

- 1.- Si la precipitación sobre los continentes es muy superior a la cantidad de agua que se devuelve a la atmósfera por evaporación y evapotranspiración, que sucede con el resto del agua precipitada, a donde esta va?
- 2.- Como se denomina el límite entre cuencas de drenaje colindantes?
- 3.- Tipos de cuencas en función de su desembocadura
- 4.- Tipos de cuencas en función de su patrón de drenaje
- 5.- Como se llama los depósitos llevados por los ríos
- 6.- Parámetro más importante en la estimación de la energía de un río. Concepto y unidad de medida.
- 7.- Asocie con las formas típicas de red de drenaje, el drenaje de: un volcan, un valle intramontano, los ríos llaneros.
- 8.- Que es el nivel de base de un río. Cual es el nivel de base del río Orinoco, cual el del río Carache y cual el del río Momboy. Señale los tramos de erosión y depósito de estos ríos.
- 9.- En un perfil elaborado a lo largo del cauce de un río como es generalmente su forma y que representa desde el punto de vista dinámico.
- 10.- Que es un hidrograma.
- 11.- Concepto nivel base de un río.
- 12.- Describa los procesos que generan la erosión de los ríos.
- 13.- Como se desplaza la carga sólida de fondo en los ríos.
- 14.- Que es la capacidad de carga de un río.
- 15.- Que significa erosión remontante
- 16.- Relacione: Poder erosivo, pendiente, nivel de base.
- 17.- Donde se consiguen las mayores velocidades en la corriente de un río, señálelas tanto en la horizontal como en la vertical.
- 18.- Señale los tipos de ríos según su cauce.
- 19.- Que es un río meandriforme.
- 20.- Como es el caudal y pendiente de un río meandriforme con respecto a un río anastomosado.
- 21.- Señale la clasificación de las terrazas fluviales según su génesis.
- 22.- Según el texto como se producen los abanicos aluviales y como es su tamaño respecto a la cuenca de drenaje.

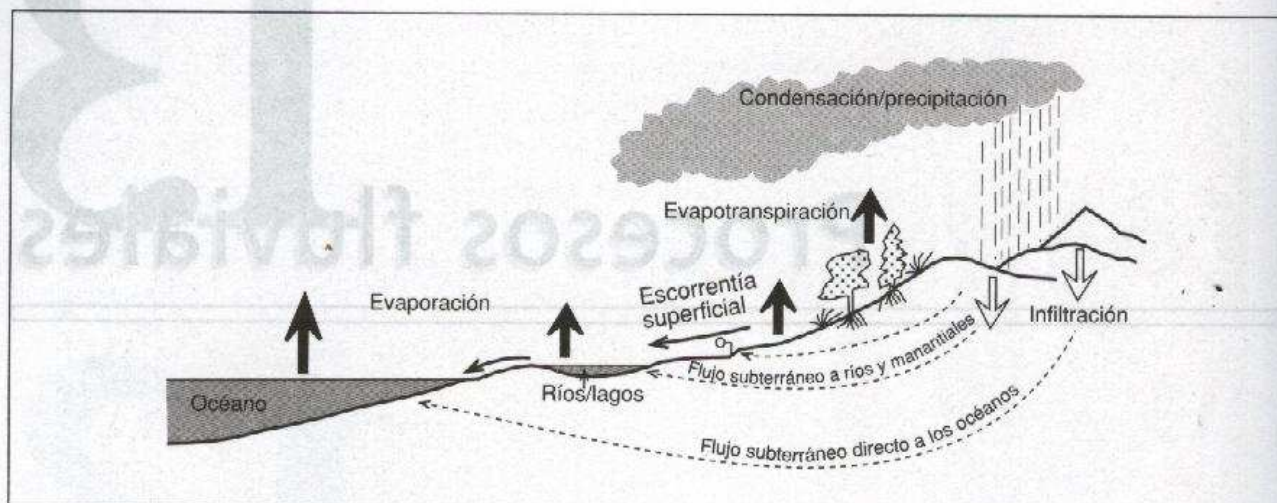
13

Procesos fluviales

13.1 Introducción

Los ríos no sólo transportan el excedente del agua de precipitación sobre los continentes hacia los océanos, sino que además son importantes agentes geológicos externos, tanto de erosión, como de transporte y depósito. Son los principales moldeadores del relieve, siendo los responsables de la mayor parte de los paisajes que podemos observar. Un buen conocimiento de los procesos fluviales es importante para una correcta evaluación del impacto ambiental de actividades como la minería o la industria; además, la construcción de obras civiles tales como carreteras y embalses debe ir precedida de un buen estudio de los ríos del área en la que se proyectan las obras, para evitar de este modo impactos nocivos en el medio natural, inundaciones, inestabilidad de las obras, etc.

Conviene iniciar este tema introduciendo el concepto del ciclo hidrológico (Figura 13.1). Se puede definir como el recorrido general que efectúa el agua en torno a la superficie terrestre pasando de la atmósfera, a la hidrosfera y a los primeros cientos de metros de la corteza, para volver finalmente al estado inicial, cerrando así el ciclo. Si el ciclo lo iniciamos arbitrariamente en el océano, la evaporación hace pasar parte del agua a la atmósfera en forma de vapor de agua; allí, la condensación del vapor de agua cuando alcanza bajas temperaturas provoca la lluvia; eventualmente el vapor podría pasar directamente a estado sólido en forma de nieve. La precipitación sobre los continentes es muy superior a la cantidad de agua que es devuelta a la atmósfera por evaporación directa y transpiración de los vegetales; este exceso de agua es devuelto de nuevo al océano básicamente a través de los ríos, completándose así el ciclo del agua. No obstante, parte de la precipitación se infiltra en el suelo (siendo aprovechada por las plantas para sus funciones vitales) y subsuelo, donde se almacena como agua subterránea; el agua subterránea puede ser aprovechada por el hombre en obras de captación, pero también circula, aunque muy lentamente, para aflorar de nuevo en superficie a través de manantiales o incorporarse a los ríos; también puede fluir directamente a través del medio subterráneo hasta incorporarse al océano, completando de este otro modo el ciclo del agua.

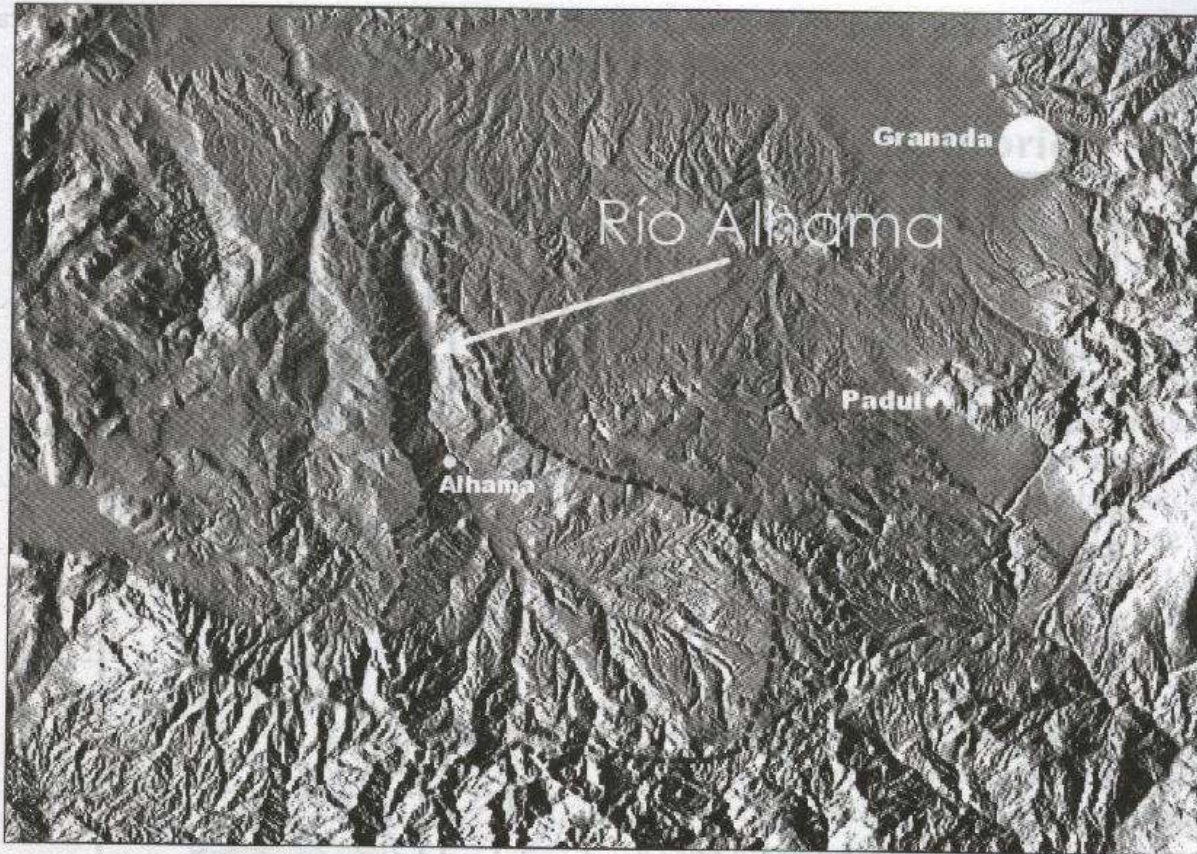


■ Figura 13.1 Esquema del ciclo hidrológico.

