendiente pequeña, donde la alteración química es mayor.

Procesos de alteración mecánica:

- **Lajamiento por descarga:** se produce porque las rocas formadas en profundidades grandes al llegar a la superficie se liberan de la presión y al ocurrir esto se abren discontinuidades potenciales existentes en las rocas (planos de exquistosidad, planos de estratificación, diaclasas, etc.)
- **Gelivación:** es cuando se introduce agua en grietas superficiales de las rocas y al congelarse aumenta de volumen lo que produce esfuerzos y tensiones en la roca y esta se rompe.

Es el proceso más importante de la

alteración mecánica. También se le

llama gelifracción o crioclastismo.

A los lugares donde se acumulan los fragmentos de las rocas producidas por

este factor se les llama canchales.

- **Cristalización intersticial de sales:** es cuando el agua de lluvia penetra en el terreno cargada en sales, posteriormente el agua se evapora pero las sales cristalizan en esas zonas ampliando las grietas, fisuras... de las rocas produciendo la disgregación de la roca. Puede ser también producido por el rocío.

Es típico de ambientes desérticos y las sales son de Alita y de Yeso.

Expansión y contracción térmica: se produce por la insolación diurna y el

enfriamiento nocturno.

El fenómeno consiste en la dilatación y la contracción de la roca y se debe a la

distinta absorción calorífica de los minerales y la baja conductividad térmica

de las rocas.

Es típico de rocas desérticas porque la variación de temperatura en esas zonas

es muy grande.

- **Acción biológica:** se debe a la acción de vegetales, en concreto a la acción de las raíces que entran en el terreno en forma de cuña y van partiendo las rocas y disgregando el suelo.

Procesos de alteración química:

Disolución: se da en rocas solubles al agua en mayor o menor grado, las rocas suelen ser sales haloides (Halita y Silvina). También ocurre en yesos pero en menor grado pero estos son más abundantes superficialmente (carstificación de los yesos).

Hidratación: ocurre por la acción de moléculas de agua que entran en la estructura de los minerales, se forma un mineral hidratado que puede ser más soluble que el mineral anhidro inicial y suele ser más fácilmente meteorizable.

Anhidrita (sin agua) Yeso (con agua)

El efecto de la hidratación suele ser el aumento de volumen, se levanta el terreno y aparecen grietas.

Un ejemplo es lo que ocurre con las arcillas expansivas (montmorillonita).

Hidrólisis: es el más importante proceso de la meteorización química y afecta a las rocas silicatadas. Se produce porque un mineral silicatado reacciona con agua y forma un mineral con dos partes distintas, una parte ácida y otra parte básica.



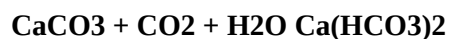
Olivino hidróxidos y óxidos Fe, Al y Mg

Los óxidos e hidróxidos se acumulan en el suelo, este proceso es muy importante en climas cálidos y húmedos produciendo la destrucción total de todos los silicatos, formándose en esas regiones óxidos e hidróxidos de Fe y Al y minerales de la arcilla.

Estas acumulaciones de óxidos e hidróxidos de Fe y Al (Bauxita- tiene más Al) forman Lateritas.

Carbonatación: es un proceso muy importante también pero no tanto como la hidrólisis. Consiste en agua combinada con CO_2 atmosférico que resulta agresivo para rocas carbonatadas (calizas y dolomías), esa agua penetra por fisuras y grietas y provoca la disolución de las rocas carbonatadas.

Este proceso transforma las rocas calizas en solubles.



Calcita (roca caliza) soluble

Este proceso puede ocurrir en la superficie y en profundidades, como cuevas, etc.

Oxidación: disuelto en las aguas superficiales se encuentra oxígeno atmosférico lo que provoca la oxidación de algunos elementos químicos. Por ejemplo el hierro pasa de ferroso (+2) a férrico (+3).

Es importante en las rocas silicatadas ya que destruye los minerales iniciales y forma óxidos que son solubles y permanecen en el terreno, por lo que los suelos tienen colores rojizos o pardos debido a la presencia del óxido.

Suelos:

El suelo es el resultado de la dinámica física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión y las formaciones superficiales originándose en su seno una diferenciación vertical en niveles horizontales o horizontes.

Los materiales alterados se forman a partir de la alteración mecánica y química que dan lugar al suelo.

La edafología es la ciencia que estudia el suelo.

El manto de alteración forma el eluvión cuando el material se queda en la zona donde se ha formado y el coluvión cuando esos materiales se desplazan.

Factores generadores de un suelo:

- **Composición de la roca madre:** en suelos jóvenes la composición de la roca madre si influye, en suelos maduros la composición de la roca madre no es tan importante.
- **Topografía:** los suelos se van a desarrollar mejor en zonas con un relieve o topografía suave.
- **Influencia del tiempo:** cuanto más tiempo pase más evolucionado será el suelo. Para que se forme un suelo se requieren varios miles de años aunque en algunas zonas pueden desarrollarse en menos tiempo (unos 200 años).
- **Formadores biológicos:** destaca la acción positiva de animales y vegetales en la fase inicial de disgregación del suelo. La vegetación ayuda a preservar el suelo de la erosión y además lo fertiliza con los restos de vegetación muerta que caen al suelo, las bacterias y los hongos transforman la materia orgánica muerta en humus.
- **Influencia del clima:** el clima influye en el desarrollo del suelo, en climas con temperaturas medias el suelo se desarrolla mejor.

A mayor temperatura mayor velocidad en las reacciones químicas.

Otro factor es la pluviosidad ya que esta lava el terreno y se lleva partes de él hacia abajo, si se lleva mucho esto no es bueno, para que sea bueno tiene que ser un término medio. Con poco agua se forman costras de sales (caliches) que son malas para el suelo.

Composición, textura y estructura del suelo:

Está compuesto por sólidos, líquidos y gases. Su composición es:

Sólido: tenemos materiales de dos tipos: orgánicos e inorgánicos.

- **Inorgánicos:** hay minerales silicatados que pueden ser residuales (feldespato, mica) o de neoformación (minerales de la arcilla) que se forman por la alteración de otros minerales.

Hay óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio los cuales también suelen ser de

neoformación (los óxidos e hidróxidos de aluminio van a tener interés

económico y forman las bausitas, que se forman en suelos lateríticos y esto

ocurre en zonas tropicales).

Hay clastos y granos poliminerales que son fragmentos de rocas formadas por

varios minerales, no han sufrido una alteración completa.

Hay otros minerales diversos que dependen del tipo y de la evolución del suelo.

Carbonatos: calcita y dolomita.

Sulfatos: yesos.

Cloruros o aluros: alita.

- **Orgánicos:**

Fase sólida: se trata de los seres vivos y sus restos en descomposición, la materia orgánica se asocia con los materiales arcillosos formando complejos organominerales.

La materia orgánica se transforma en humus o mantillo, según evoluciona se transforma en humus joven o bruto, el cual tendrá restos orgánicos que se pueden identificar. El humus elaborado es en el que la materia orgánica está en total descomposición. La materia orgánica da al suelo un color oscuro.

