

# **LA CUENCA DEL RÍO ALFAMBRA: ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DEL MEDIO FÍSICO QUE INCIDEN EN SU COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO**



*Miguel Sánchez Fabre y Concepción Moya Medina*



# LA CUENCA DEL RÍO ALFAMBRA: ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DEL MEDIO FÍSICO QUE INCIDEN EN SU COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

Miguel Sánchez Fabre y Concepción Moya Medina\*

## RESUMEN

Se analiza la influencia que clima, pendiente, litología y vegetación/usos del suelo tienen en el comportamiento hidrológico del río Alfambra y sus afluentes. El análisis de diferentes documentos cartográficos, la consulta bibliográfica y el trabajo de campo permiten identificar y concluir qué procesos hidrológicos son los más activos en diversos sectores de la cuenca, como resultado de la distribución territorial de las mencionadas características del medio natural.

**Palabras clave:** cuenca fluvial, procesos hidrológicos, medio físico, río Alfambra, Cordillera Ibérica, Teruel.

## ABSTRACT

*Alfambra's catchment: analysis of physical variables that affect the hydrological behavior.*

It is studied the influence of climate, slopes, lithology and vegetation/land uses have in the hydrological behaviour of the Alfambra river and its tributaries. The analysis of diverse cartography, bibliographic queries and work field let identify and conclude which are the most active hydrological processes in several subbasins, as a result of the distribution of its named environmental characteristics.

**Key words:** basin, hydrological processes, environment, Alfambra river, Iberian Chain, Teruel.

\* Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza.  
C/Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza. msanchez@unizar.es

## INTRODUCCIÓN

"Una cuenca hidrográfica o fluvial es un fragmento de la superficie terrestre con unos límites bien definidos (divisoria) que lo separan de las zonas adyacentes, en cuyo interior encontramos una gran cantidad de componentes tanto bióticos como abióticos estrechamente relacionados entre sí; la entrada de agua en la cuenca se produce, de forma natural, exclusivamente a partir de las precipitaciones y esa agua se redistribuye con la intervención de todos los procesos del ciclo hidrológico, buscando un mismo punto de salida o desembocadura a través de la red de drenaje". Esta definición de cuenca hidrográfica es válida para unidades territoriales de muy diferentes dimensiones, estableciéndose entre ellas una relación de jerarquización en la que las más pequeñas constituyen subcuenca de las mayores.

De los aspectos de una cuenca dignos de análisis, uno de los más relevantes es la relación que se establece entre determinadas características de la cuenca y el funcionamiento hidrológico de sus cursos fluviales, cuyo conjunto integra la denominada red de drenaje. Entre los componentes del medio natural que actúan como factores del comportamiento hidrológico de las cuencas destacan el clima, la topografía, la litología y los usos del suelo.

Además de la influencia que estos componentes del medio natural tienen en el comportamiento hidrológico de una cuenca, hay que tener también muy presente la acción que el hombre puede ejercer sobre dicho comportamiento. La presencia del hombre y de sus diferentes actividades en una cuenca hidrográfica pueden resultar desde prácticamente intrascendentes hasta adquirir una gran notoriedad, modificando completamente el comportamiento natural de los ríos que la atraviesan.

Es evidente que el agua es un recurso necesario para el hombre y que éste no puede ni debe renunciar a usarla en su beneficio. Pero también es indudable que esta agua debe de ser utilizada con absoluta racionalidad e intentando conservar sus ecosistemas asociados.

En la cuenca del Alfambra la presión humana no debería ser, a priori, demasiado alta. No existen grandes poblaciones en su interior, incluso la ciudad de Teruel se asienta aguas abajo de la confluencia del río Alfambra con el Guadalaviar y, por tanto, fuera de sus límites. Quizá las mayores amenazas proceden del ámbito agrario, ganadería y agricultura, donde los cultivos, esencialmente el regadío de la llanura aluvial, suponen el consumo de agua y el uso de fertilizantes y pesticidas.

Así, en un estudio (ESTRELA, 2005) llevado a cabo por la Confederación Hidrográfica del Júcar en aplicación de la Directiva Marco Europea del Agua (CE/2000/60), se señala la posibilidad de impactos sobre el río Alfambra tanto en su tramo alto, que recorre las Serranías de Gúdar, como en el que discurre por la depresión de Alfambra-Teruel. En este último se reconoce la presencia de las citadas presiones y el riesgo de que no puedan cumplirse los niveles de calidad marcados por dicha directiva europea en el horizonte del 2016.

## EL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Alfambra pertenece al ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar (fig. 1). Forma parte de la cuenca del río Turia, cuya extensión es de 6.394 km<sup>2</sup>, pudiendo considerarse como una subcuenca de esta unidad superior. Ocupa 1.398 km<sup>2</sup>, todos ellos en la provincia de Teruel, integrados en la cuenca alta o tramo superior de la del Turia (fig. 2), que en gran medida se identifica con el sector turolense de este importante río mediterráneo, cuyo tramo bajo recorre la provincia de Valencia.