13.2 Definición y límites de los sistemas de drenaje

Los ríos se organizan en redes o sistemas de drenaje, que se pueden definir como todo el entramado de cauces que drenan hacia un único cauce principal; así por ejemplo, el Guadalquivir y todos sus afluentes constituyen un sistema o cuenca de drenaje, que ocupa buena parte de Andalucía, abarcando parte de las provincias de Granada, Jaén, Málaga, Córdoba, Sevilla y Huelva; toda el agua que circula superficialmente en esta área acaba en el océano Atlántico a través de la desembocadura del Guadalquivir en Sanlúcar (Cádiz). La Figura 13.2 es un modelo digital del terreno en el que se ha delimitado la cuenca de drenaje del río Alhama en la provincia de Granada. El límite entre cuencas de drenaje colindantes se denomina divisoria de aguas; suele coincidir con una línea de crestas y collados que encierra en su interior toda la superficie cuyo drenaje se evacúa por los ríos de la cuenca. Hay un parámetro que relaciona la longitud total de cauces con la superficie de una cuenca de drenaje; es la densidad de drenaje, que nos indica los kilómetros de cauces por cada kilómetro cuadrado de superficie de la cuenca de drenaje; valores altos de densidad de drenaje son indicativos de gran capacidad de la cuenca para evacuar agua y, por tanto, a igualdad de otros factores, tendría menos susceptibilidad frente a inundaciones.

Las cuencas de drenaje se dividen en dos tipos en función de que desemboken en el mar (exorreicas) o no (endorreicas); estas últimas suelen ser cuencas de menor superficie, que desembocan en lagos o lagunas. Las cuencas de drenaje tienen morfologías generales muy variables en función de la litología, la estructura, el clima y la vegetación de las zonas incluidas en ellas. Se han diferenciado varios tipos de cuencas de drenaje en función del patrón que dibujan los cauces (Figura 13.3): dendríticas (forma arborescente o de aparato circulatorio), en forma de verja, paralelas, rectangulares, radiales y anulares.



■ **Figura 13.2** Modelo digital del terreno en el que se ha delimitado la cuenca de drenaje del río Alhama (Granada).

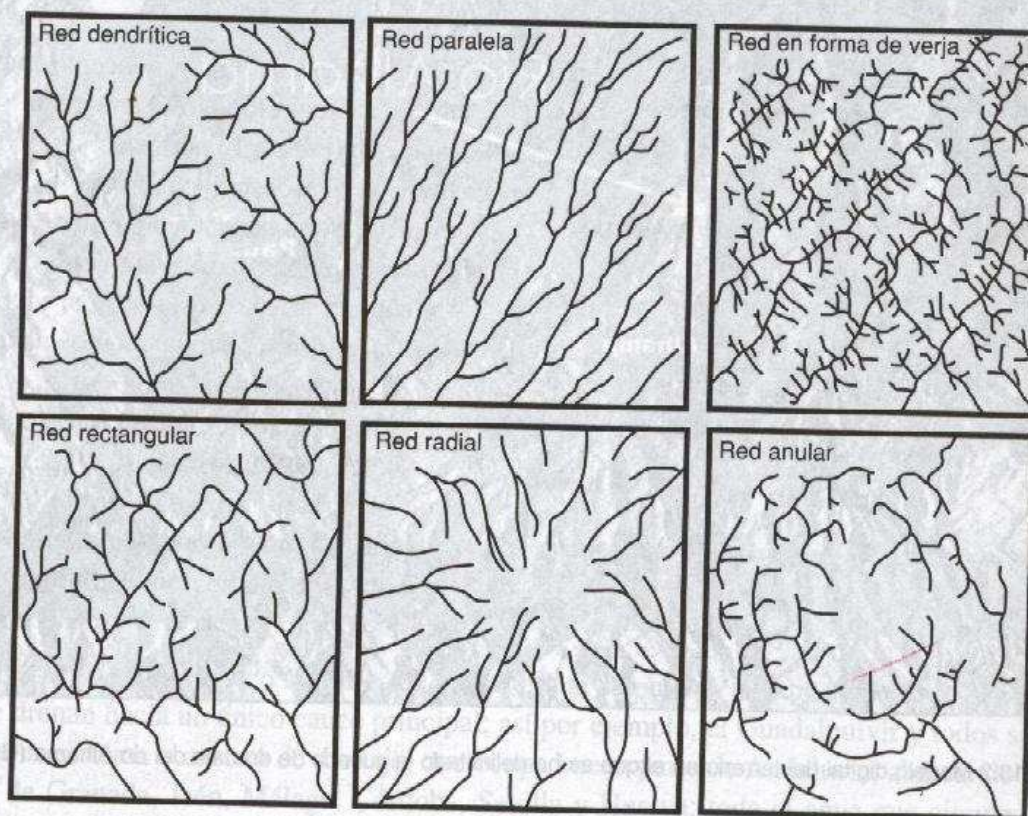
13.3 Dinámica fluvial

A continuación se examinan los aspectos fundamentales para entender cómo los ríos producen erosión, transporte y depósito de materiales. Los ríos modelan el relieve en función de la energía potencial debida a su elevación con respecto al nivel del mar, que se va transformando en energía cinética al tiempo que se produce erosión en el cauce. Además de erosión, los ríos también invierten parte de su energía en transportar materiales; cuando decrece la energía suficientemente, la carga transportada se deposita en el cauce o en sus alrededores; los depósitos reciben el nombre genérico de aluviones.

13.3.1 Caudal y su medida

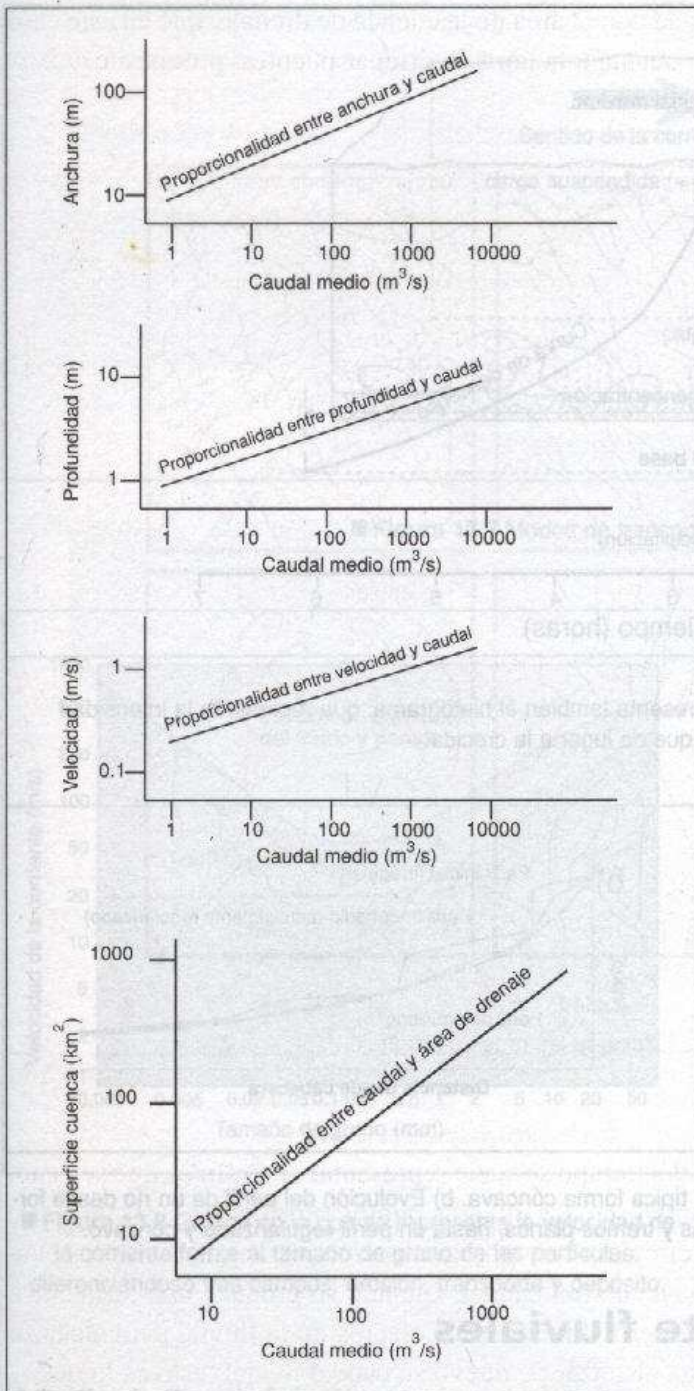
Un primer parámetro importante para estimar la energía de un río es el caudal, definido como el volumen de agua que circula por el río por unidad de tiempo. Se suele medir en litros/segundo o en metros cúbicos/segundo. El caudal se puede expresar también como el producto de la velocidad de la corriente por la sección del cauce (anchura por profundidad en un canal ideal rectangular); se puede establecer una relación de proporcionalidad del caudal con la velocidad, la anchura y la profundidad del canal (Figura 13.4); esa relación no es de proporcionalidad directa, sino que para expresarla matemáticamente habría que introducir unos exponentes que varían en función de las características litológicas y climáticas. Por otra

