

La hidrografía

1. BLOQUE I. – NATURALEZA Y MEDIO AMBIENTE EN ESPAÑA. “El Duero cruza el corazón de roble de Iberia y Castilla” A. Machado.

TEMA 3. La diversidad hídrica.

1. FACTORES Y ELEMENTOS DEL RÉGIMEN FLUVIAL. El régimen fluvial es la evolución del caudal de un río a lo largo de un año. El régimen fluvial está determinado por unos factores y compuesto por unos elementos. Factores y elementos configuran y dan las características de la red hidrográfica española.

1.1- FACTORES DEL RÉGIMEN FLUVIAL. La configuración y las características de los ríos españoles están condicionadas por un aserie de factores geográficos, lo más destacados son: el clima, el relieve, la litología, la vegetación y el ser humano.

- **El clima.** Tiene gran influencia. Las precipitaciones determinan el caudal y sus variaciones a lo largo del año de los ríos españoles, ya que el agua que alimenta los ríos y los acuíferos proviene fundamentalmente de las lluvias.
 - o De esta forma, en función de la cuantía y de la distribución de **las precipitaciones** diferenciamos:
 - Una España húmeda, en el dominio del clima oceánico, con ríos de caudal abundante y regular.
 - Una España seca, en el dominio del clima mediterráneo, con ríos menos caudalosos y de caudal más irregular.
 - Una España árida, en el sureste peninsular, con ríos de caudal muy pobre y con grandes estiajes. Las temperaturas son el otro elemento climático que influye en los ríos.
 - o Las **temperaturas** determinan las pérdidas de caudal por evaporación. Estas pérdidas de caudal por evaporación son máximas en el interior y el sureste peninsular durante el verano debido a las altas temperaturas.
- **El relieve.** El relieve condiciona la disposición de la red fluvial, su organización, su capacidad erosiva y su régimen:
 - o **La disposición y la organización.** A causa de la orogenia alpina, durante el Terciario, la península se inclinó hacia el oeste y eso determinó la disposición de la red fluvial actual, provocando que todos los grandes ríos, excepto el Ebro, a pesar de nacer cerca del Mediterráneo, discurren hacia el Atlántico atravesando las grandes llanuras de la Meseta.

Influye en la organización de las cuencas y vertientes hidrográficas, que se separan por unidades del relieve.
 - o **La capacidad erosiva.** El relieve influye en la capacidad erosiva de los ríos, en su velocidad y en el volumen de sus crecidas. Cuanto más inclinado esté el terreno, mayor velocidad y capacidad erosiva tendrán los ríos. Por el contrario, en las zonas llanas o con escasa pendiente, las aguas apenas tienen movimiento, discurren mansas, y pueden llegar a presentar una circulación endorreica (sin salida al mar), lo cual da lugar a las formaciones lacustres del interior de la Península.
 - o **El régimen.** El relieve, a causa de la altitud, afecta también al régimen hidrográfico. En las zonas de alta montaña durante el invierno las precipitaciones suelen ser en forma de nieve. La nieve caída queda retenida en las cumbres durante el invierno, y solo a partir de la primavera y en algunos casos a inicios del verano, esas aguas se deshuelan y se van incorporando a la red fluvial.

- **En las obras hidráulicas**, que se ven favorecidas por la topografía abrupta, aunque por esta misma razón, su construcción resulta cara.

- **La litología.** Los suelos condicionan la red fluvial a causa de su diferente permeabilidad y resistencia a la erosión. La roca caliza es permeable, por lo que en las zonas en las que esta roca predomina, la escorrentía superficial es mínima e irregular (sumideros y surgencias) y en cambio predomina la escorrentía subterránea. La roca silíceo es muy poco permeable, esto favorece la circulación o escorrentía superficial y dificulta la escorrentía subterránea, que sólo la encontraremos en los sectores diaclasados, en los que el agua encuentra fracturas por las que escapar a los niveles subterráneos. Las rocas arcillosas son muy impermeables y generan escorrentías superficiales. Esto lo encontramos en las grandes cuencas sedimentarias: depresión del Ebro, Duero, Tajo, Guadalquivir.