La materia orgánica al descomponerse produce ácidos húmicos que provocan que el suelo sea ácido, básico, etc.

Fase líquida: formada fundamentalmente por una disolución acuosa de sales (Na, K, Ca, etc.) también puede haber sustancias orgánicas. El agua es el vehículo de transporte de las reacciones químicas. Un suelo saturado de agua va a ser reductor mientras que uno con poco agua va a ser oxidante.

Fase gaseosa: se trata de gases atmosféricos que están en los poros del suelo (O₂, CO₂).

Textura y estructura:

La textura es la distribución o diferentes porciones en que están presentes los distintos tamaños de las partículas sólidas que constituyen un suelo.

Para saber el tamaño se hacen exámenes granulométricos en los que se separan materiales finos (tamaño arcilla o lino), medios que son del tamaño de la arena y gruesos, de tamaño mayor que el de arena que suelen ser fragmentos de roca madre.

Un suelo que tenga muchas arcillas va a retener mucha proporción de agua y si tiene materiales muy gruesos no retiene el agua.

Hay suelos equilibrados que tiene igual % de material pedregoso, arenoso y grueso, o lo que es lo mismo fino, medio y grueso.

Estructura:

En los suelos se distinguen horizontales que son niveles horizontales de distinta composición, textura y consistencia. Con los horizontales se determina el perfil del suelo, que es la ordenación vertical de las distintas horizontales de un suelo.

Partes del suelo:

- **Horizontal A:** es la capa más superficial, suele ser

de tono oscuro porque tiene mucha materia orgánica

y es un horizonte de eluviación que es un lavado

vertical del agua. Esta agua se lleva minerales y

fragmentos finos y solubles.

Se distinguen varios horizontes:

- O: tiene fundamentalmente restos vegetales,

humus bruto.

- A1: tiene una mezcla de material orgánico más

evolucionada y material mineral.

- A2: hay más material mineral y menos material orgánico.

- Horizonte B: carece de humus (tiene muy poco), tiene un color claro o blanco. Se produce el proceso de iluviación que consiste en la precipitación o acumulación de las sustancias lavadas en el horizonte A.

Lo que precipita son óxidos e hidróxidos metálicos (Fe y Al), carbonatados o materiales arcillosos. Pueden formar encabalgamientos calacáreos en zonas áridas y lateritos (aluvión) en zonas tropicales.

- Horizonte C: es la parte más alta del material rocoso sobre el que está el suelo. Aparecen fragmentos de la roca madre liberados por la alteración mecánica y/o química. A los fragmentos se les reconocen los caracteres petrográficos de la roca.
- Horizonte D: es la roca madre sin alterar.

Los distintos tipos de suelos se van a caracterizar por sus distintos horizontes.

Tipos principales de suelos:

Existen varias clasificaciones de suelos y se pueden seguir criterios como la génesis, el ambiente climático del que son propios, la textura o la composición mineral dominante.

Hay tres tipos de suelos:

- Zonales: son suelos que se disponen de acuerdo con la zonación climática en la que se encuentran, son suelos evolucionados.

- Tundra: se da en regiones de clima polar, los inviernos son fríos por lo que el

agua se hiela dando lugar al permafrost o pergelisuelo, el cual sólo se deshiela

en verano dando lugar al mollisuelo.

La meteorización es mecánica y la vegetación es pobre (líquenes, musgos). Los

horizontes no están muy definidos y formados por finas capas de arcilla

arenosa y humus poco elaborado.

- Pozdol: se da en climas fríos y húmedos, el suelo permanece congelado en invierno y húmedo en verano. La vegetación es de bosques de coníferas. Los suelos horizontales están bien marcados.

PAG 250

- Intrazonales: suelen estar condicionados por la naturaleza de la roca madre o suelen ser zonas de mal drenaje.
- Azonales: son suelos inmaduros que no están bien desarrollados.

Sistema morfoclimático templado húmedo:

Características climáticas y de vegetación:

El clima húmedo se mueve entre latitudes de 20°–60°. El tipo de vegetación es de bosques perennes y caducifolios, también praderas.

Meteorización:

Hay meteorización mecánica (gelivación) pero también hay meteorización química porque hay abundancia de agua aunque las temperaturas no sean muy bajas.

Agentes, procesos y formas características:

La erosión puede ocurrir en los ejes de los valles o en las laderas. La erosión de los valles se llama erosión lineal y la de las laderas erosión areolar. La erosión areolar trata de los procesos dinámicos que afectan a las laderas y los efectos erosivos que produce, estos procesos transportan materiales de la ladera al eje del valle.

Los tipos de procesos son:

- Lavado o arroyada: el lavado se produce cuando el agua baja en forma de lámina removiendo el material fino transportando materiales en suspensión. Esto es más efectivo cuando el suelo no tiene vegetación.
- Arroyada: las corrientes superficiales se concentran y tienen mayores efectos erosivos (regueros) que hacen que estos se pronuncien más en el terreno. El flujo de agua es turbulento y suele formar cárcavas. Las cárcavas o tierras malas se forman en zonas más o menos áridas sin vegetación y sin manto de alteración. Se desarrollan mejor cuando los materiales de las laderas son blandos (arcillas).
- Crep o reptación: se trata de un movimiento lento descendente del manto de alteración ladera abajo.

Es un levantamiento perpendicular

a la ladera y caída vertical.

Las causas son:

- Congelación y fusión del agua intersticial:

- Humeptación y desecación del terreno:
- Dilatación y contracción térmica:

El crep se da cuando el desplazamiento afecta sólo a una porción del manto de alteración y la reptación es cuando el proceso afecta a todo el manto de alteración.

Existen crep y reptación estacionales (en determinadas estaciones) y continuos (todo el año).

Siempre son movimientos lentos e imperceptible. Cuando ocurre este proceso la ladera va a tener un perfil cóncavo con la máxima pendiente en la zona inferior.

También se puede apreciar por árboles o postes de teléfono que demuestran la existencia de este proceso.

- Soliflución: se produce en laderas sobre materiales blandos con mucho agua intersticial lo que provoca que los materiales fluyan de manera viscosa. Puede ser un proceso de poca velocidad o con centímetros o metros anuales.

El material más aceptable es la arcilla. Cuando este proceso ocurre en un ambiente periglaciario y el movimiento se produce por la fundición del material se llama geliflución.

Forman coladas, lóbulos, mantos de soliflución, etc.

- Deslizamiento: se produce un deslizamiento de los materiales sobre la vertiente los cuales pueden ser lentos o casi instantáneos (en ocasiones catastróficos). Afecta a un volumen de material variable y normal. Ocurren a favor de planos de estratificación, exquistosidad, diaclasas, fracturas, es decir, en discontinuidades de la roca.

Existen deslizamientos de muchos tipos, algunos son:

- Coladas de barro:
- Deslizamientos masivos:
- Desprendimientos: es la caída de fragmentos rocosos liberados de la superficie del terreno por una alteración mecánica o física.

Ocurren en zonas con una pendiente alta y dependen del tipo de roca. Se libera a favor de las discontinuidades de la roca y forman canchales.