parte, el caudal guarda también una proporcionalidad con el área de la cuenca de drenaje, que en este caso es directa (Figura 13.4), lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de diseñar puentes, presas, etc.



■ Figura 13.3 Formas más típicas de las redes de drenaje.

La variación del caudal en un cauce a lo largo del tiempo se suele representar en gráficos que se denominan hidrogramas. La medida sistemática del caudal se hace en unos puntos fijos del río (estaciones de aforo) que se encauzan artificialmente para hacer circular el río por una sección rectangular; en esos puntos se mide la velocidad y la altura del agua para calcular el caudal. Cuando se produce una tormenta o un periodo de lluvia, el caudal del río aumenta primero al recoger los efectos de la lluvia, para alcanzar un máximo y luego decrecer progresivamente hasta alcanzar de nuevo su caudal inicial; esto es lo que se conoce como hidrograma de crecida o tormenta (Figura 13.5). El caudal antes y después de la crecida es el caudal base. La parte del hidrograma de aumento del caudal se conoce como curva de crecida; su mayor o menor pendiente depende fundamentalmente de la intensidad de la lluvia. La parte del hidrograma en la que disminuye el caudal tras el pico se conoce como curva de descenso; su mayor o menor pendiente depende básicamente de características de la cuenca de drenaje tales como por ejemplo la presencia de mayor (menos pendiente del hidrograma) o menor (más pendiente del hidrograma) vegetación. La diferencia de tiempo entre el momento de máxima intensidad de la lluvia y el pico del hidrograma se denomina retardo. Por último, se denomina tiempo de concentración al tiempo que de media tarda una gota de lluvia desde que cae hasta que pasa por la estación de aforos; suele medirse como la diferencia de tiempo entre el momento de terminación de la lluvia y el final de la curva de descenso.



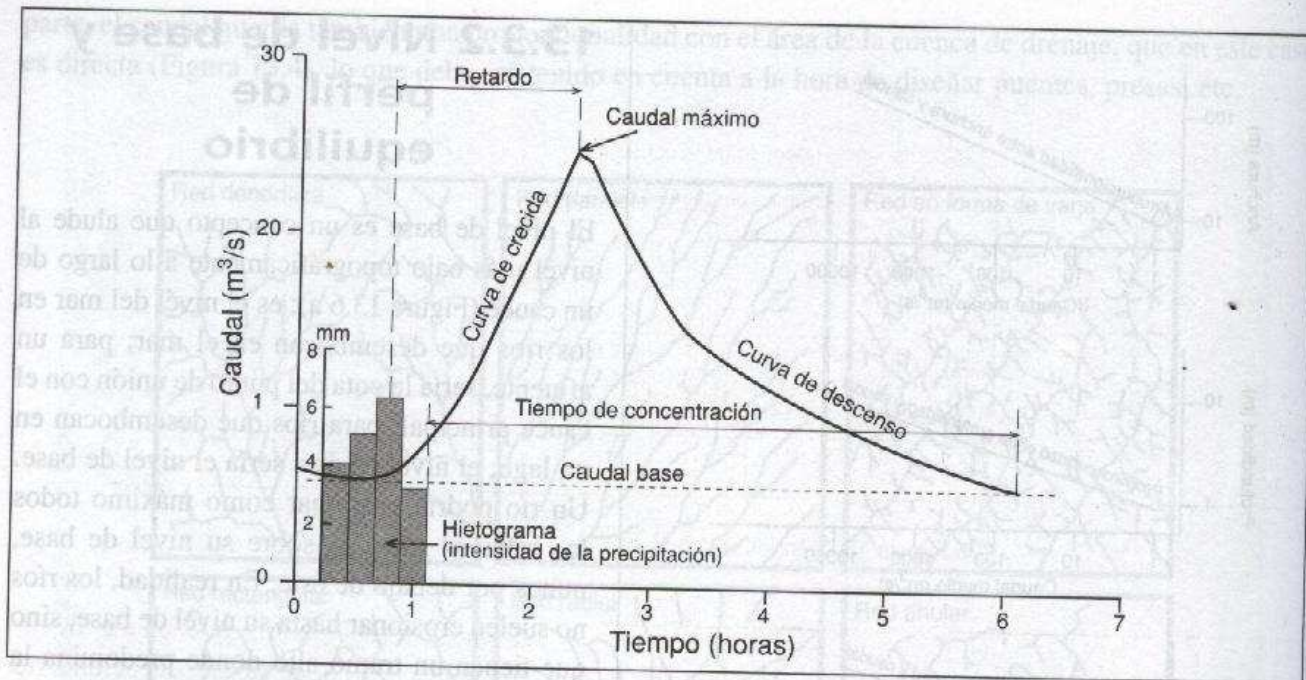
■ **Figura 13.4** Representación en escala doblemente logarítmica de las relaciones entre el caudal medio de un río y los siguientes parámetros: anchura del canal, profundidad del canal, velocidad de la corriente y área de la cuenca de drenaje.

El río tiende hacia un perfil de equilibrio que es aquél en que el río ni erosiona ni produce depósito, es decir, la energía es la justa para transportar la carga de materiales. En realidad, los ríos nunca alcanzan su perfil de equilibrio bien porque cambian las condiciones climáticas o bien porque se producen movimientos de origen tectónico que alteran el curso; sólo algunos tramos en el curso medio del río pueden aproximarse a esas condiciones ideales de equilibrio.

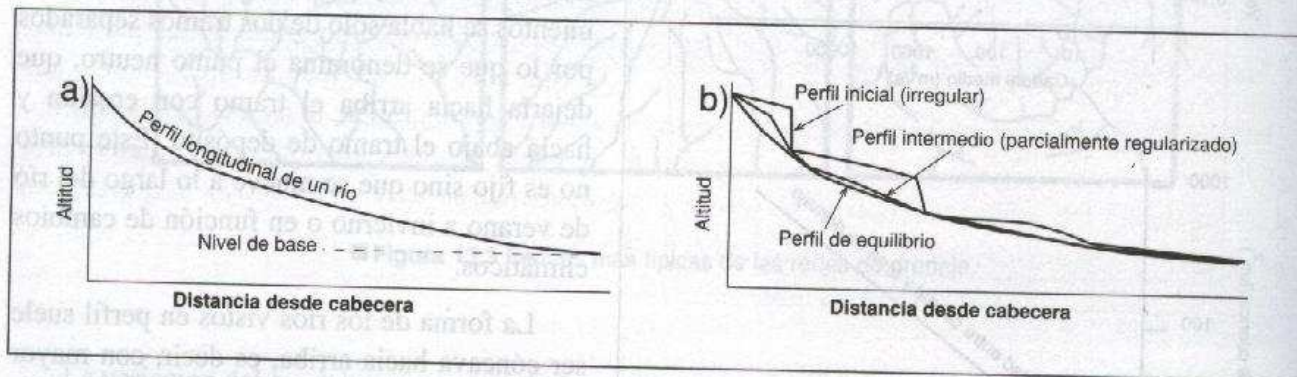
13.3.2 Nivel de base y perfil de equilibrio

El nivel de base es un concepto que alude al nivel más bajo topográficamente a lo largo de un cauce (Figura 13.6 a); es el nivel del mar en los ríos que desembocan en el mar; para un afluente, sería la cota del punto de unión con el cauce principal; para ríos que desembocan en un lago, el nivel de éste sería el nivel de base. Un río podría erosionar como máximo todos los relieves situados sobre su nivel de base, nunca por debajo de éste. En realidad, los ríos no suelen erosionar hasta su nivel de base, sino que tienen un tramo alto donde predomina la erosión, uno bajo donde predomina el depósito y uno intermedio donde domina el transporte; en ocasiones y para hacer algunos razonamientos se habla sólo de dos tramos separados por lo que se denomina el punto neutro, que dejaría hacia arriba el tramo con erosión y hacia abajo el tramo de depósito. Este punto no es fijo sino que se mueve a lo largo del río de verano a invierno o en función de cambios climáticos.