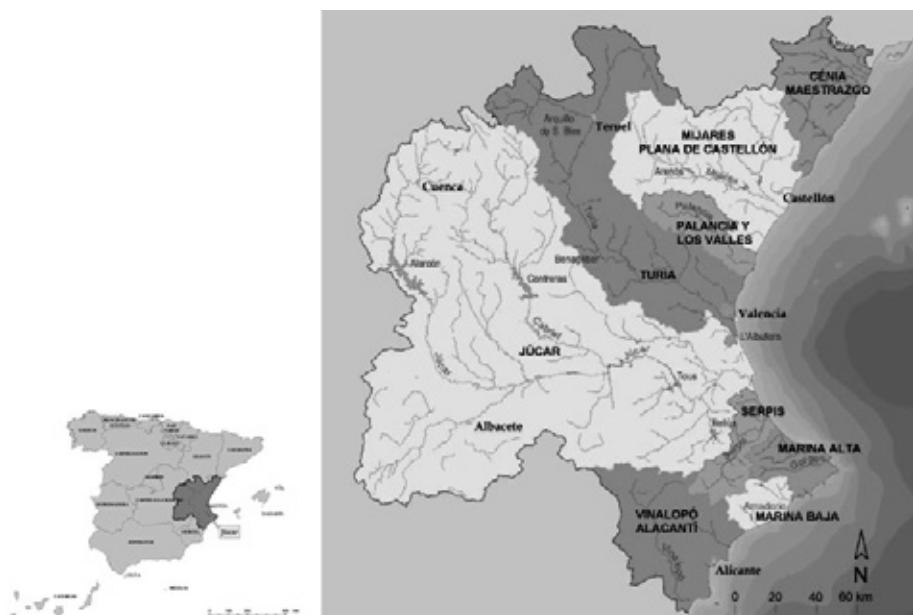


Fig. 1. Situación del ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar en España y ubicación de la cuenca del Turia dentro de él. Fuente: Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ).

Desde un punto de vista morfoestructural la cuenca del Alfambra se relaciona fundamentalmente con el sector occidental de las Serranías de Gúdar y la Depresión intramontañosa de Alfambra-Teruel, ambas pertenecientes al Sistema Ibérico; además, la Sierra Palomera constituye su divisoria occidental cuando recorre la mencionada depresión, separándola de la cuenca del río Jiloca. Las sierras son dominio de las rocas carbonatadas mesozoicas, en tanto que la depresión está rellena de materiales terciarios, cuyo origen se encuentra en los procesos erosivos que arrasaron las cumbres de las serranías generando amplias superficies de erosión, y de depósitos detríticos cuaternarios ligados a la evolución de los valles fluviales.

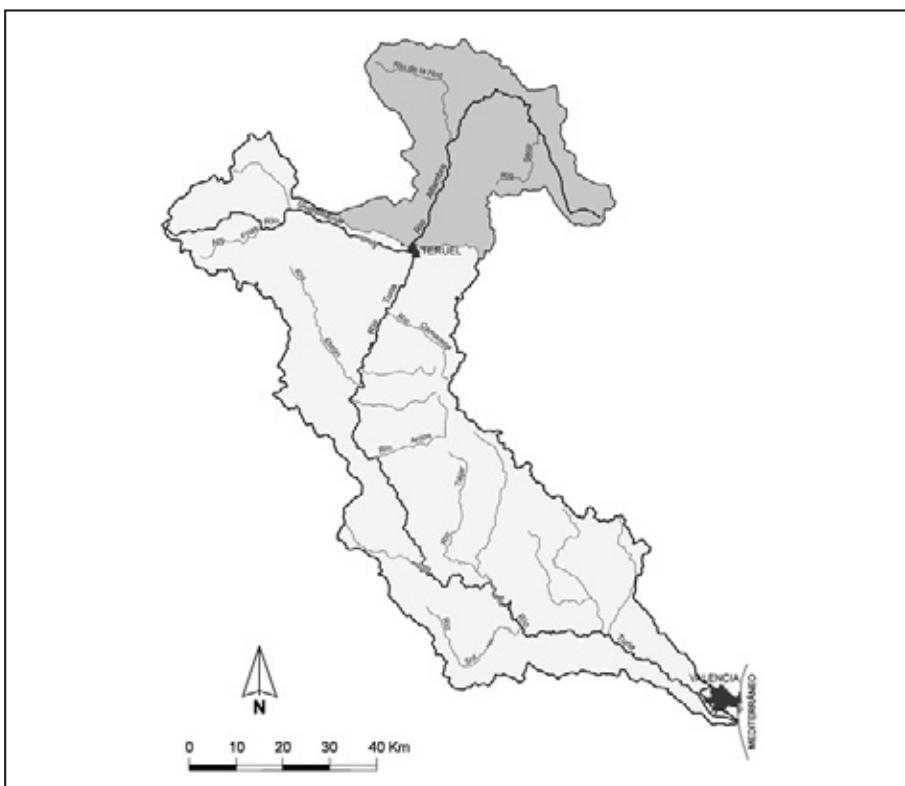


Fig. 2. Cuenca del río Turia y ubicación en ella de la cuenca del río Alfambra.