Erosión lineal:

- Acción torrencial: es, normalmente, el agua que circula por barrancos se une formando torrentes. La cantidad de agua puede variar mucho cauce estacional. En las regiones mediterráneas se llaman torrentes o ramblas y sólo llevan agua en épocas de lluvia. Los torrentes en zonas de montaña llevan agua sobre todo en primavera y en verano.
- Canal de desagüe: es el eje donde se asocian todos los torrentes, cuando terminan la zona montañosa y llegan a la zona de la llanura se produce el depósito de los materiales, esto da lugar al cono de deyección o abanico fluvial.
- Acción de los ríos: los ríos son corrientes de agua en los que el canal sufre variaciones a lo largo del año. Los ríos forman cuencas hidrográficas las cuales tienen un río principal y todos sus afluentes; separados entre sí por divisorias, es decir, cadenas montañosas. La cantidad de agua

que lleva un río durante un año se estudia en un hidrograma. Los ríos tienen un tiempo de respuesta, es decir, el tiempo que tarda en aumentar el caudal desde el momento de la precipitación.

La erosión del cauce se produce en el fondo y en las paredes. Esta erosión ocurre por:

- **Acción hidráulica:** producida por la fuerza del agua.
- **Fenómeno de abrasión o corrosión:** los fragmentos que se van desplazando

golpean las paredes y el fondo haciendo que se separen fragmentos.

- **Por rozamiento:** se produce cuando los fragmentos rozan con las paredes y se van desgastando.
- **Por disolución:** se produce cuando los materiales se disuelven por causa del agua.
- **Transporte fluvial:** los materiales son transportados dependiendo del tamaño y de la energía del agua.
- **Cantos de más de 2 mm. :** se deslizan por el fondo y toman formas redondas.
- **Arenas entre 2 y 1/16 mm. :** se arrastran por el fondo o en saltación.
- **Partículas finas menores de 1/16 mm. :** transportadas en disolución.
- **Transporte en disolución:** las sustancias van en forma iónica.

- **Sedimentos fluviales:** se producen cuando la corriente pierde energía y os

Quedan depositados los materiales en el fondo. En las partes más altas del río

Materiales son mayores y en la zona de la desembocadura son menores. La

Potencia está relacionada con la capacidad del río para transportar materiales.

Los depósitos de los ríos se llaman barras, existen tres tipos de barras:

Centrales Laterales semicirculares

El valle fluvial y su evolución:

Característicamente por su forma en V con la evolución del valle se va ensanchando.

- **Erosión de los materiales:** los valles en forma de V su ensanchamiento se basa en alcanzar su perfil longitudinal de equilibrio.
- **Llanuras aluviales:** son los valles que delimitan por donde circula el río. Está en equilibrio dinámico entre erosión y deposición; cada cierto tiempo se inunda teniendo determinados periodos de avenida (inundación).

Los elementos de la llanura aluvial son:

- **Canal o cauce:** es la zona por donde circula el río.
- **Orillas o ribazos:** es la zona que bordea el canal, son como pequeños montículos.
- **Zonas pantanosas o ox-bows:** es la zona que queda cuando se corta un meandro, en climas húmedos puede quedar un pantano.
- **Scrolls de meandro:** son zonas del meandro encharcadas de agua, terrenos ondulados.
- **Acumulaciones arenosas o splays:** tienen forma de abanico, el agua se sale del cauce.

- **Sedimentos de acreción:** son limos y arcillas, se produce después de épocas de avenida en zonas de la llanura aluvial en forma de capas horizontales.

El cauce del canal cambia su posición con

el tiempo, los meandros se hacen más

grandes migrando lateralmente y de

arriba abajo.

Terrazas aluviales:

Son depósitos fluviales que se producen por el progresivo encajamiento del río en el valle fluvial.

Hay dos tipos:

- **Terrazas encajadas:**
- **Terrazas colgadas:** cuando aparece el sustrato rocoso.

Las terrazas cuanto más altas estén más antiguas son y cuanto más bajas más jóvenes.

Sistema morfoclimático periglaciario:

Es un clima que va desde latitudes altas a zonas de latitudes bajas, pero en estas últimas en zonas altas, donde es muy común y característico.

Se caracteriza porque en estos lugares hay mucho agua en el suelo, la cual se congela según como sea la estación fría. Puede haber precipitaciones en forma de nieve, pero esta no se acumula de un año a otro.

La vegetación típica es la tundra y la taiga.

Las acciones periglaciares están controladas por la acción del hielo y del deshielo que se llama gelivación, la intensidad está controlada por el número de veces que ocurre en un año y por la duración.

Las precipitaciones a lo largo del año son escasas.

En algunas zonas se distingue un proceso de macrogelivación (fragmentos grandes) y la microgelivación, el agua se coloca entre grandes minerales.

La alteración dominante es la física sobre la química, esta no se produce porque la temperatura es muy baja.

En todas las zonas se forma el permafrost, que es un suelo de hielo permanente, y el mollisuelo.

Temperaturas de invierno / verano: es la temperatura del suelo en verano y en invierno.

Cuando la temperatura del suelo vuelve a estar a más de cero grados esta es la base del permafrost, debido al flujo geotérmico.

El Permafrost es la parte del suelo que tiene el agua congelada, por debajo de los cero grados en verano

e invierno. Puede llegar entre los 300–500 metros.

El Mollisuelo es la parte del suelo que en verano está a una temperatura por encima de los cero grados, es un suelo con mucho agua porque apenas se evapora. Puede tener espesores de hasta 4 kms.

Procesos y formas características:

Los procesos fundamentales están relacionados con la gelivación, se forma en muchas ocasiones terrenos configurados.

- Campos de bloques y canchales: se forman por fragmentos que se liberan por el hielo, al acumularse en zonas de desprendimiento (canchales) y al acumularse en zonas verticales (campos de bloques).
- Abombamientos superficiales de pequeña escala: se producen por el aumento de volumen del agua al congelarse, pero no todas las zonas se alteran igual. Forman céspedes almohadillados o senderos de vacas, en zonas de ladera es un pequeño camino.
- Abombamientos superficiales a mayor escala: se deben a la formación de un gran lentejón de hielo que provoca un abultamiento del terreno de varios metros. Forman pingos (se forman por la congelación del agua del terreno que antes no se podía congelar). Los hidracolitos son más pequeños y suelen producirse por la congelación de acuíferos.
- Polígonos de piedras: son polígonos de piedras en terrenos de variedad de tamaños con porosidad desigual. Los fragmentos caen de las zonas elevadas y el suelo puede tener forma de polígonos. Pueden ser alargados en zonas de ladera.
- Suelos poligonales: son suelos arcillosos que se desecan, forman fisuras que se hacen más grandes y profundas por el hielo.
- Suelos enlosados: el mollisuelo tiene tanta agua que las piedras se semihunden.
- Glaciares rocosos y coladas de bloques: tenemos bloques de distintos tipos en zonas con poca pendiente, pero al haber mucho barro se desplazan a favor de la pendiente aunque esta sea muy pequeña.
- Coladas de barro: se da en terrenos empapados y en las laderas se produce la gelifluxión (agua del deshielo) formando lóbulos de barro.
- Desprendimientos de rocas: se abren las fisuras y caen las rocas.
- Creep y reptación estacionales:
- Aludes de nieve:
- Fenómenos eólicos periglaciares: hay vientos importantes todo el año que transportan materiales finos, estos depósitos se llaman loess y se acumulan en zonas límites del periglacial. Son depósitos porosos, permeables y con alto contenido en caliza y siempre limitan en zonas periglaciares.