La forma de los ríos vistos en perfil suele ser cóncava hacia arriba, es decir, con mayor pendiente en la cabecera y una disminución progresiva para ser subhorizontales en la desembocadura (Figura 13.6 a). Los perfiles de los ríos sufren una evolución hasta llegar a tener el perfil típico cóncavo y con disminución progresiva de pendiente hacia la desembocadura. Inicialmente los perfiles de los ríos son muy irregulares con tramos relativamente poco inclinados y otros muy inclinados (cascadas); ese perfil se va regularizando con el tiempo por suavización de las cascadas (Figura 13.6 b).



■ **Figura 13.5** Hidrograma de crecida de un río. Se presenta también el hietograma, que representa la intensidad de la precipitación que da lugar a la crecida.



■ **Figura 13.6** a) Perfil longitudinal de un río mostrando la típica forma cóncava. b) Evolución del perfil de un río desde formas iniciales muy irregulares con grandes cascadas y tramos planos, hasta un perfil regularizado y cóncavo.

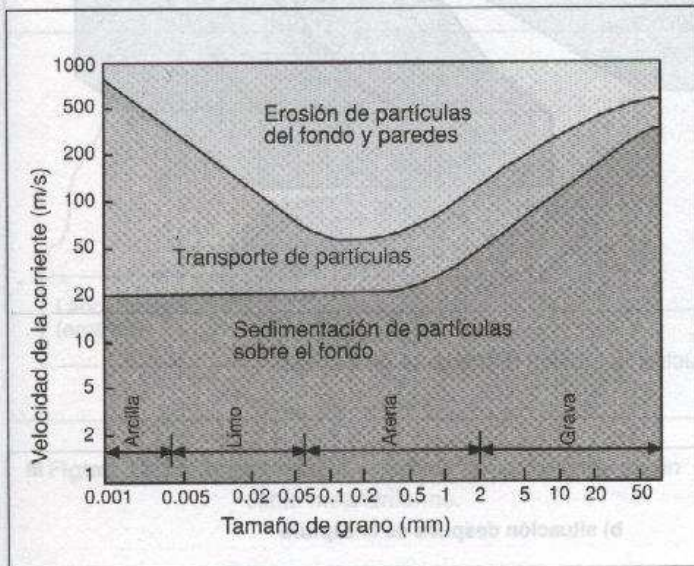
13.3.3 Erosión y transporte fluviales

La erosión en los ríos es consecuencia de dos procesos: la acción hidráulica y la abrasión. La primera es la erosión producida directamente por la potencia de la corriente al golpear contra las paredes y fondo de los canales. La abrasión consiste en la acción erosiva que ejercen los cantos transportados por el río, que al golpear contra el fondo y paredes del canal también contribuyen a la erosión.

El transporte de materiales en los ríos se produce como carga disuelta y como carga sólida; a su vez la carga sólida puede ser transportada en suspensión o como carga de fondo; esta última a su vez puede desplazarse por arrastre, rotación y saltación (Figura 13.7). La disolución se da en rocas como calizas, dolomías y evaporitas por la acción de la meteorización química; en menor medida, también afecta a las rocas de composición silicatada (areniscas, cuarcitas, esquistos, anfíbolitas, etc.). La suspensión afecta a las partículas sólidas más finas, que son mantenidas básicamente por la turbulencia de la corriente. La carga de fondo está constituida por las partículas de mayor tamaño y peso.



■ Figura 13.7 Modos de transporte de la carga de un río.



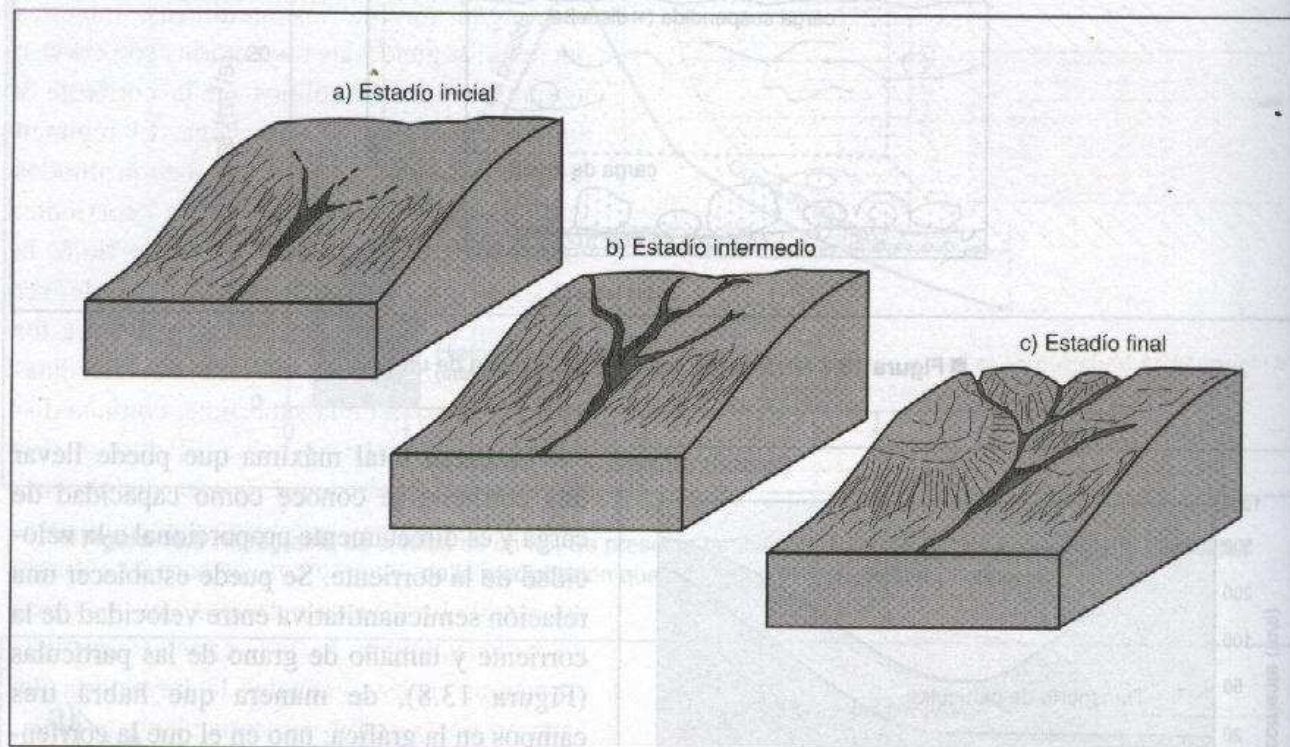
■ Figura 13.8 Gráfica en la que se representa la velocidad de la corriente frente al tamaño de grano de las partículas, diferenciándose tres campos: erosión, transporte y depósito.

La carga total máxima que puede llevar una corriente se conoce como capacidad de carga y es directamente proporcional a la velocidad de la corriente. Se puede establecer una relación semicuantitativa entre velocidad de la corriente y tamaño de grano de las partículas (Figura 13.8), de manera que habrá tres campos en la gráfica: uno en el que la corriente puede producir erosión, otro en el que produce transporte, y un tercero en el que se dará depósito.