El curso principal de la cuenca, que le da nombre, nace al pie de Peñarroya (2019 m), pico más elevado de las Serranías de Gúdar. Diferentes surgencias kársticas, como las de los Caños de Gúdar o las asociadas a cursos fluviales como el río Sollavientos o la Rambla de la Umbría, le aportan agua en sus primeros pasos por el sector occidental de las Serranías. Por allí, se ha encajado en las calizas mesozoicas antes de surcar un valle de mayor amplitud entre la zona de El Pobo-Aguilar del Alfambra, donde la excavación alcanza niveles de margas y arcillas secundarias. Entre Aguilar del Alfambra y su salida a la depresión de Alfambra-Teruel en la zona de Villalba Alta, el río esculpe una serie de cañones de gran espectacularidad, a la que contribuyen los meandros que el cauce dibuja en el fondo del valle. Una vez en el interior de la mencionada depresión, el valle del Alfambra se amplía de manera considerable y la actual llanura de inundación aparece flanqueada, en algunos tramos, por antiguos niveles de terrazas fluviales y glacis cuaternarios. Glacis y terrazas que unas veces se adosan a la Sierra del Pobo y otras se muestran encajados en las plataformas estructurales horizontales (muelas) que el propio río y sus afluentes esculpieron, favorecidos por la alternancia

de series blancas carbonatadas resistentes y series rojas detríticas blandas. Sin duda, llama la atención el contraste entre los paisajes de la cuenca del Alfambra en su recorrido por las Serranías de Gúdar y aquellos que se aprecian mientras recorre la depresión de Alfambra-Teruel.

El comportamiento hidrológico del río Alfambra podría definirse perfectamente como el de un río-rambla, ya que alterna períodos de caudales muy bajos, incluso con ausencia esporádica en algunos tramos de caudal superficial, con momentos de caudales abundantes, en los que sus aguas se tornan rojizas ante la enorme cantidad de arcillas que transportan en suspensión. Sin duda, a ese comportamiento contribuye en gran medida que el Alfambra no disponga de afluentes de caudal continuo, de modo que los barrancos y ramblas que, esencialmente en su recorrido por la depresión, le tributan sus aguas sólo pueden hacerlo en cortos períodos de tiempo asociados a precipitaciones abundantes, casi siempre de carácter torrencial y marcado matiz mediterráneo-continental.

Los rasgos más destacados de ese comportamiento hidrológico pueden analizarse con los datos recogidos en dos estaciones de aforo que Confederación Hidrográfica del Júcar tiene instaladas en el cauce del Alfambra. Una, en Villalba Alta, comenzó a funcionar el año hidrológico 1944-1945; otra, en Teruel, que recoge el drenaje de casi toda la cuenca, ofreció los primeros datos en 1911/1912.

Desde un punto de vista cartográfico, la cuenca del río Alfambra queda recogida en 10 hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, con la disposición que se refleja en el siguiente esquema (fig. 3):

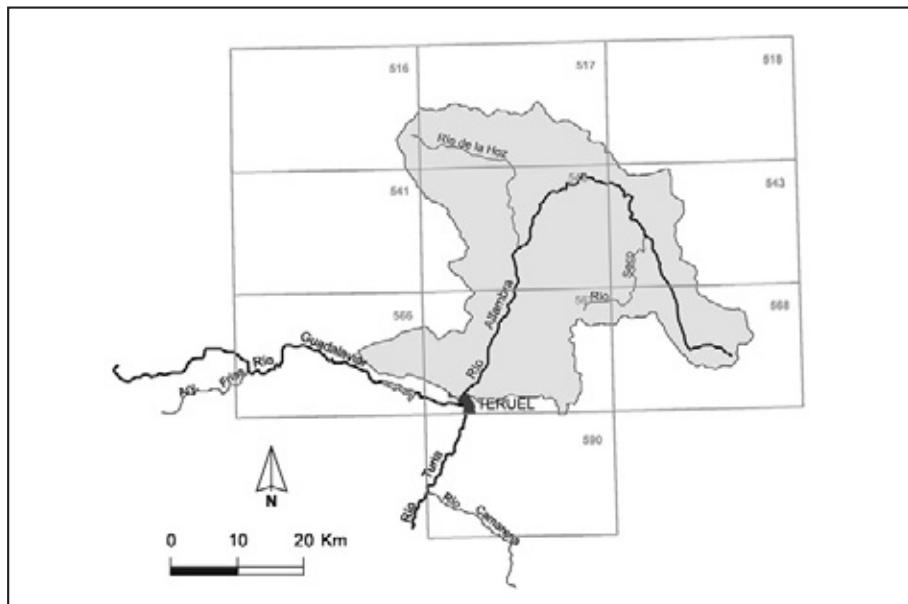


Fig. 3. Distribución de la superficie de la cuenca del río Alfambra en diferentes hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000.

## OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este artículo es una síntesis del amplio informe (*La cuenca del río Alfambra: análisis de las variables del medio físico e integración en un Sistema de Información Geográfica*) depositado en el Instituto de Estudios Turolenses, resultado de un trabajo de investigación para el que se obtuvo una ayuda del citado Instituto. En ese estudio se analizaron y cartografiaron los principales componentes del medio natural de la cuenca del río Alfambra que condicionan el comportamiento de este río y sus afluentes. Se analizaron por tanto los rasgos climáticos, topográficos, litológicos y de usos del suelo, apoyados en la realización de una cartografía con la distribución de estos componentes en el conjunto de la cuenca. Los objetivos que se pretenden, en el global del trabajo de investigación, ya que en el presente artículo sólo se atiende al primero y principal de ellos, son los siguientes:

- El objetivo principal es analizar los componentes del medio natural de la cuenca del río Alfambra que actúan como principales factores de su comportamiento hidrológico.
- Cartografiar esos componentes. Presentar una cartografía en soporte papel sobre esos componentes del medio natural-factores hidrológicos. Esta cartografía, por cuestiones de edición, no aparece plasmada en el artículo.
- Recoger esa cartografía en un soporte digital para que pueda ser utilizada en posteriores trabajos orientados a un análisis combinado de elementos que permita generar nueva cartografía y un mayor conocimiento de la zona. Esta cartografía digital se ha elaborado en un SIG de amplia implantación.
- Presentar, en anexos, datos climáticos e hidrológicos que pueden servir de punto de partida, o de apoyo, para posteriores trabajos. Recogidos en el informe, tampoco pueden ser incluidos en la edición del presente artículo.

La suma de los dos últimos objetivos implica el inicio de la creación de una base de datos para el espacio específico de la cuenca del río Alfambra.

Nuestro conocimiento previo de la zona, ya que en ella hemos realizado diferentes trabajos especialmente de índole geomorfológico, nos ha servido como punto de partida para apreciar el interés del tema propuesto y definir los objetivos del trabajo. Su realización y búsqueda de los objetivos expuestos ha requerido de tareas muy diversas, así como el empleo de una amplia gama de técnicas:

- Recopilación y estudio de la abundante bibliografía referida a alguno de los diferentes componentes del medio natural que se necesitaban analizar.
- Recoger y analizar la cartografía existente, tanto en soporte papel como digital, relativa a esos diferentes componentes del medio natural que actúan como factores del comportamiento hidrológico. Incluye las hojas indicadas en la figura 3 de los siguientes mapas:
  - Mapa Topográfico Nacional escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional y el Mapa General escala 1:50.000, serie L, del Servicio Geográfico del Ejército. Soporte papel.

- Mapa Geológico Nacional escala 1:50.000, serie magna, del Instituto Geológico y Minero de España, y el Mapa Geológico Nacional escala 1:200.000, 1<sup>a</sup> serie y serie magna. Soporte papel y digital.
  - Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, escala 1:50.000 y el mapa provincial de Teruel, escala 1:200.000 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Soporte papel.
  - Mapa Topográfico Nacional, escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional, incluyendo la cobertura completa: curvas de nivel, red hidrográfica, vías de comunicación, toponomía, etc. Soporte digital.
  - Mapa Corine Land Cover de cubierta vegetal y usos del suelo, de escala 1:100.000. Soporte digital.
- Introducción de la cartografía digital en un Proyecto del Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcView. Fue este el elegido por tratarse del SIG de mayor difusión en los estudios de carácter ambiental y territorial.
  - Análisis exhaustivo de toda la cartografía recopilada para definir nuevas leyendas con las que elaborar nuevos mapas orientados hacia nuestro objetivo principal: analizar la incidencia de algunos componentes del medio natural sobre el funcionamiento hidrológico de la cuenca del Alfambra. A través del SIG ArcView, se elaboró y diseñó esa nueva cartografía: mapa de pendientes, mapa de la red hidrográfica, mapa litológico y mapa de usos del suelo.
  - Entre las múltiples capacidades de los Sistemas de Información Geográfica se encuentra la de poder calcular el reparto superficial de los elementos recogidos en los diferentes epígrafes de la leyenda de los mapas. Se ha realizado esta tarea cuyos resultados sin duda ayudan al análisis de los principales rasgos de la cuenca del río Alfambra.
  - Como en cualquier estudio de carácter territorial, se ha llevado a cabo un trabajo de campo, en este caso dirigido principalmente a constatar en el terreno la información que la cartografía ofrecía.
  - El análisis conjunto de la bibliografía y cartografía existentes y de la nueva información y cartografía generadas, permite establecer una serie de conclusiones del trabajo.
  - Finalmente, se creó un anexo de datos hidrológicos a partir del Anuario de Aforos Digital 2005-2006. Como se ha indicado, este anexo del Informe del proyecto de investigación no se incluye en esta publicación. Incluye los datos de las dos estaciones de aforo del río Alfambra: la 8028 ubicada en Villalba Alta y la 8027 en Teruel.

## ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DEL MEDIO FÍSICO

En la cuenca del río Alfambra, tal como sucede de manera genérica en la inmensa mayoría de las cuencas fluviales, una serie de componentes de su medio natural actúan como factores determinantes del comportamiento hidrológico que presentan tanto el río Alfambra como sus afluentes.