- **La vegetación.** La vegetación retiene el agua de las precipitaciones, favorece la humedad del suelo y del subsuelo y dificulta la erosión. Por ello, en las regiones más densamente cubiertas por un tapiz vegetal hay una mayor disponibilidad hídrica. En cambio, en las regiones desprovistas de vegetación o con una vegetación poco densa, el agua de la lluvia se filtra menos, se incrementa la pérdida de agua por evaporación y el agua de arroyada fluye con mayor rapidez erosionando y destruyendo el suelo con mayor agresividad.

- **El ser humano.** El ser humano consume agua para su abastecimiento y el riego. Además el ser humano construye obras para compensar el consumo y regularizar el régimen de los ríos: presas, trasvases etc.

1.2.- **ELEMENTOS DEL RÉGIMEN FLUVIAL.** Los elementos del régimen fluvial son las formas que adopta o las circunstancias espacio-temporales por las que atraviesa un río. En los elementos del régimen fluvial analizamos el caudal, las variaciones estacionales, las crecidas y estiajes, la escorrentía y los materiales transportados. Este análisis se realiza en las estaciones de aforo, más de 750 en toda España.

A) - **El caudal o descarga:** El caudal es la cantidad o volumen de agua que lleva un río, medida en m^3/seg , al pasar por un punto determinado (estación de aforo). **El caudal de un río varía a lo largo de su recorrido**, así suele ser mayor en la desembocadura, excepto cuando la evaporación, las filtraciones o las captaciones antrópicas no han menguado excesivamente su caudal, como suele suceder en los ríos del SE de la Península (Júcar, Segura), o en la zona de los Ojos del Guadiana. **El caudal también varía según la estación del año** en que nos encontremos: en verano la mayoría de ríos españoles reciben menos agua de las lluvias y su caudal es menor (estiajes) que en las estaciones lluviosas, primavera y otoño (crecidas). En los ríos de régimen nival, la estación de menor caudal es el invierno dado que el agua caída en forma de nieve queda retenida en las cumbres, en estos ríos las estaciones de mayor caudal son las del deshielo, primavera o verano.

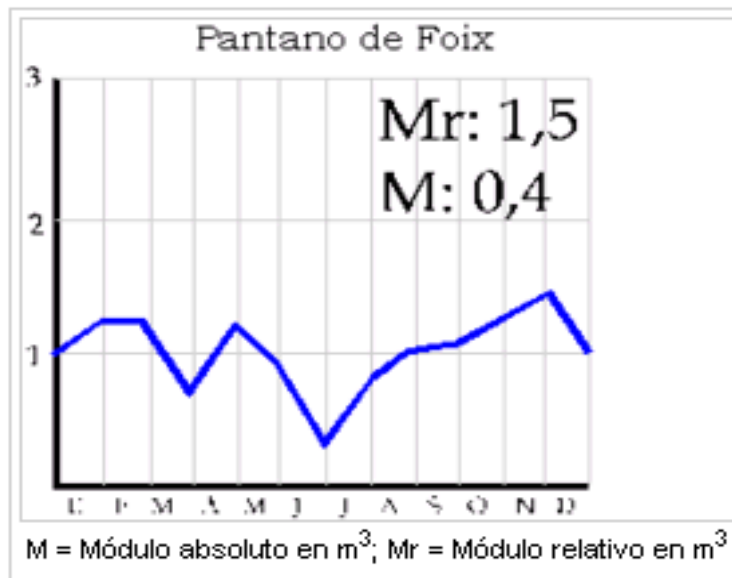
El caudal se expresa de diferentes maneras y en relación con espacios y tiempos. Así tenemos:

- **Caudal absoluto:** cantidad de agua evacuada por un río a lo largo de un año. Se puede expresar en m^3 o en Hm^3 . El Ebro tiene un caudal de $19.740 Hm^3$, el Duero, en su desembocadura portuguesa, de $20.498 Hm^3$ etc... .

- **Caudal medio:** es la media aritmética del caudal de un río, expresada en $m^3/segundo$, en un punto determinado y para un período de tiempo concreto (un mes o un año). Si el cálculo se refiere a un año hablamos de caudal medio anual o módulo absoluto, si se refiere a un mes hablamos de caudal medio mensual. Así, por ejemplo, si decimos que el caudal medio del río Miño, en la estación de Los Peares, el año 1995, fue de $9'5 m^3/s$, estamos diciendo que en el año 1995, en la estación de aforo de Los Peares y de media, bajaron por el río Miño $9'5 m^3$ de agua cada segundo.