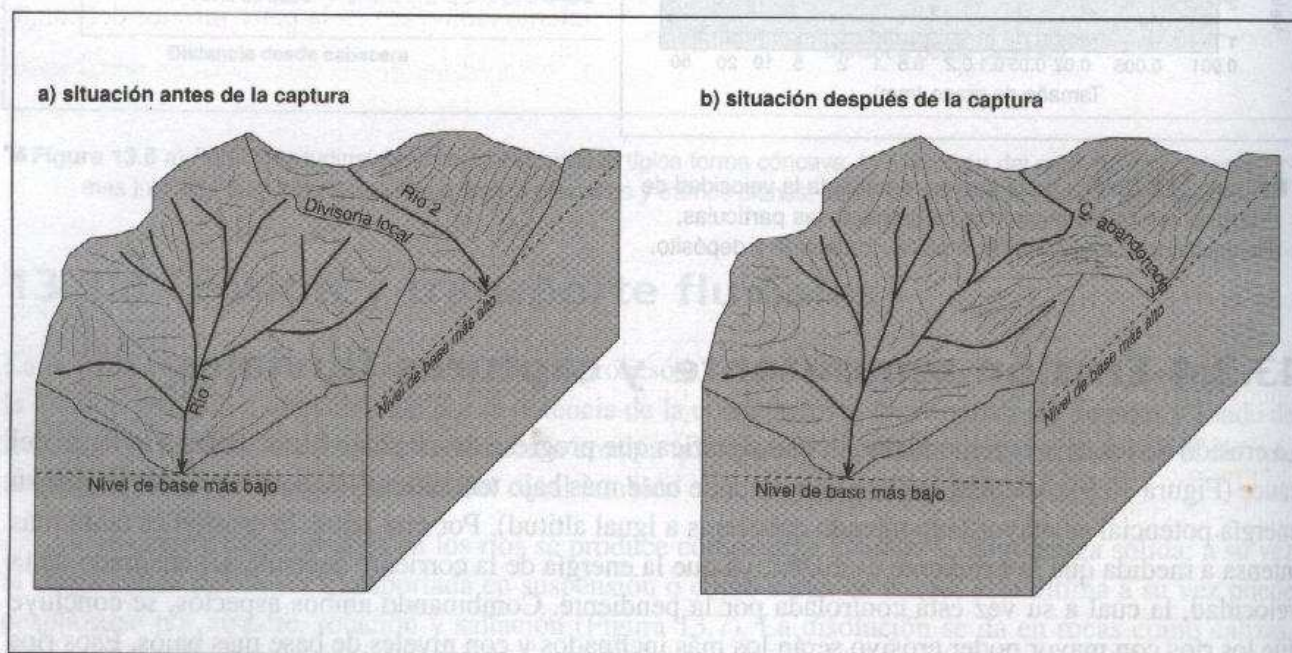
13.3.4 Erosión remontante y capturas fluviales

La erosión de los ríos es remontante, lo que significa que progresa desde abajo hacia arriba a lo largo del cauce (Figura 13.9). Además, los ríos con nivel de base más bajo tendrán mayor poder erosivo, ya que su energía potencial es mayor (suponiendo cabeceras a igual altitud). Por otra parte, la erosión es tanto más intensa a medida que la pendiente es mayor, ya que la energía de la corriente depende del cuadrado de la velocidad, la cual a su vez está controlada por la pendiente. Combinando ambos aspectos, se concluye que los ríos con mayor poder erosivo serán los más inclinados y con niveles de base más bajos. Esos ríos con gran poder erosivo excavarán más rápidamente en sus cabeceras, alargando sus cursos a costa de otros ríos con menor poder erosivo; mediante este proceso, denominado captura fluvial, un río puede aumentar la superficie de su cuenca de drenaje, incorporando nuevos cauces a la misma (Figura 13.10). Las captu-

ras fluviales contribuyen a organizar las redes de drenaje con su típica forma arborescente; los ríos más caudalosos situados en la parte baja de la cuenca van capturando a los ríos más cortos y menos caudalosos situados en las partes altas.

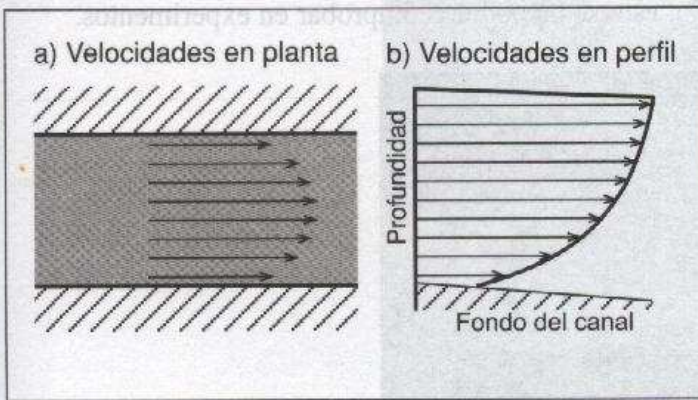


■ **Figura 13.9** Esquemas para ilustrar la erosión remontante de los ríos.

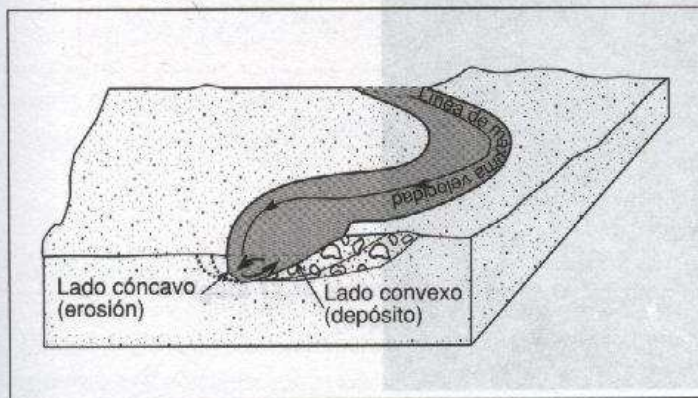


■ **Figura 13.10** Esquemas para mostrar cómo ocurre una captura fluvial. El río 1 tiene un nivel de base más bajo que el río 2, y por tanto, su poder erosivo es mayor; la erosión remontante del río 1 acaba por provocar la captura del río 2, quedando un cauce abandonado por donde inicialmente circulaba el río capturado.

13.3.5 Características del flujo en los canales



■ **Figura 13.11** Variación de la velocidad de la corriente en un canal rectilíneo; a) en planta; b) en perfil.



■ **Figura 13.12** Variación de la velocidad de la corriente en un canal meandriforme.

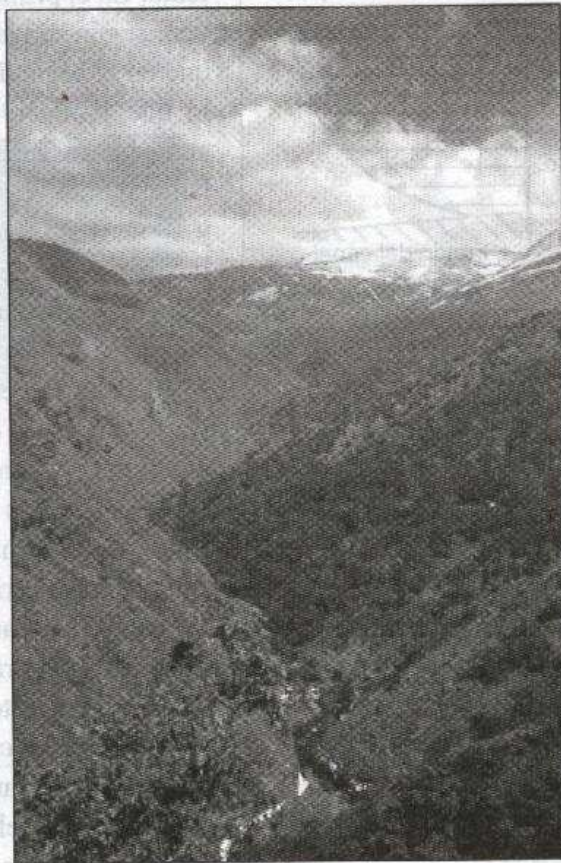
El flujo en los ríos puede ser laminar o turbulento. En el primer caso, las partículas se mueven según trayectorias rectilíneas, mientras que en el segundo las trayectorias son curvas, lo que produce remolinos en la corriente y aumenta su capacidad de carga. El régimen laminar sólo se da en canales poco profundos y con baja velocidad de la corriente. Independientemente del régimen de flujo, la velocidad media de la corriente suele ser mayor en el centro que en los bordes de los canales; en la vertical, las máximas velocidades se dan cerca de la superficie, con una disminución progresiva hacia el fondo (Figura 13.11). Las razones de esta distribución de velocidades hay que buscarlas en el rozamiento de la corriente con las paredes y fondo del canal. En cauces curvados, las máximas velocidades migran hacia la parte externa de la curvatura; en estos canales la trayectoria del agua en una sección perpendicular a la dirección general de flujo tiene una componente lateral que es hacia el lado externo (cóncavo) de la curvatura en la parte superior y hacia el lado interno (convexo) en la parte inferior del canal (Figura 13.12).

13.4 Tipos de ríos

Un primer aspecto a tener en cuenta para clasificar los ríos es si circulan sobre sus propios depósitos (ríos aluviales) o si lo hacen sobre un sustrato rocoso (ríos de montaña). Muchos ríos son de montaña en sus tramos altos y aluviales en el curso medio y bajo. En los ríos de montaña dominan los procesos erosivos y el resultado son valles profundos y en forma de V (Figura 13.13) en los que sólo existe algún depósito en el propio canal; frecuentemente, esos depósitos consisten en grandes bloques acarreados durante las grandes crecidas.