La impronta que en el paisaje tiene una litología de colores contrastados, llama inmediatamente la atención sobre la importancia que el tipo de rocas aflorantes puede tener en el funcionamiento de los procesos del ciclo del agua.

La presencia de varios escalones topográficos entre el valle actual del Alfambra y la divisoria de la cuenca, formando amplios espacios llanos enlazados por sectores de pendientes más acusadas, se antoja también a priori como un elemento que debe interactuar con el discurrir de las aguas.

Los cultivos ocupan zonas amplias, tanto el regadío de la llanura de inundación del Alfambra como los campos de secano en el interior de la depresión de Alfambra-Teruel o en los sectores de El Pobo-Aguilar del Alfambra, contrastando con la vegetación natural, habitualmente de escaso porte y densidad, que cubre la superficie perteneciente a las montañas que encierran la cuenca.

También el trazado de la red fluvial, un buen número de cuyos cursos aparecen habitualmente secos, permite aventurar hipótesis sobre el balance hídrico de la zona o sobre la torrencialidad que pueda definir el flujo de agua por sus cauces. Ello lleva a preguntarse sobre el clima de la zona, especialmente sobre la cantidad y el reparto de precipitaciones o, lo que sería lo mismo, el volumen de agua que entra en la cuenca y su ritmo temporal.

Se trata pues, ahora, de analizar con detalle cada uno de estos componentes del medio natural y detectar cuál es su incidencia en el reparto del agua en el territorio perteneciente a la cuenca del río Alfambra.

## CLIMA

Se dispone de los datos procedentes de cinco observatorios de la Agencia Estatal de Meteorología, instalados dentro de la cuenca del Alfambra. Todos ofrecen registros de precipitación, pero sólo uno aporta datos completos (temperatura, precipitación, viento, presión atmosférica, etc.). Son, también, de gran ayuda los trabajos de PEÑA, CUADRAT y SÁNCHEZ FABRE (2002) y el *Atlas climático de Aragón* (CUADRAT, SAZ y VICENTE, 2007).

### Precipitaciones

Las precipitaciones son, sin duda, el componente que mayor importancia tiene en el comportamiento de los procesos hidrológicos y la circulación de agua por los cursos fluviales. En el caso del río Alfambra estas precipitaciones son la única vía de entrada de agua en la cuenca, aunque la disponibilidad de agua con respecto a las precipitaciones pudiera estar algo modificada por el tránsito de agua subterránea, cuyo volumen no está cuantificado.

Las precipitaciones totales anuales registradas en una estrecha franja de la divisoria septentrional y oriental de la cuenca superan los 500 mm y pueden llegar hasta 700. Ahora bien, en la mayor parte de la cuenca del Alfambra el total de precipitación alcanzado varía entre 400 y 500 mm, cifras bajas teniendo en cuenta que casi toda la superficie se encuentra por encima de los 900-1.000 metros. Así lo ratifican los datos puntuales tomados en Ababuj (477 mm para la serie 1957-2002), Ar-