Sistema morfoclimático glaciar:

Para que se forme un sistema morfoclimático glaciar hace falta que haya una acumulación importante de nieve, que sea superior a la fusión que tiene lugar en verano.

No son zonas de precipitaciones abundantes, la nieve se pasa a neviza y luego a hielo, debido a la compactación, o por fusión y rehielo.

En las glaciaciones se distinguen dos zonas:

- Acumulación: donde predomina la acumulación sobre lo que se derrite de la nieve que hay en esa zona.
- Ablación: donde predomina lo que se derrite sobre lo que se acumula.

Siempre ocurre que el hielo se transporta desde la zona de acumulación (alta) a la de ablación (baja) y

siempre este hielo está en movimiento debido a la pendiente.

Situación de los glaciares:

Los grandes glaciares están en los polos, pero también hay en zonas montañosas, cuanto más baja sea la latitud más alta tiene que ser la montaña.

Tipos de glaciares:

Hay dos clasificaciones básicas:

- **Clasificación térmica:** se clasifican en fríos, templados e intermedios:
 - **Fríos:** toda la masa glaciar está a temperaturas muy bajas y siempre a temperaturas inferiores a la de fusión. El hielo está adherido al costado rocoso y no hay aguas de fusión. Hay una gran cantidad de nieve y neviza sobre el hielo. Tiene una tasa de alimentación y ablación muy baja. Se encuentran en Groenlandia y en la Antártida, donde se encuentra el 99% del hielo del planeta. La nieve se transforma de manera muy lenta en hielo. Hay espesores importantes de hielo y neviza. Su velocidad es muy lenta y a veces puede haber aguas cuando tiene un espesor grande con lo que se mueven más rápido.
 - **Templados:** la temperatura del hielo es de alrededor de cero grados, por lo que es posible que existan aguas de fusión en el interior y en la base de la masa de hielo. El paso de nieve → neviza → hielo es rápido, sobre todo porque hay procesos de fusión y rehielo. La velocidad del movimiento es mayor que la de los fríos por el agua de fusión.
 - **Intermedios:** en invierno tienen propiedades térmicas iguales a la de los fríos y en verano, hasta cierta profundidad, igual que la de los templados.

- **Clasificación desde el punto de vista morfológico:**

1. **Inlandsis; glaciares de casquete polar:** son inmensas acumulaciones de

hielo de carácter frío y se encuentran en Groenlandia y en la Antártida (los del cuaternario en América del norte y Europa).

Entre medias de ellos hay luna taks que son restos de picos rocosos en forma triangular.

2. **Glaciares de casquete subpolar:** tiene un carácter térmico intermedio.

- **Glaciares de meseta:** se sitúan entre relieves montañosos.
- **Glaciares de Outlet:** son como los anteriores pero que acaban en el mar y forman icebergs.
- **Glaciares alaskianos:** se mueven por grandes valles y tienen grandes lagunas glaciares.
- **Glaciares de valle o alpinos:** suelen estar en la parte más próxima al relieve montañoso y forman pequeños circos y valles glaciares.
- **Glaciares de circo o pirenaicos:** los pirenaicos son más pequeños y no tienen circo.

Flujo glaciar:

La masa de hielo se mueve debido a la pendiente y al propio peso. Este movimiento no es uniforme ni homogéneo, se produce cuando:

- Cuando hay un aumento en la zona de acumulación y aumenta la velocidad.
- Cuando la velocidad es mayor en la zona superior del glaciar que en la zona inferior.
- Cuando hay zonas de rápidos y zonas de movimientos más lentos.

Dentro del glaciar hay sectores compresivos y distensivos. La deformación es mayor en la zona inferior del glaciar.

Erosión, sedimentación y transporte de los glaciares:

Transporte: el movimiento del glaciar es muy complejo, depende de la pendiente, de la masa del hielo y de la compensación entre la acumulación y la ablación.

El flujo no es ni homogéneo ni uniforme. Hay sectores compresivos, donde está el glaciar engrasado, y sectores extensivos, donde hay adelgazamiento.

Por esto hay fracturas en el hielo, en la masa de hielo y en la pared rocosa.

El hielo puede transportar todo tipo de tamaños rocosos, ese material no se redondea sino que sólo se desplaza.

Erosión: se produce por el roce del glaciar en su desplazamiento en su zona más baja. Es muy efectivo en glaciares templados y algunos fríos.

- **Abrasión:** es la erosión ejercida por los materiales que son arrastrados por el fondo del glaciar sobre el sustrato rocoso. Dan lugar a:
 - **Formación de estrías y acanaladuras:** marcan la dirección de avance del glaciar.
 - **Rocas aborregadas:** quedan redondeadas debido a que el hielo se introduce por las grietas de las rocas arrancando fragmentos.
- **Desfondamiento periglacial:** antes de formarse el glaciar, habrá actuado sobre la zona el sistema morfológico periglacial, sobre todo la gelivación que habrá liberado fragmentos. Estos fragmentos serán arrastrados por el glaciar.
- **Valles glaciares:** tienen forma de V, tienen fuertes escapes laterales y un fondo ancho. Cuando están inundados se llaman Fiordos.
- **Circos glaciares:** son depresiones semicirculares en la corteza de los valles.
- **Valles colgados o tributarios:** son valles que van a parar al valle principal.
- **Horns:** si se desarrollan 2 o 3 circos glaciares próximos, la destrucción de las aristas que los separan deja entre ellos un pico aislado denominado horn.

Sedimentación: el depósito glaciar se caracteriza porque es un material con variedad de tamaños (muy finos (harina glaciar) – muy grandes), los materiales depositados van a tener escasa clasificación y selección (granos de distintos tipos, más bien angulosos) que se llaman Till o Tillitas.

Hay varios tipos:

- **Morrenas de fondo:** es un manto de till en un terreno antes ocupado por un glaciar, tienen algunos metros de espesor y tiene una superficie caótica y desordenada, dentro hay, a veces, morrenas en flauta o morrenas listadas.
- **Morrenas laterales y centrales:**

- **Morrenas frontales o terminales:** tienen forma de arco y bordean la terminación frontal del hielo de un glaciar. Cuando el glaciar retrocede la morrena frontal no se forma bien.
- **Drunlis:** son montículos de planta oval con un perfil suave con cientos de metros de longitud y decenas de metros de altura, suelen aparecer en grupos.

Drenaje de las aguas de fusión glaciar:

La masa de hielo glaciar puede contener agua que procede de la fusión (verano), del agua de lluvia del glaciar, de las laderas o de los manantiales.