Los ríos aluviales alternan periodos de depósito con periodos de no depósito, acompañado o no de erosión; circulan por valles anchos por lo general y los depósitos ocupan el cauce y sus alrededores (Figura 13.14). Estos ríos se dividen en dos tipos en función de la forma de los canales: meandriformes y anastomosados. Los ríos meandriformes son aquellos en los que el canal es sinuoso y circula sobre un valle amplio y relleno de aluviones que se denomina llanura de inundación (Figura 13.15). Los ríos anastomosados tienen cauces muy anchos en los que el flujo se ramifica entre barras alargadas de aluviones

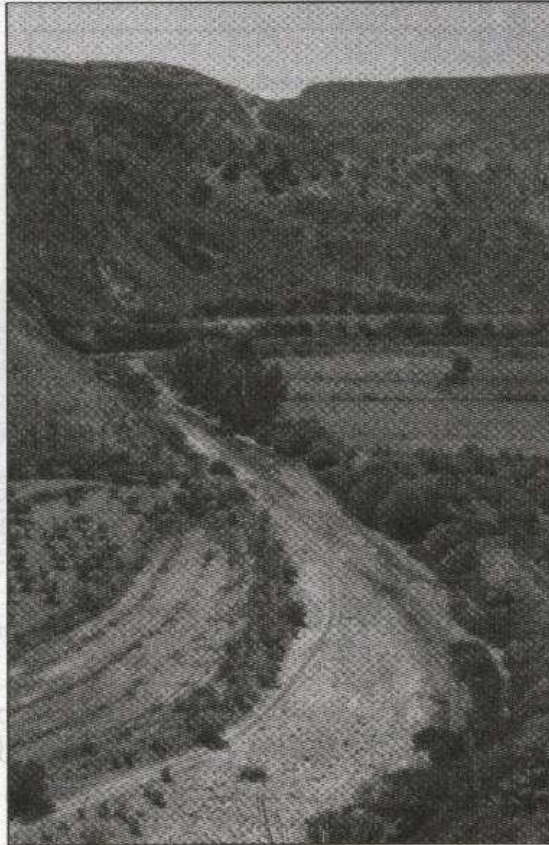
(Figura 13.16). El desarrollo de ríos anastomosados o meandriformes depende fundamentalmente de dos parámetros: la pendiente y el caudal. De modo general, caudales y/o pendientes más elevados favorecen la formación de ríos anastomosados (Figura 13.17); esto se ha podido comprobar en experimentos.



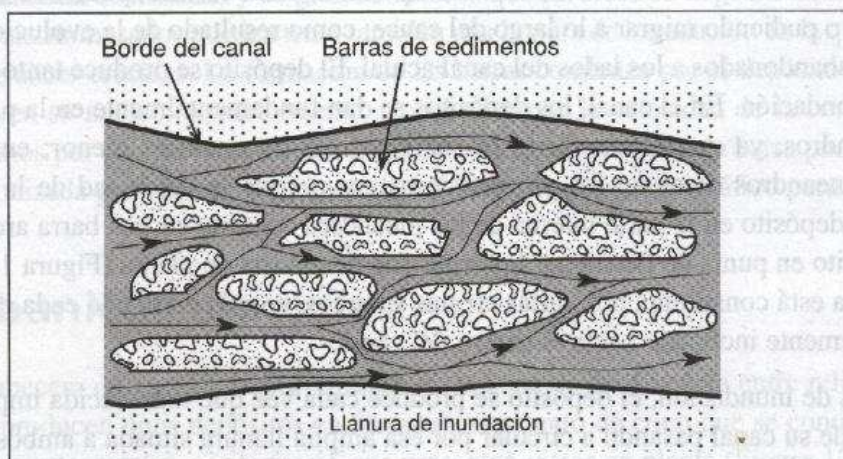
■ **Figura 13.13** El río Genil en Sierra Nevada muestra un valle profundo y en forma de V, excavado sobre rocas metamórficas.



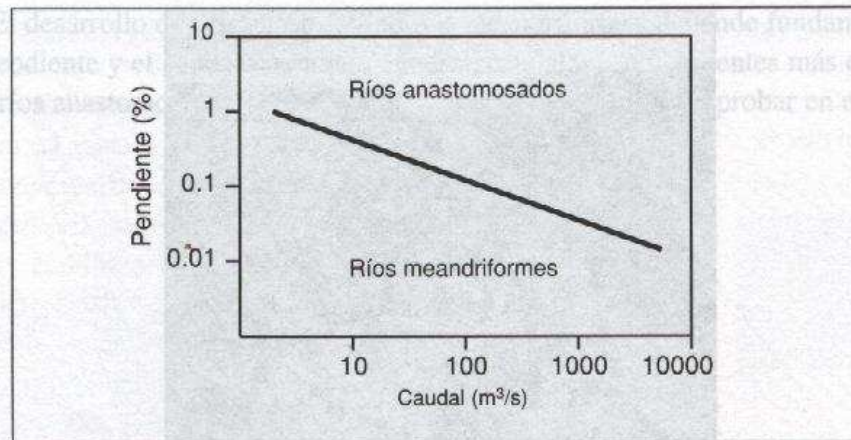
■ **Figura 13.14** El río Fardes en la Depresión de Guadix circula sobre un ancho valle, en el que se observa una amplia llanura aluvial construida sobre los propios sedimentos del río.



■ **Figura 13.15** Meandros en un río aluvial. Nótese el depósito en la parte convexa del meandro (depósito en punta de flecha) y la erosión en la parte cóncava.



■ **Figura 13.16** Esquema de un río anastomosado.



■ **Figura 13.17** Gráfica doblemente logarítmica que representa la pendiente frente al caudal. Se han separado los campos correspondientes a los ríos anastomosados y meandriformes de acuerdo con datos experimentales.

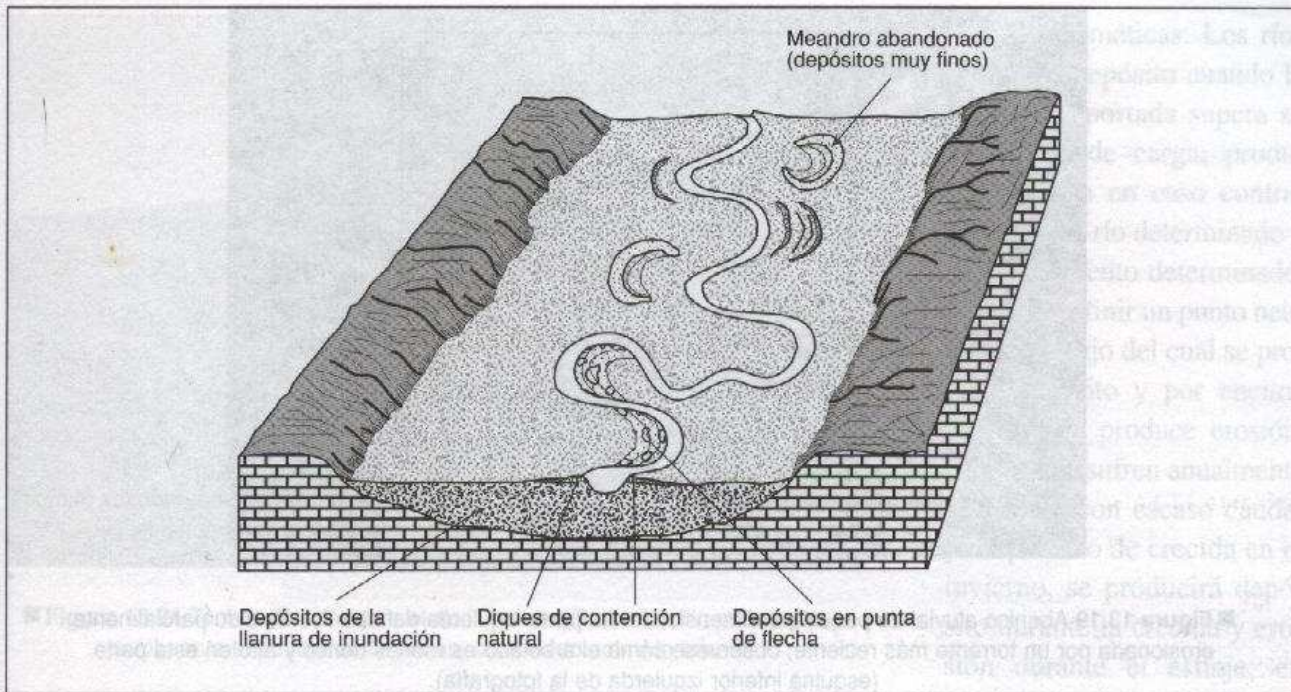
13.5 Depósitos fluviales

A continuación se examinan los distintos tipos de depósitos que producen los ríos, tanto en el canal como en la llanura de inundación. Se describen primero los depósitos ligados a los ríos meandriformes y anastomosados; posteriormente se analizan los abanicos aluviales y las terrazas fluviales.