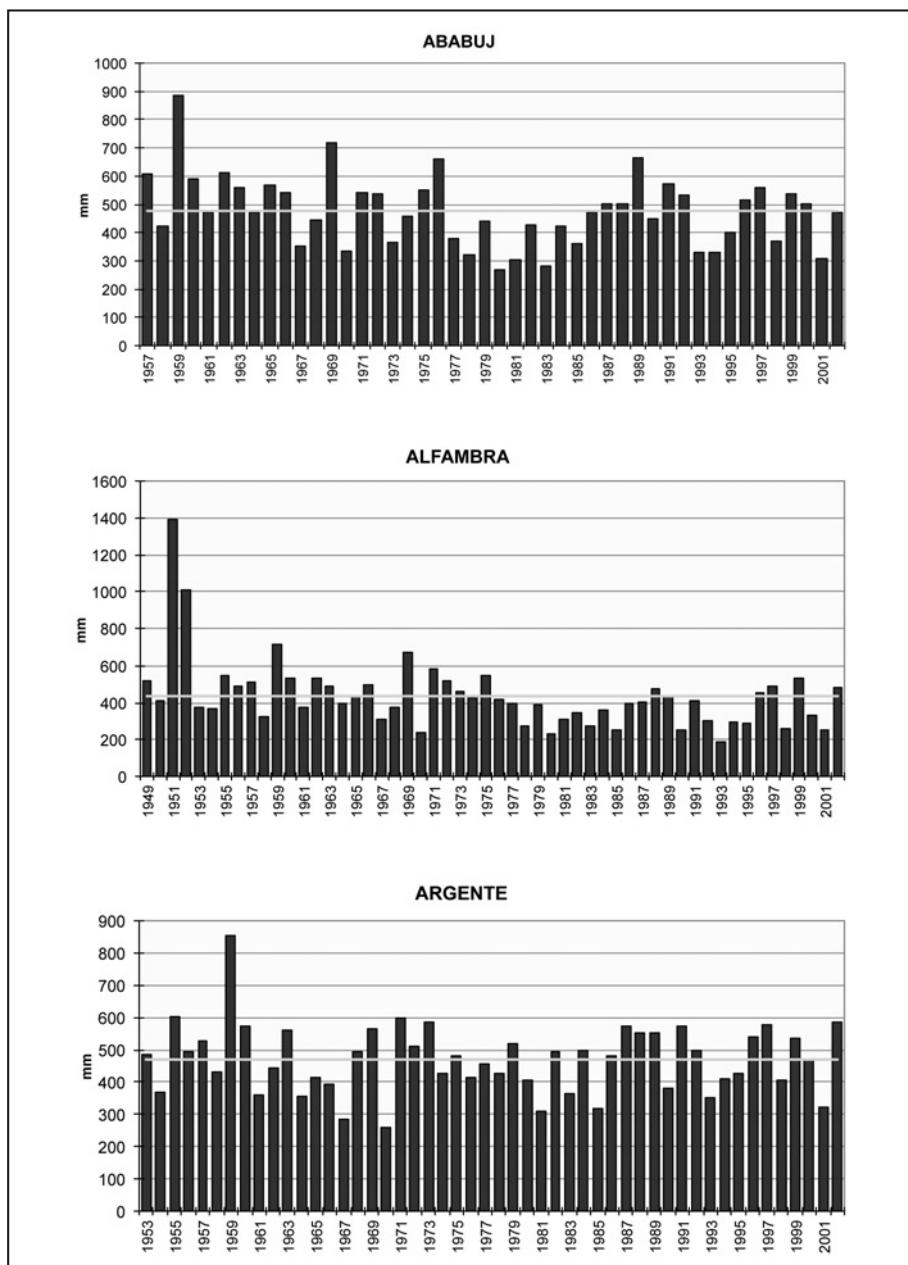


Fig. 4. Variación de las precipitaciones anuales en varios observatorios meteorológicos de la cuenca del Alfambra. Fuente: *Atlas climático de Aragón*. Elaboración propia.

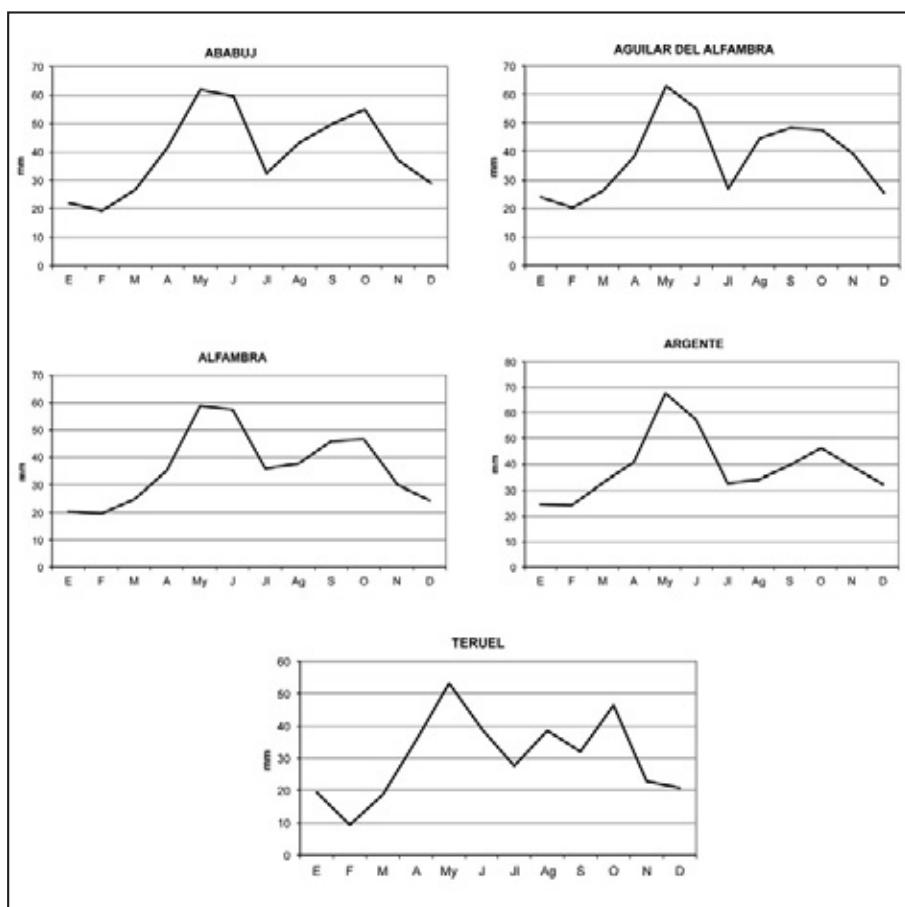


Fig. 5. Reparto mensual de las precipitaciones en los observatorios de la cuenca del río Alfambra. Fuente: *Atlas climático de Aragón*. Elaboración propia.

gente (470 mm, 1953-2002), Aguilar del Alfambra (459 mm, 1982-2002), Alfambra (436 mm, 1949-2002) y Teruel (363 mm, 1987-2002, si bien utilizando otras series más largas SÁNCHEZ FABRE (1985) obtiene valores entre 384 y 415 mm). El patrón que se observa con claridad es una progresiva disminución de las precipitaciones, nunca con valores muy elevados, desde la divisoria hacia el interior, registrándose la menor cantidad de precipitación en el sector de la cuenca que se identifica con la depresión de Alfambra-Teruel.