Tipos de corrientes:

- Corrientes supraglaciares que forman canales entrecruzados (canales anastomados).
- Corrientes en glaciares que corren por dentro de la masa de hielo.
- Corrientes marginales que circulan entre el glaciar y la pared del valle.
- Corrientes subglaciares que corren por debajo de la masa de hielo.

Todas esta agua van a parar a la parte final del glaciar donde se producen una serie de canales y procesos de sedimentación, algo de transporte y erosión. Esta zona se llama sandur. Los materiales están algo redondeados por el agua, aunque no mucho.

Depósitos de aguas glaciares: el agua forma un lago glaciar donde se depositan varvas glaciares, que están formadas por:

- **Capa clara:** el material es más grueso (limos, arenas), se produce en verano.
- **Capa oscura:** el material es más fino, se produce en invierno.

Estas capas se depositan alternativamente cada año.

Consecuencias indirectas de las glaciaciones:

- Los terrenos que antes contenían un glaciar sufren un reajuste isostático, que es un movimiento lento de ascenso, a esto se le llama glacioisostasia.
- El nivel del mar baja debido a la congelación y los ríos se encajan más porque el nivel base descende, a esto se le llama glacioeustatismo.

Causa de las glaciaciones:

Estas pueden ser debidas a:

- **Inclinación de la tierra respecto del sol.**
- **Que el sol esté menos activo.**
- **La disposición de los continentes, con cambio de clima.**

Se tienen que dar muchos factores a la vez, pero no hay una causa determinada.

Sistema morfoclimático árido o subárido:

Este clima se caracteriza por la escasez de precipitaciones, pero cuando llueve lo hace con una intensidad de carácter tormentoso.

A lo largo de un año las precipitaciones son menores que la evaporación, por lo que los terrenos son secos.

Las temperaturas son variables, hay desiertos fríos, cálidos y templados. Estas temperaturas pueden ser en un día de entre 60° – 0°.

El viento, es importante, suele ser permanente con bastante fuerza alternándose en una determinada dirección.

Se da en latitudes tropicales (ecuador – zonas templadas), también en zonas más altas y más bajas.

Está relacionado con altas presiones.

La vegetación es nula, o casi nula, sobre todo porque la alteración no deja la generación de un suelo determinado.

La alteración mecánica domina sobre la química, sobre todo la contracción y la dilatación térmica, que produce el resquebrajamiento o descamación de la roca y también el crecimiento de sales al secarse el terreno.

Hay grietas de retracción producidas por la desecación del suelo y encostramientos por calicheo o por sales.

La meteorización química destaca el barniz o patina desértica, que es una película de óxido de hierro que cubre el terreno de un color rojizo oscuro.

Acción de la esorrentía (agua):

El agua procede de las escasas precipitaciones, pero se evapora rápido, esa agua puede circular de dos formas:

- Endorreica: el agua va a una zona deprimida del interior donde se puede formar una laguna.
- Arreica: el agua circula por cauces no definidos.

También puede proceder esa agua de zonas con un relieve montañoso.

En las regiones semiáridas los cauces de agua pueden tener una característica estacional.

En las laderas es muy común que se formen cárcavas, si es arcillosa, si no lo es se forman acarraduras.

Los cursos de agua tienen dos nombres:

- Zonas desérticas: UADI (uad).
- Zonas mediterráneas: ramblas.

Las zonas deprimidas del interior se llaman playas o sebkhas, tienen un material muy fino y muchas sales por la evaporación.

Dentro de la acción fluvial es muy común que se formen abanicos aluviales, los materiales más gruesos se situarían en la zona más alta y los más finos en la más baja. Cada año se alteran las zonas por donde circula el agua.

Los glaciares o pedimentos son zonas de transición entre un relieve y una zona llana.

Acción del viento:

El viento va a actuar, sobre todo, por la falta de vegetación y por su fuerza.

La erosión eólica tiene dos procesos característicos:

- **Deflación:** el viento excava el terreno, pueden ser de entre 5 – 20 metros de profundidad y con varios kilómetros de diámetro.

Si este proceso es muy efectivo se lleva todo el material fino quedando las rocas, o, lo que es lo mismo, el pavimento desértico.

- **Corrosión o abrasión eólica:** es el golpeteo permanente de los granos grandes con las rocas, esto da lugar a que la roca esté llena de agujeros, a los que se llama nidos de abeja. Se forman pequeños arcos o cuevas en las rocas (tafonis).

Pueden formarse cantos trifacetados, que son fragmentos de piedra golpeados continuamente.

Los sedimentos eólicos tienen un grado de redondeamiento mayor que el de los granos transportados por una corriente de agua y están más seleccionados.

Transporte eólico:

Se realiza según el tamaño de las partículas:

- Del tamaño del polvo $1/20$ mm. : son elevadas hasta varios kilómetros de altura y de distancia.
- Del tamaño de un grano de arena $2 - 1/20$ mm. : son elevados unos centímetros o pocos metros y transportados unos metros elevándose y cayendo sucesivamente.
- Cantos pequeños menos de 8 cm. : con mucho viento, se mueven rodando aunque muy poco.

En general la capacidad de transporte del viento depende de la velocidad, cuanto más velocidad más transporte.

Hay tres superficies desérticas, las menos numerosas son las arenosas:

- **Hamadas:** roca (ni arena ni cantos).
- **Dunas:** a escala métrica o decamétrica, son móviles.
- **Draas:** son acumulaciones arenosas, a escala heptamétrica, son como una duna gigante.

Para que se produzca una acumulación de arena hace falta que los granos de arena se paren (por piedras, etc.), al pararse un grano de arena se paran todos los demás.

Las dunas tienen un lado de sotavento, que es más vertical, y otro de barlovento, que es menos vertical y en la dirección del viento. Dentro tienen una estratificación de los granos, se trata de una estratificación cruzada.

Tipos de dunas:

- **Semilunares o barjanes:** pueden tener unos 30 metros de altura y unos 350 metros de ancho y se

pueden mover unos 15 metros al año.

- **Transversales:** se forman en zonas de mucha arena, las crestas de las dunas se sitúan perpendiculares a la dirección del viento y tienen una zona de sotavento bastante perpendicular.
- **Longitudinales:** se forman perpendiculares a la dirección del viento. , pueden tener hasta 80 km. De longitud y entre 90 – 200 metros de altura.
- **Piramidales o en estrella:** son de gran tamaño con varias caras y están casi inmóviles.
- **Parabólicas:** son de pequeño tamaño.

Ciclo de denudación de un clima árido:

Podemos suponer que comienza en una región continental que presenta montañas y depresiones y no tiene desagüe al mar.

Las etapas son:

- **Juventud:** la escorrentía superficial excava barrancos e uadis en las zonas de montañas y forma llanuras aluviales y playas en las depresiones. Al pie de los macizos quedan conos aluviales y pedimentos.
- **Madurez:** los frentes montañosos retroceden por la acción de las aguas y las depresiones se van llenando de aluviones, quedando también depósitos de playa. Separados de los frentes de montaña quedan cerros testigo y pirámides. El viento actúa por deflación formando depresiones y dunas móviles.
- **Senectud:** las zonas montañosas van siendo rebajadas, aumentando la extensión de las llanuras aluviales y los pedimentos, sobre los cuales destacan montes de rocas resistentes. El viento sigue su labor de deflación, corrosión y formación de dunas, tendiendo a rebajar la superficie hasta el límite del nivel hidrostático.