13.5.1 Depósitos en los ríos meandriformes

Estos ríos tienen una llanura de inundación bien desarrollada; ésta es una zona plana situada ligeramente por encima y a ambos lados del canal sinuoso (Figura 13.18). Cada curva se denomina meandro; éstas son formas muy dinámicas que evolucionan en el tiempo de diversas formas, pudiendo acentuarse su curvatura o acortarse, o pudiendo migrar a lo largo del cauce; como resultado de la evolución, muchas veces quedan meandros abandonados a los lados del canal actual. El depósito se produce tanto en el canal como en la llanura de inundación. En el canal, los depósitos se dan fundamentalmente en la parte interna (convexa) de los meandros, ya que en esa parte la energía de la corriente es menor; en la parte externa (cóncava) de los meandros dominan los procesos erosivos porque la velocidad de la corriente es alta (Figura 13.12). El depósito en la parte interna de los meandros consiste en una barra arenosa o de grava, denominada depósito en punta de flecha por la forma que tiene vista en planta (Figura 13.18); en sección transversal, la barra está constituida por varias crestas y surcos, correspondiendo cada cresta a un cuerpo de aluviones suavemente inclinado hacia el centro del canal.

En las llanuras de inundación, el depósito se produce cada vez que una crecida importante hace que el río se desborde de su canal pasando a circular por esa amplia llanura situada a ambos lados; al ocurrir esto, la corriente pierde energía súbitamente y el río va a depositar toda la carga que transporta en la llanura de inundación; sucesivos episodios de inundación son los responsables del espesor de aluviones acumulado a lo largo del tiempo en la llanura de inundación. Durante cada inundación, los sedimentos más gruesos quedan al borde del canal constituyendo dos crestas contiguas que se denominan diques de contención natural (Figura 13.18). Los materiales más finos se depositan en pequeñas depresiones formadas por los meandros abandonados; estas zonas quedan encharcadas después de cada inundación y en ellas se produce la decantación lenta de los materiales más finos.



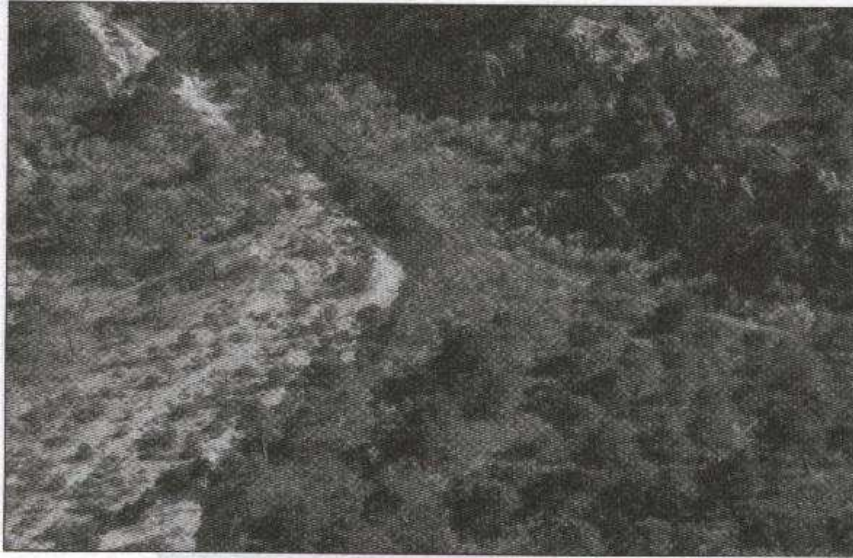
■ **Figura 13.18** Formas de depósito asociadas a los ríos meandriformes.

13.5.2 Depósitos en los ríos anastomosados

Estos ríos tienen un canal mucho más ancho y complejo que los ríos meandriformes; en ese canal el flujo se ramifica en torno a un gran número de barras de aluviones (Figura 13.16). Además de mayores pendientes y caudales que los ríos meandriformes, los ríos anastomosados se suelen formar cuando la corriente transporta gran cantidad de material y de gran tamaño, lo que favorece su depósito dentro del propio canal. Además, los ríos anastomosados pueden tener también una llanura de inundación en la que se produce depósito durante las grandes crecidas. La formación de las barras comienza por el depósito de materiales gruesos que constituyen su núcleo; posteriormente, cuando decrece la velocidad de la corriente, se depositan materiales más finos por encima y en los extremos de la barra; finalmente, la barra puede llegar a emerger y ser incluso colonizada por vegetación, transformándose en un rasgo topográfico permanente.

13.5.3 Abanicos aluviales

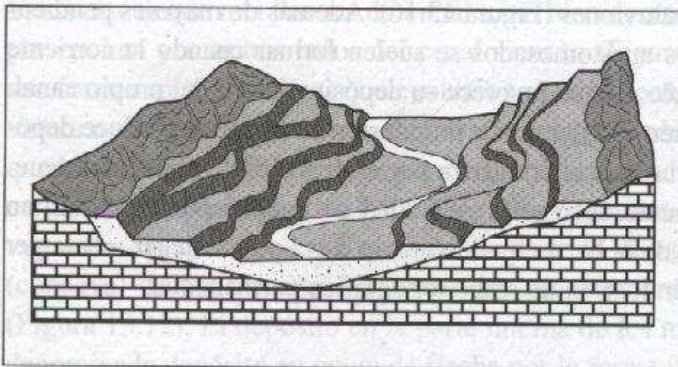
En la parte de cabecera de los ríos, especialmente en la zona de confluencia entre relieves montañosos y zonas llanas, se producen unos depósitos en forma de segmento de cono que se conocen como abanicos aluviales. Reciben este nombre por la forma que presentan vistos en planta (Figura 13.19). Estos depósitos son más abundantes en zonas áridas y semiáridas que en zonas templadas y húmedas. Se producen al perder la corriente gran parte de su velocidad y capacidad de transporte al pasar de una zona de altas pendientes (montañas) a una zona de baja pendiente (llanura). El tamaño del abanico es directamente proporcional al área de la cuenca de drenaje situada por encima. Los sedimentos en el abanico pueden alcanzar hasta 300 metros de espesor en las partes apicales. Las pendientes superficiales suelen ser menores de 5° , aunque en la zona apical pueden sobrepasar los 10° .



■ **Figura 13.19** Abanico aluvial de pequeñas dimensiones. La parte izquierda del abanico ha sido parcialmente erosionada por un torrente más reciente; obsérvese cómo el arbolado es menos denso y alto en esta parte (esquina inferior izquierda de la fotografía).

13.5.4 Terrazas fluviales

Son rasgos resultantes del encajamiento de un río sobre su llanura de inundación previa; si esto ocurre, la antigua llanura de inundación queda colgada sobre la actual formando una especie de escalón topográfico sobre el río (Figuras 13.20 y 13.21). Las terrazas generalmente aparecen en parejas, una a cada lado del río y a la misma altura. Si existe más de un par de terrazas, se supone que el valle ha sufrido más de un episodio de encajamiento, siendo las terrazas más antiguas las más altas topográficamente.

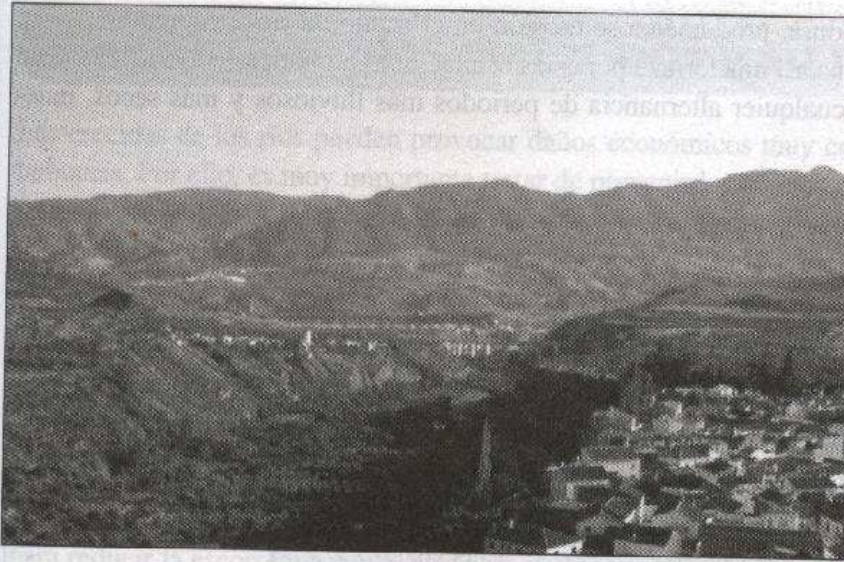


■ **Figura 13.20** Esquema mostrando las formas típicas de las terrazas fluviales. Se representan cuatro generaciones de terrazas, organizadas en pares, una a cada lado de la llanura de inundación actual.