La existencia de extensas series de datos en algunos observatorios permite constatar la variabilidad que esas cifras de precipitación total anual pueden ofrecer: Ababuj, mayor registro en 1959

con 887 mm y menor con 270 mm en 1980; Aguilar del Alfambra, 609 mm en 1999 y 316 mm en 1998; Alfambra, 715 mm durante 1959 frente a 188 mm en 1993 (existe un registro en 1951 de 1.393 mm, al que sólo se aproxima el de 1952); Argente, 854 mm (1959) y 258 mm (1970) (fig. 4).

Las precipitaciones, casi siempre de forma líquida, son esencialmente equinocciales, algo más numerosas en primavera, aunque también en verano las tormentas pueden aportar cantidades destacables. El invierno es la estación más seca. Así se constata en las gráficas de reparto mensual de las precipitaciones de la figura 5.

El número de días con precipitación al año está entre 50 y 60. En casi todos ellos es en forma de lluvia, si bien el granizo y la nieve suelen hacer acto de presencia en algún momento en diferentes sectores de la cuenca casi todos los años, más reiteradamente en el tramo alto. Esa nieve, más abundante en las sierras de las divisorias oriental y septentrional, tiene cierta probabilidad, aunque baja, de quedar acumulada en los meses de enero y marzo. Generalmente, en los 10 días al año con mayor volumen de precipitación se acumula algo más del 40% del total de las precipitaciones anuales.

CUADRAT, SAZ y VICENTE (2007), a partir de la serie de datos de 1950-2002, han indicado y cartografiado la evolución en Aragón, durante la segunda mitad del siglo XX, reflejándose un progresivo descenso de los registros totales de precipitación anual en la cuenca del Alfambra (entre 12 y 22 mm por década), especialmente sumado en invierno y verano.

## Temperaturas

Las temperaturas, sin tener una relación tan directa con la disponibilidad de agua, afectan en la funcionalidad de varios procesos del ciclo hidrológico, como la evapotranspiración y la infiltración.

En la cuenca del Alfambra la temperatura media anual oscila entre 8 y 12 °C. Los valores más bajos corresponden a las divisorias montañosas norte y este, así como al tramo alto de la cuenca, en tanto que son más altos en el sector de la depresión de Alfambra-Teruel, incrementándose a medida que se discurre hacia la desembocadura. CUADRAT, SAZ y VICENTE (2007) apuntan una tendencia a incrementarse estas temperaturas entre 0,1 y 0,2 °C cada década.

Las temperaturas medias invernales en casi toda la extensión de la cuenca están entre 2 y 4 °C, las medias otoñales entre 10 y 12 °C y las estivales entre 18 y 20 °C. Se observan valores un par de grados más bajos en la cabecera, especialmente en verano. La evolución mensual de estas temperaturas se aprecia en el gráfico de la figura 6, correspondiente al observatorio de Teruel. En él queda reflejada una considerable oscilación térmica anual (18 °C), que aún se acentúa al considerar datos diarios de diferentes estaciones (Teruel: 39 °C el 29 de julio de 1981; -20 °C en febrero de 1956 y enero de 1985).

Anualmente en la cuenca del Alfambra se registran entre 50 y casi 100 días de helada, incrementándose su número progresivamente de este a oeste al acentuarse la continentalidad.

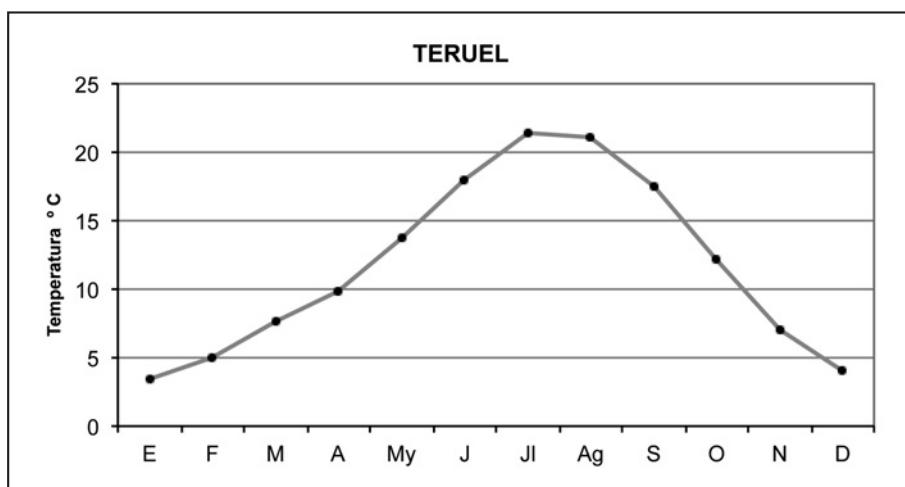


Fig. 6. Curva de evolución mensual de las temperaturas en Teruel. Fuente: *Atlas climático de Aragón*. Elaboración propia.