- **Coefficiente medio de caudal (k):** este es un dato muy interesante que relaciona el caudal medio anual con el caudal medio mensual. Se calcula dividiendo el caudal medio de cada

mes en una estación de aforo entre el caudal medio anual o módulo absoluto en esa misma estación de aforo. El coeficiente medio de caudal (K) sirve para analizar el régimen de un río. En un gráfico de coeficiente de caudal se sitúan, en el eje inferior, los meses del año y, en el eje vertical, el coeficiente medio de caudal (k), que es el resultado de dividir el caudal medio de cada mes entre el caudal medio anual o módulo absoluto. El valor 1, es el caudal medio anual; un valor superior a 1 indica aguas altas; un valor inferior a 1, aguas bajas. Las variaciones estacionales. Las variaciones estacionales de caudal están provocadas por la variación en las precipitaciones a lo largo del año. Por ejemplo, en verano la falta de lluvias provoca que los caudales disminuyan. Al momento de menor caudal le llamamos estiaje y al de mayor crecida.



En la mayoría de los ríos españoles el estiaje se produce en verano debido a la sequía estival y las captaciones para el regadío. En las variaciones de caudal también influyen la nieve y su fusión en los cursos altos de los ríos de alta montaña.

Así, en pleno invierno se puede reducir el caudal de algunos ríos debido a que gran parte las precipitaciones han sido en forma de nieve y por lo tanto el agua se ha mantenido en las cumbres. Esto sucede en los ríos de alta montaña o de régimen nival. Por ejemplo el Segre en Puigcerdà.

- **Las crecidas y estiajes.** Estos dos conceptos se refieren a los momentos de máximo caudal (crecidas) y a los de caudal mínimo (estiajes). Las crecidas pueden provocar efectos catastróficos (avenidas, desbordamientos) para el hombre, aunque son fenómenos normales en la vida de un río. Los efectos catastróficos hay que atribuirlos no tanto al carácter del río, difícil de cambiar, sino a la confianza, en ocasiones estúpida, y generalmente irresponsable, de aquellos grupos humanos que deciden ocupar con residencias, infraestructuras o campos de cultivo las áreas de influencia de los ríos. Los estiajes son los momentos de caudal mínimo y sus efectos suelen ser menos catastróficos que los de las crecidas, aunque si se alargan en el tiempo provocan serios problemas de abastecimiento a las poblaciones o al regadío (sequía). Crecidas y estiajes guardan una relación directa de dependencia con el tamaño de la cuenca de un río. A menor tamaño de cuenca, mayores serán los desbordamientos y más acusados los estiajes. En una cuenca pequeña una precipitación extraordinaria repercute inmediatamente, en cambio, en una cuenca de gran tamaño los efectos de una lluvia extraordinaria se retrasan e incluso se diluyen. Con los estiajes sucede lo mismo, en una cuenca pequeña, un tiempo prolongado sin lluvias se refleja instantáneamente en un estiaje a veces dramático debido a la escasez de reservas hídricas y a la escasa variedad de sus afluentes. En los ríos mediterráneos las crecidas se suelen dar en otoño y primavera, estaciones con mayor pluviosidad. En los ríos de las vertientes

Atlántica y Cantábrica las crecidas suelen ser invernales, época de mayor precipitación. En los ríos de alta montaña y régimen nival, ríos pirenaicos por ejemplo, las crecidas se producen con el deshielo, esto es: en la primavera o a inicios del verano. El estiaje de los ríos españoles se dan en verano debido a la reducción de las precipitaciones, aunque en los ríos de régimen nival las aguas altas se dan tarde, en junio-julio, ya que la nieve en estas alturas se funde muy tardíamente por la escorrentía superficial y el coeficiente de escorrentía. La escorrentía superficial es el desplazamiento de las aguas por la superficie de la Tierra.

- El **caudal relativo** o **módulo relativo, o específico**, es la relación existente entre el módulo absoluto y la superficie de la cuenca, y se expresa en $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ o $\text{l}/\text{s}/\text{km}^2$.

$$\bullet \quad M_r = \frac{M}{S}$$

M_r = Módulo relativo

M = Módulo en m^3/s o l/s

S = Superficie de la cuenca en km^2

Se considera que si el módulo relativo es inferior a $5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ hay escasez, si está entre 5 y $15 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ son los valores medios y por encima de $15 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ son valores elevados.