Sistema morfoclimático ecuatorial o intertropical:

Condiciones climáticas y vegetación:

Se sitúa entre los trópicos.

El clima es cálido y lluvioso, la variación estacional es muy pequeña.

Predomina la selva, la cual es muy abundante.

Apenas hay afloramientos rocosos, sólo en zonas altas y en las laderas.

Condiciones meteorización:

Predomina la meteorización química porque hay una temperatura alta y las precipitaciones son abundantes, esta es cien veces mayor a la de los climas templados. Destaca la hidrólisis y la disolución y los que más la sufren son los silicatos.

El manto de alteración está muy bien desarrollado y cubierto por vegetación excepto por algunas zonas.

La hidrólisis provoca que se liberen cationes (Na, K, Ca, Mg y Fe) y sílice, pero este se suele ir en

disoluciones. Parte de la sílice pasará a formar parte de minerales neoformados (minerales de la arcilla) el cual varía según las condiciones de las zonas.

Las grandes concentraciones de estos minerales, de forma lenticular, se denomina Lateritas.

La intensa actividad bacteriana degrada todos los restos orgánicos de manera que no hay humus casi en este suelo.

Se forma una capa de alteración formada por arcillas (minerales de la arcilla o de neoformación).

En estas regiones los contrastes de relieve tienden a exagerar; como la meteorización depende de la humedad, es menos acusada en pendientes fuertes que en las suaves. En las primeras el agua se desliza por la superficie infiltrándose poco, apareciendo la roca al descubierto, cuya erosión será lenta. En pendientes suaves las rocas se empapan y están profundamente alteradas, por lo que la erosión es más rápida.

Agentes, procesos y formas características:

El principal agente de modelado son las aguas corrientes, que debido a su abundancia forman numerosos y caudalosos ríos.

El agua también actúa en las vertientes, produciendo:

- Arroyada laminar: el agua discurre por las vertientes en forma laminar, debido a que las lluvias son frenadas por el follaje.
- Solifluxión y reptación: da lugar a desprendimientos y corrimientos de tierras, que arrancan el suelo y la vegetación.

Los relieves son en general bastante redondeados y suaves, también se forman montes aislados de cima redondeada, constituidos por rocas resistentes a la erosión, cuyas laderas de fuerte pendiente evitan la meteorización y la erosión al dejar discurrir el agua: son los panes de azúcar.

Es común la existencia de zonas pantanosos y ciénagas.

En los ríos alternan zonas de rápidos y de remansos.

Dinámica y morfología litoral:

El litoral comprende la zona situada entre el límite de marea alta y el de marea baja, la zona de la costa a la que llegan las olas y la zona que está siempre sumergida.

Estas zonas están sujetas a la acción continuada de oleaje, las mareas y las corrientes.

La erosión, transporte y sedimentación llevadas a cabo por el mar darán lugar a gran variedad de formas litorales y parajes costeros.

El oleaje:

Las olas son movimientos del agua producidos fundamentalmente por la acción del viento en superficies de agua grandes.

Hay dos tipos de olas:

- **De oscilación:** producen movimientos circulares de las gotas de agua y no producen movimiento en la horizontal.
- **De translación:** cuando la onda toca fondo y hace una elipse, la cresta de al ola rompe avanzando hacia la costa.

El oleaje produce una acción erosiva por:

- **Acción hidráulica:** golpeteo del agua contra las rocas.
- **Corrosión:** acción del choque de fragmentos rocosos que lleva el agua en suspensión.
- **Abrasión:** desgaste de dichos fragmentos al chocar unos con otros.

Cuando las olas no llegan paralelas a la costa se producen las corrientes de deriva; las olas arrastran los cantos y arenas en la dirección en que avanzan, sufriendo un desplazamiento lateral. Se produce una deriva de sedimentos a lo largo de la playa.

La resaca es el agua que vuelve al mar después de romper la ola.

La costa está formada por entrantes, que pueden formar playas, y salientes, que pueden formar acantilados.

El acantilado:

El oleaje excava un socavón en el terreno, que provoca el derrumbamiento de su

Parte superior, que ha quedado sin base.

Al pie del acantilado queda la plataforma de abrasión, donde debido al rozamiento,

Las olas pierden energía, llegando a romper en el acantilado con poca fuerza. El

acantilado retrocederá lentamente hasta llegar a la estabilización.

Dinámica de las playas; transporte y depósito litoral:

Una playa es un depósito de cantos o de arena situado en una zona de rompiente de las olas. Los materiales más gruesos son depositados en las orillas y los más finos son arrastrados hacia el mar por la resaca de la ola.

Los materiales que forman la playa proceden de la acción erosiva de las olas (y la posterior deriva litoral), de los ríos y en menor medida del viento.

Los materiales de una playa suelen estar bien seleccionados y redondeados.

En las playas suele haber entrantes, llamados bahías y salientes llamados cabos. En las bahías suele haber más depósitos que en los cabos.

Los tipos de depósitos arenosos son:

- **Playas o tancos arenosos:** son acumulaciones de cantos o arena en zonas de rompiente de las olas.
- **Cordón litoral:** es la zona que separa un lagoon del mar abierto. Suele situarse paralelo a la

costa. Puede haber canales mareales que comuniquen el lagoon con el mar abierto.

- Flecha o espiga: son acumulaciones que sobresalen en una determinada zona. Se forman porque hay cierto ángulo entre la corriente y la costa, debido a la deriva litoral.
- Tómbolo: es un saliente rocoso o formado por abundante arena, unido a la costa por una tunda arenosa.
- Albufera: la salinidad es menor en estas zonas, es lo que hay antes del mar abierto (Valencia).

Mareas:

Se deben fundamentalmente a la acción de la luna y el sol.

Cuando el sol y la luna están alineados se da una marea viva y cuando el sol y la luna están paralelos se da una marea muerta.

El rango de la marea es lo que sube y baja la marea.

La zona de bajamar es el límite del agua cuando está baja

La zona de pleamar es el límite del agua cuando está alta

La zona intermareal es la comprendida entre bajamar y pleamar.

Transporte y depósito litoral:

Los sedimentos oceánicos proceden fundamentalmente de los ríos, también proceden por el viento y por el oleaje.

Los sedimentos arenosos de las playas están redondeados y seleccionados, los eólicos están más redondos y mejor seleccionados.

Los materiales se acumulan por el oleaje y por las corrientes (en el mar), esto depende de la intensidad.

Existen ambientes en el que los depósitos se forman por decantación.

El lagoon es la zona donde se produce la decantación, son zonas poco comunicadas con el mar abierto y esta formada por sedimentos finos.

Las playas se destruyen cuando hay un aumento de energía y se reconstruyen cuando hay una energía normal.