Se pueden considerar dos tipos de terrazas en función de la importancia relativa de los episodios de erosión y depósito que se suceden a lo largo de la historia del río. Se denominan terrazas escalonadas a aquellas en las que los periodos de erosión que suceden a los de depósito son más importantes que éstos, de manera que el río excava todos sus aluviones y llega al sustrato rocoso, dejando únicamente retazos de

sus aluviones en los bordes del valle (Figura 13.22 a). Por el contrario, se habla de terrazas encajadas cuando los periodos de erosión no llegan a eliminar completamente los depósitos de aluviones, de modo que las terrazas quedan yuxtapuestas y superpuestas (Figura 13.22 b).

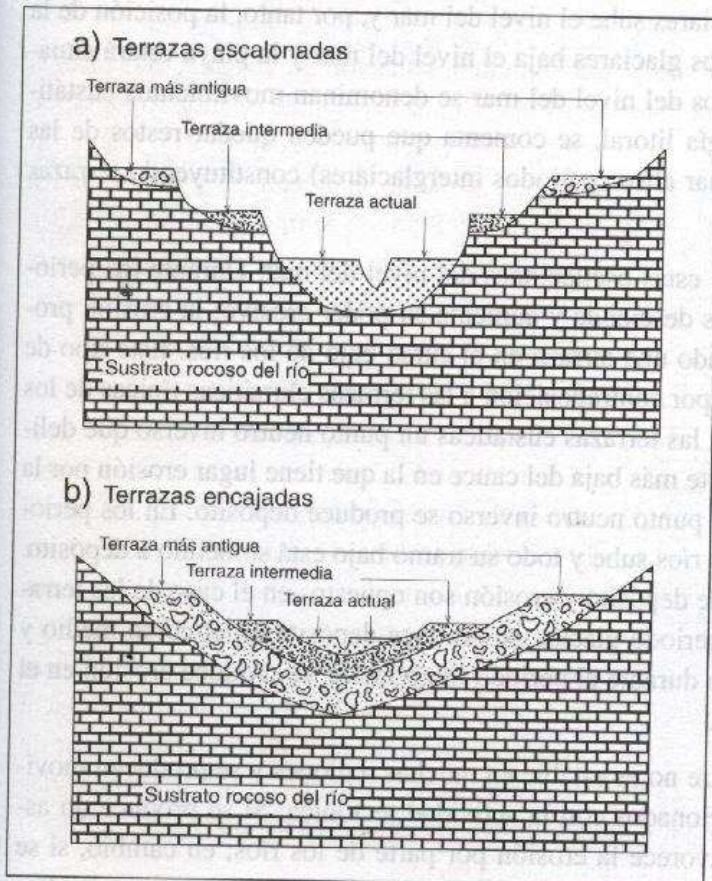
En función de la génesis, las terrazas se pueden clasificar en tres tipos: (I) climáticas, (II) eustáticas y (III) tectónicas.



■ **Figura 13.21** Terraza fluvial sobre el río Torrente (Granada); en primer plano se observa el pueblo de Nigüelas, construido sobre la terraza.

migrará aguas arriba durante el periodo de crecida y aguas abajo durante el periodo de estiaje. Así, se pueden definir tres segmentos en el río; uno situado aguas arriba del punto neutro en la época

de crecida, en el cual siempre hay erosión; otro situado aguas abajo del punto neutro de la estación de estiaje, en el cual siempre hay depósito; y un tercero, entre ambas posiciones del punto neutro, en donde se alternan periodos de erosión y de depósito; este último tramo coincide con el curso medio de los ríos y en él se forman las terrazas de origen climático. Este mismo razonamiento puede aplicarse a las oscilaciones climáticas recientes acaecidas durante el Cuaternario. En estos 1,7 millones de años, se han alternado cuatro periodos glaciares y cuatro interglaciares; los primeros se caracterizan por un enfriamiento global acompañado de aumento de la precipitación (al menos en nuestras latitudes, aunque no a nivel global); los segundos están caracterizados por condiciones más cálidas y secas. Por tanto, un periodo glacial se puede considerar como una crecida a gran escala y un periodo interglacial como un estiaje a gran escala. En consecuencia, en cada periodo glacial el punto neutro migrará hacia la cabecera del río, existiendo un mayor tramo sometido a depósito; al contrario, durante el periodo interglacial, el punto neutro estará



■ **Figura 13.22** Distinción entre terrazas escalonadas (a) y encajadas (b), en función de la intensidad relativa de los sucesivos episodios de depósito y encajamiento de un río.

más próximo a la desembocadura, produciéndose erosión en el tramo de río comprendido entre ambos puntos neutros. Se forma así una terraza por estas oscilaciones climáticas (Fig. 13.23). Este razonamiento es válido para cualquier alternancia de periodos más lluviosos y más secos, independientemente de su origen.



■ **Figura 13.23** La alternancia de periodos de erosión (periodos interglaciares) y depósito (periodos glaciares) en el curso medio de los ríos conduce a la formación de terrazas de origen climático.

II) Terrazas eustáticas: En periodos interglaciares sube el nivel del mar y, por tanto, la posición de la playa es más elevada; durante los periodos glaciares baja el nivel del mar y la playa estará situada en una posición inferior. Estos cambios del nivel del mar se denominan movimientos eustáticos. En el capítulo dedicado a morfología litoral, se comenta que pueden quedar restos de las playas de los periodos con niveles del mar altos (periodos interglaciares) constituyendo terrazas marinas.

Veamos ahora el efecto sobre los ríos de estas oscilaciones del nivel del mar. Durante los periodos glaciares, el nivel de base de los ríos desciende y aumenta su poder erosivo; la erosión progresa río arriba (es remontante), generando una terraza en el curso bajo de los ríos. Este tipo de terrazas se denomina terrazas eustáticas, por contraposición a las terrazas climáticas típicas de los cursos medios de los ríos. Se define para las terrazas eustáticas un punto neutro inverso que delimita durante los periodos glaciares la parte más baja del cauce en la que tiene lugar erosión por la bajada del nivel de base; por encima del punto neutro inverso se produce depósito. En los periodos interglaciares, el nivel de base de los ríos sube y todo su tramo bajo está sometido a depósito. Es importante señalar que los periodos de depósito y erosión son opuestos en el caso de las terrazas climáticas y eustáticas. Durante el periodo glaciario, se produce depósito en el curso medio y erosión en el curso bajo; por el contrario durante el periodo interglaciario, se produce erosión en el curso medio y depósito en el curso bajo.

III) Terrazas tectónicas: La superficie terrestre no es estable en muchas regiones y se producen movimientos de ascenso y de descenso relacionados con la actividad tectónica. Si se produce un ascenso de la superficie del terreno, se favorece la erosión por parte de los ríos; en cambio, si se produce un descenso de una determinada región, se favorece el depósito de los ríos que la atraviesan. Así, se pueden generar terrazas cuya causa es tectónica. Naturalmente, los efectos de los levantamientos o hundimientos tectónicos interfieren con los cambios climáticos.

13.6 Las crecidas de los ríos y su previsión

Las crecidas de los ríos pueden provocar daños económicos muy cuantiosos, o incluso pérdida de vidas humanas. Por ello, es muy importante tratar de prevenir los efectos de las crecidas y evitarlos en la medida de lo posible. Probablemente, la medida más eficaz de prevenir este tipo de desastres naturales sea evitar la construcción de viviendas, campings, carreteras, vías férreas, etc. en las llanuras de inundación de los ríos; desafortunadamente, con demasiada frecuencia se incumple esta norma elemental y puede decirse que muchos de los desastres que ocurren son crónica de una muerte anunciada.

Las actuaciones para prevenir las inundaciones y mejorar el comportamiento de las cuencas de drenaje frente a estos fenómenos se pueden llevar a cabo a nivel de toda la cuenca de drenaje o bien a nivel de determinados cauces individuales que presenten especial peligrosidad.

Las actuaciones a nivel de toda la cuenca de drenaje son principalmente la reforestación del suelo para reducir la escorrentía superficial y la construcción de embalses para almacenar la escorrentía provocada por las lluvias intensas. Sobre cauces individuales, se pueden construir diques laterales de contención, limpiarlos para que el flujo sea más rápido, o incluso desviarlos a través de canales artificiales para evitar zonas pobladas y susceptibles de inundarse.