Para hacer las operaciones siguientes es preferible usar el módulo expresado en litros por segundo (l/s) para lo cual hay que multiplicar por 1000 los metros cúbicos:

$$3 \text{ m}^3/\text{s} = 3000 \text{ l}/\text{s}.$$

- **El coeficiente de escorrentía** es la relación entre la precipitación caída y el agua que circula por el río. Se expresa en tantos por ciento. Este dato es muy interesante, porque expresa la parte de agua que escurre en cada cuenca, la cual depende de la evapotranspiración y de las filtraciones. El Guadiana, por ejemplo, es un caso muy extremo, ya que sólo escurre un 17 % de las precipitaciones caídas. Ello es debido a que una gran parte del agua se filtra.

- **Los materiales de transporte o arrastres.** Los ríos erosionan el suelo que atraviesan arrancando materiales que arrastran (rocas, tierra). Normalmente los ríos tienen mayor fuerza erosiva en su cabecera porque es allí donde salvan mayores diferencias de altitud y por tanto bajan con más fuerza. En el cauce medio transportan los materiales erosionados y en la desembocadura la escasa capacidad de arrastre del agua hace que depositen los materiales que transportaba, de ahí la formación de los deltas, estuarios, etc.

B)- **Los regímenes hidrográficos.**

El régimen fluvial o hidrográfico es la variación del caudal que sufre un río a lo largo de un año. Para estudiar estas variaciones se compara su caudal medio mensual con el caudal medio anual, que se adopta como unidad.

Los factores que más influyen en la variación del caudal de un río son:

- El clima de la zona que atraviesa el río, especialmente las precipitaciones y la importancia de la precipitación nival.

- Las características del roquedo (las calizas retienen las aguas durante el período de abundancia para devolverlas con regularidad al cauce mediante los sifones), de manera que los ríos apenas aprecian los máximos y los mínimos de precipitación.

- La existencia de embalses para regularizar el caudal.

De acuerdo con estos elementos, diferenciamos regímenes simples y regímenes complejos.

- **Los regímenes simples** son propios de ríos cortos cuya cuenca se encuentra en un medio climático homogéneo. Son los siguientes:

- **Régimen nival.** Los ríos con régimen nival son aquellos que se alimentan fundamentalmente con el agua de las nieves, esto supone una fuerte reducción de su caudal en invierno (por ser todas las precipitaciones en forma de nieve y quedar solidificadas en las cumbres) y aguas altas en primavera e inicios del verano por el deshielo (junio-julio), a partir de julio se inicia un estiaje por debajo del módulo medio (1) que durará hasta junio-julio del año siguiente. Son ríos caudalosos y regulares. El régimen nival es propio de las zonas de montaña, con cabeceras por encima de los 2.500 metros de altitud, en España este régimen se da sólo en los Pirineos. Ejemplos de este régimen son el Sallent, el Segre en su curso alto, ambos en los Pirineos.
- **Régimen nivo-pluvial:** el predominio de la nieve no es tan evidente como en el nival. Es un régimen mixto, propio de los ríos de montaña media (2000-2500 metros de altitud), lo encontramos en ríos pirenaicos y también en el curso superior de los ríos de la Cordillera Cantábrica (Sella, Nalón) y algunos ríos del Sistema Central. Su régimen depende mayoritariamente de las nieves, pero las lluvias también influyen en sus crecidas. Las aguas altas aparecen en abril o mayo con la fusión de las nieves y también en octubre-noviembre, cuando empiezan las lluvias otoñales y casi se roza el módulo medio (1). Las aguas descienden durante el invierno hasta la primavera, época en la que las aguas del deshielo provocan su pico máximo en abril o mayo. El estiaje veraniego no es muy profundo y por lo que durante la estación estival su caudal se mantiene cercano a la unidad gracias a los aportes pluviales. El Ter, el Gállego y el Nalón son algunos ejemplos.
- **Régimen pluvio-nival:** es un régimen mixto, propio de los ríos de montaña media (1600 a 1800 metros de altitud). La aportación pluvial domina sobre la nival. Las aguas altas aparecen a finales del invierno e inicios de la primavera (febrero o marzo), cuando al agua del deshielo se suma el agua procedente de las lluvias. El estiaje veraniego se alarga hasta entrado el otoño y se sitúa bastante por debajo de la unidad. Este régimen lo encontramos en algunos ríos del Sistema Central, el Sistema Ibérico y la Cordillera Cantábrica. Los ríos con este régimen presentan diferencias entre sí, pues los que nacen en el Sistema Ibérico y Central son mucho más irregulares que los que descienden desde la cordillera Cantábrica. El Júcar tiene este régimen a su paso por Cuenca. El Duero y el Tajo tienen este régimen en algunas zonas de su cabecera. El Henares, el Alagón, el Tormes, el Lozoya o el Pisuerga, son ejemplos de ríos de régimen pluvio-nival.
- **Régimen pluvial.** La mayoría de los ríos españoles pertenece a este grupo. Son ríos cuyo caudal depende únicamente de las lluvias y normalmente sufren una importante reducción de su caudal en verano. Dentro del régimen pluvial distinguimos:
 - **Régimen pluvial oceánico:** es el régimen típico de los ríos del norte de España de clima oceánico. Se trata de ríos con caudal abundante y bastante regular gracias al clima que los alimenta. Presentan un máximo de caudal en invierno y un estiaje en verano. Aunque el estiaje veraniego es importante, está muy lejos de los extremos de sequía que sufren los ríos mediterráneos, en los cuales los cauces pueden llegar a quedarse secos. Aquí hay que indicar que el módulo K o unidad es un concepto relativo, así, este módulo 1 en el río Miño a su paso por Orense (Pluvial oceánico) representa 243 m^3 por segundo, mientras que en un río mediterráneo como el Foix, a su paso por el Pantano de Foix, el módulo o unidad, representan $0,43 \text{ m}^3$ por segundo. Ríos con este régimen son el Miño, el Tambre o el

Ulla. El resto de ríos del norte suelen tener una influencia nival en su cabecera, más o menos acusada.

- **Régimen pluvial mediterráneo:** es el régimen típico de los ríos de la vertiente mediterránea, una zona de lluvias escasas e irregulares que genera ríos con un caudal escaso e irregular. Estos ríos presentan tres picos de máximos: dos coincidiendo con las lluvias de primavera, al principio y al final de esta estación (febrero-marzo y mayo-junio), y uno coincidiendo con las lluvias de otoño (noviembre-diciembre), este pico suele ser el más acusado; y tres picos de mínimos o depresiones: el principal en verano (julio) y los otros dos, menos acusados, en enero y marzo-abril. Ejemplos de ríos de la vertiente mediterránea que presentan este régimen son: el Ter, el Llobregat, el Francolí, el Júcar y el Segura.
- **Régimen pluvial mediterráneo continental.** Este régimen aparece en los ríos del interior de la Península y refleja perfectamente la evolución del clima a lo largo del año. Aquí se producen dos picos: el principal en primavera (abril-mayo) y el secundario en otoño (noviembre-diciembre). El estiaje veraniego se alarga desde julio hasta octubre, durante el invierno el caudal queda por encima de la unidad. Ejemplos de este régimen son los ríos Eresma, Tajuña, Alagón, todos ellos alimentados por el Sistema Central.
- **Régimen pluvial mediterráneo subtropical.** Este régimen se limita a los ríos del sur de la Península que desembocan en el Mediterráneo. El pico máximo se da en febrero-marzo, hay un máximo secundario en diciembre. Entre estos dos picos aparece una depresión en enero. El estiaje veraniego es profundo y largo en el tiempo, prolongándose desde mayo hasta noviembre. Ejemplos de este régimen son los ríos Guadalhorce, Andarax, Guadairo, Guadalfeo y Adra, todos ellos en Andalucía.

- **Los regímenes complejos** son propios de los grandes ríos españoles, en ellos se combinan distintos tipos de alimentación, ya que en sus extensas cuencas van cambiando las condiciones físicas y, además, reciben el aporte de sus afluentes, lo que conduce a un cambio y gran diversidad en el tipo y el modelo de regímenes fluviales a lo largo de su recorrido.