Tipos de depósitos arenosos:

- Playa:
- Cordón litoral: hay mar a un lado y marismas o un lagoon por el otro, se sitúa paralelo a la costa, tiene canales mareales y el tamaño varía.
- Flecha: es una acumulación arenosa que sobresale de la costa, está relacionada con las corrientes de deriva.
- Tómbolo: es un saliente unido mediante una barra arenosa, a veces genera una roca en ese

saliente (un peñón).

- **Albuferas:** son zonas que quedan mal comunicadas con el mar, su agua puede ser salada o dulce.

Tipos de costas:

Para clasificarlas se pueden utilizar muchos criterios y muchas clasificaciones, hay:

- **Costas en avance:** es donde se genera el depósito; arrecifes, deltas.
- **Costas en erosión:** son zonas donde se destruye, provoca que las costas se hagan más rectas; acantilados.
- **Costas de inmersión:** son valles fluviales próximos a la costa que se inundan; rías. Los fiordos son valles glaciares inundados.
- **Costas de emersión:** se dan cuando la región sube por encima del nivel del mar, veces aparecen plataformas de abrasión; playas levantadas.
- **Costas de falla:** son regiones costeras que se hunden por causa de una falla.

En general, cuando las costas tienen material detrítico este puede ser siliciclástico (Galicia) o carbonático (en zonas cálidas y tiene arenas blancas).

Los deltas, son casos especiales, son zonas de equilibrio entre el río y el mar, se forman por abanicos que forma el río. Si el mar se mete hacia adentro se forma un estuario.

Evolución de las costas:

- **Costas de inmersión:** sufren la erosión en los cabos y promontorios, dan lugar a acantilado. Cuando los materiales detríticos son suficientes se da lugar a playas en las bahías y flechas que unen los islotes a la costa. Más adelante se forman cordones litorales. El relleno de albuferas y el retroceso de los acantilados origina una costa con alternancia de marismas y acantilados.
- **Costas de emersión:** las olas desplazan los materiales desde el fondo hacia la línea de costa, en la zona donde rompen las olas se forma una barra de material detrítico, la cual se va haciendo más grande quedando una zona en el centro que formara una marisma.

Aguas subterráneas:

Proceden de las precipitaciones (aguas meteóricas) que se filtran en la tierra, hay más aguas subterráneas que en los ríos y lagos.

El agua subterránea, en ocasiones, su origen es del interior y se llaman aguas juveniles, estas representan una cantidad muy pequeña de las aguas subterráneas.

Agua en el suelo: hay las siguientes:

- **Agua higroscópica:** es agua absorbida por las partículas o sobre las partículas, no tiene ningún uso.
- **Agua pelicular:** es una envuelta pelicular que rodea a las partículas, no tiene ningún uso.
- **Agua capilar:** es la que queda retenida por capilaridad en huecos y pequeños canales del suelo, no tiene ningún uso.
- **Agua gravífica:** no es retenida por las partículas del suelo y se mueve hacia abajo dando lugar a acuíferos o acumulaciones de aguas subterráneas.

Acuíferos:

Son formaciones geológicas de dimensiones variables, pero siempre de explotación rentable, capaces de almacenar en sus poros o fisuras un fluido, y de permitir su movimiento. Tienen que estar formados por rocas permeables capaces de transmitir el agua, y es necesario que exista una capa impermeable sobre la que se acumule el fluido.

Cuando el nivel hidrostático alcanza la superficie o es cortado por ésta, se forma un manantial.

Tipos de acuíferos:

- **Libre:** se producen cuando su nivel hidrostático está sometido solamente a la presión atmosférica. Por tanto puede elevarse o descender de acuerdo con las precipitaciones y escapes que presente.
- **Cautivo o confinado:** está situado entre dos zonas impermeables, excepto en algunas zonas de recarga a alimentación.
- **Colgado:** se encuentra sobre una capa impermeable separado del acuífero principal por una toma de aireación. Por tanto su nivel freático es distinto al nivel freático regional.

Si en un acuífero cautivo se excava un pozo por debajo del nivel hidrostático el agua asciende hasta la boca del pozo, que se denomina pozo artesiano. Si existen fracturas en el estrato situado por encima del acuífero, el agua puede ascender formando una fuente artesiana.

Otras formaciones geológicas se diferencian del acuífero por no contener o transmitir el agua:

- **Acuicluido:** es una masa rocosa de baja permeabilidad que contiene agua incluso hasta la saturación pero que no la transmite y por tanto no es explotable (arcillas, limos).
- **Acuitardo:** contiene agua en cantidades importantes pero la transmite tan lentamente que no es adecuado para la explotación.
- **Acuifugo:** es una formación geológica que no contiene ni transmite el agua (granito).

Relación entre acuíferos y ríos; acuíferos en interfluvios:

- **Río efluente:** el acuífero descarga agua en el río.
- **Río influente:** el río da agua al acuífero.

Porosidad y permeabilidad:

La porosidad de una roca es el volumen total ocupado por poros, fisuras, intersticios y oquedades en un volumen determinado de roca. indica la cantidad de fluido que una roca puede almacenar.

M_s (porosidad total) = V_v / V_{total} .

La porosidad puede ser:

- **Primaria:** la que tiene la roca al formarse.
- **Secundaria:** la que se produce como consecuencia de procesos de disolución y fracturación.

Pero lo que realmente importa es la porosidad eficaz, que es la que mide el total de volumen de poros comunicados entre sí permitiendo la circulación del agua, es siempre inferior a la porosidad total.

La permeabilidad es la capacidad de un terreno para permitir el paso del agua a través de él.

- Arenas y gravas: son permeables y tiene alta porosidad eficaz.
- Arcillas: son impermeables pues aunque tienen alta porosidad total, la porosidad eficaz es casi nula. Sus poros son tan pequeños (microporosidad) que no permiten el paso del agua.
- Rocas plutónicas y metamórficas: son impermeables, pero son permeables si tienen fracturas.
- Calizas: son impermeables pero son muy permeables si están karstificadas.

Investigación y explotación de las aguas subterráneas:

De toda el agua de lluvia sólo una parte va a los acuíferos, otro se escapa y otra se va a los lagos o al mar.

Para detectar un acuífero se recurre a métodos geofísicos (eléctricos, magnéticos, sísmicos, gravimétricos), la cantidad de agua que hay y como varía año tras año es importante saberlo, hay que medir la infiltración de agua al acuífero.

Infiltración = precipitaciones – escorrentía – evaporación.

$$I = P - E - Ev$$

Cuando se encuentra el acuífero hay que analizar el agua, las aguas subterráneas suelen ser de buena calidad.

Las intrusiones salinas se producen cuando el agua del mar avanza hacia el interior por pérdida del agua dulce. La zona impregnada por agua salada queda inutilizada.

La contaminación de los acuíferos puede producirse por:

- Por el lavado por parte del agua de productos contaminantes que se infiltran en el acuífero.
- Por inyección directa de los productos contaminantes en el acuífero.

Cuando el acuífero está contaminado, la contaminación ya es casi permanente pues el agua se mueve tan lentamente que no se regenera. La limpieza artificial de los acuíferos es muy costosa y muy lenta.

A veces la sobre explotación de los acuíferos produce hundimientos del terreno (ciudad de México).

Moldeado kárstico:

Se produce en rocas carbonatadas (dolomía y caliza) y en rocas evaporíticas (yeso), pero fundamentalmente en las rocas carbonatadas.

El paisaje kárstico se desarrolla por la actuación de fenómenos hidrogeológicos, geomorfológicos y fundamentalmente por disolución-carbonatación, tiene lugar por que el agua que se filtra por fallas, diaclasas y por superficies de estratificación y disuelve la roca.

Estas zonas por donde se filtra el agua se hacen cada vez más grandes.

Características:

- Tienen escasa o nula escorrentía superficial por lo que tienen una mala distribución de drenaje (afluentes). Los pocos cursos de agua superficiales forman hoces, cañones, etc.
- Suelen tener suelos y mantos de alteración muy poco desarrollados.
- Los cursos de agua desaparecen (se infiltran).

- Hay surgencias por donde aparece el río.

Morfología kárstica:

- **Exocárstica:** es en el exterior, determina el paisaje externo de la región.
- Cañones, hoces, paredes verticales.
- Valles en forma de fondo de saco: son valles con paredes más o menos verticales y que en la zona de cabecera tienen una forma más o menos de circo (semicircular).
- Lapiaces: son estructuras formadas por disolución, son acanaladuras que se producen en la roca, también pueden ser grietas.
- Torcales: son producto de la disolución, son acanaladuras de gran tamaño, pueden dar cuevas a cielo abierto (ciudad encantada).
- Dolomías: hay dos tipos:
 - Por disolución: tienen formas de embudo con paredes bastante suaves.
 - Por hundimiento: tienen las paredes mucho más verticales y existen muchos fragmentos de roca.
- Polje: son valles o llanuras entre paredes bastante verticales, suele haber arcillas, es muy común que dentro de los poljes haya sumideros donde se hunde un curso fluvial
- Tobas: son concreciones calcáreas formadas por precipitaciones de carbonato cálcico sobre la vegetación.
- Arcilla de decalcificación: es el residuo que queda al disolverse la roca caliza, son las impurezas que contenía la caliza.
- Endocársticas: fundamentalmente da simas y galerías, su formación está relacionada con la zona vadosa y la zona freática.

En la zona vadosa predominan los simas.

En la zona freática predominan las galerías.

Siempre, los simas se producen porque el agua busca la zona freática que está más abajo. En la zona freática hay galerías porque el agua comienza a moverse lateralmente.

Otras formas endocársticas son:

- Estalactitas: cuelgan del techo.
- Estalagmitas: crecen desde el suelo.

Las dos se forman por la precipitación del carbonato anteriormente disuelto.

Se diferencian en que la estalactita tiene los carbonatos más organizados y tienen bandas internas circulares concéntricas.

Ambas se encuentran en la zona vadosa.

Evolución del paisaje kárstico:

Se va produciendo porque el nivel freático va bajando según se va produciendo la disolución del macizo kárstico, es decir, la zona vadosa se hace de mayor tamaño, es muy común que se produzcan muchas

surgencias donde el agua salga al exterior.

Los manantiales van apareciendo cada vez más abajo debido a la erosión.

Se van formando simas y galerías hasta que se llega a la parte inferior del macizo kárstico.

Se da fundamentalmente en regiones tropicales porque es un proceso químico que necesita agua y temperaturas cálidas.

En estas zonas este proceso es muy rápido, pero en otras regiones de la tierra (como Canadá) también se desarrolla, pero mucho más lento

El resultado final es karst en torres.

Moldeado con influencia directa de la litología:

Las formas de relieve no dependen sólo de los agentes del moldeado, también están condicionados por la litología de la roca y su estructura.

- Paisaje en función litológica: formado por rocas ígneas y metamórficas, suelen ser rocas que se presentan en masas más o menos grandes sin poros, son impermeables, normalmente se destruyen a favor de diaclasas y fallas y suelen formar líneas rectangulares. Este paisaje se llama berrocal, y es típico de zonas graníticas. Dentro de un berrocal existen piedras caballeras que están colocadas unas encima de otras.

Se forman domos, que son grandes masas de roca con forma de domo o de cúpula sin fisuras. También se forman pilacones, que son lo que se forman en los ríos, cavidades naturales en la roca debidas al golpeteo del agua. Estas formas son típicas de rocas graníticas, pero también pueden ser de otras rocas.

- Las rocas filonianas o diques suelen ser más resistentes a la erosión que las rocas que las rodean y a veces dan pequeños resaltes.

Tipos de relieves según las rocas:

- En rocas volcánicas:
 - Volcanes en escudo:
 - Estratovolcanes:
 - Conos de piroclastos:
 - Coladas:
 - Mesetas volcánicas: relacionadas con la actividad fisural.
- En rocas sedimentarias:
 - Cárcavas o bad lands:
 - Chimeneas de erosión:
 - Arcos naturales:
 - Paisaje kárstico: (como caso especial).
- Relieve con influencia estructural: se produce cuando el relieve está condicionado por la disposición de las rocas de la corteza terrestre y por la diferencia de resistencia a la erosión de dichas capas.

Tipos de relieves:

- **Relieves en capas horizontales:** las capas están situadas horizontalmente, se forman:

- **Cerros testigos:**
- **Mesas:**
- **Mesetas:** como las mesas pero más grandes y alargados.

En los valles las rocas más duras dan pendientes más abruptas y en las rocas más blandas pendientes más suaves.

- **Relieves en capas inclinadas:**

- **Relieves en cuesta:** se forman cuando la inclinación del terreno coincide con el buzamiento (inclinación) de la capa. Tiene por un lado una pendiente suave y por el otro una con una pendiente más abrupta.
- **Relieves en cresta:** las capas están verticales y son más resistentes a la erosión.

- **Relieves plegados:**

- **Relieves conformes:** los anticlinales se corresponden con las partes más altas.
- **Relieves invertidos:** el paso de uno a otro es por erosión.

En ocasiones, cuando los pliegues están ligeramente inclinados se pueden formar relieves en zigzag. Cuando un relieve con pliegues se erosiona queda una penillanura.

- **Relieves condicionados por fallas:**

Pueden ser fallas normales o inversas, siempre hay un bloque levantado o hundido y entre ambos bloques hay un escarpe o escalón, el cual puede ser de distintas alturas y longitudes. No siempre la parte más alta de ese escalón es del bloque levantado, esto depende del tipo de dureza de la roca que se erosiona.

- **Fallas horizontales:** no forman escalones pero pueden detectarse porque algunos cursos fluviales circulan siguiendo la línea de falla.
- **Cavalgamientos o mantos de corrimiento:** forman estructuras irregulares y al erosionarse dejan pequeños cerros testigo (klippe).

Las fallas, rara vez, aparecen solas, sino asociadas unas con otras y pueden dar lugar a fosas tectónicas.

(sistema central)

20

29

20