## Balance hídrico

Se ha comentado ya tanto que las precipitaciones caídas sobre la cuenca no son abundantes, como que durante la época estival las temperaturas, sobre todo en las horas centrales del día, alcanzan valores elevados. En consecuencia cabe plantearse cómo queda la disponibilidad de agua en la cuenca para engrasar el caudal de sus ríos, es decir, qué signo presenta el balance hídrico.

Si se analiza la cartografía del reparto de la evapotranspiración potencial recogida en el *Atlas climático de Aragón*, se aprecia que en la cuenca del Alfambra se superan los 1.250 mm anuales en el eje de la depresión Alfambra-Teruel y se llega casi a 1.000 mm en las sierras que enmarcan la cabecera del río Alfambra. Estos valores superan muy ampliamente los de precipitación total anual registrados en la cuenca.

Estacionalmente la evapotranspiración potencial ronda en verano los 500 mm, en primavera los 250 mm y en otoño los 200 mm. Como es lógico la cifra más baja corresponde a invierno, en torno a 100 mm.

Comparando los datos de precipitaciones registradas en la cuenca con los de evapotranspiración potencial, el resultado es evidente: la cuenca del Alfambra es claramente deficitaria en agua, tiene un balance hídrico de signo negativo. El déficit en casi todo el recinto de la cuenca es superior a 500 mm, llegando puntualmente a los 800 mm. El estío es la época en la que se suma un buen porcentaje de ese déficit, más de 400 mm en la mayor parte de la cuenca como consecuencia de las elevadas temperaturas. Aunque primavera y otoño sean las temporadas más lluviosas en la zona, no

se alcanzan cantidades de precipitación suficientes para cambiar el signo negativo del balance hídrico. Sólo en invierno, debido a las bajas temperaturas, el balance hídrico está equilibrado, al menos en una parte de la cuenca, dándose en otros sectores un ligero déficit.

A la vista de estos resultados, el clima de la cuenca del Alfambra queda definido como un clima submediterráneo continental frío, con un carácter semiárido que constituye desde el punto de vista hidrológico su rasgo esencial. Así, desde esa perspectiva hidrológica este clima supone escasa presencia de agua, no sólo por no disponer de una entrada especialmente cuantiosa de precipitaciones sino también, unido a ello, por existir una fuerte evapotranspiración que consume una buena parte de esos recursos hídricos introducidos en la cuenca.

## PENDIENTES

La cuenca del río Alfambra forma parte de la Cordillera Ibérica, por lo que su altitud es considerable en toda su extensión, superándose los 1.500 m e incluso los 1.700 m en la zona de cabecera (Peñarroya, 2.019 m) y quedando ligeramente por debajo de los 1.000 m exclusivamente un sector muy reducido de la llanura de inundación del Alfambra, al noroeste de Teruel, y otro en la zona de confluencia del Alfambra con el Guadalaviar. Las mayores diferencias vienen marcadas por la dualidad entre su recorrido en el tramo alto, por las Serranías de Gúdar, y el que realiza, en su tramo bajo, por el interior de la depresión intramontañosa de Alfambra-Teruel, casi toda dispuesta entre 1.000 y 1.200 m. La Sierra de Lidón o la de la Costera, que intervienen en la divisoria septentrional de la cuenca, y la Sierra Palomera, que constituye su divisoria oriental, aunque marcan claramente la divisoria topográfica no aparecen muy elevadas sobre el interior de la depresión.

El rasgo topográfico con mayor incidencia en el comportamiento hidrológico son las pendientes, que contribuyen a determinar cuál es el proceso hidrológico que acapara el mayor volumen del agua que entra en la cuenca y llega hasta el suelo.

Por ello resulta de gran interés establecer la distribución de los valores de pendiente en la zona de estudio. No hace falta definir valores de pendiente con gran detalle, sino determinar sectores con pendientes altas o pendientes bajas para deducir cuáles serán los procesos hidrológicos dominantes en ellos. El mejor modo para conocer esa distribución es elaborar un mapa de pendientes, tarea que se ha acometido para la cuenca del río Alfambra, aunque como el resto de la cartografía no haya sido posible incluirlo en este artículo por las razones ya expuestas. El punto de partida ha sido el Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:25.000, del Instituto Geográfico Nacional (IGN), en soporte digital. Introducidas las hojas correspondientes en ArcView, se han generado diferentes documentos (*features*) con los distintos datos existentes en el mapa (red hidrográfica, curvas de nivel, núcleos de población...).

A partir del documento que recoge las curvas de nivel, ArcView permite construir un modelo digital del terreno y desde él, a través de la orden "Map calculator", se ha elaborado el citado mapa de pendientes. Se ha optado por un mapa con una leyenda muy sencilla que diferencia únicamente tres intervalos de pendiente: inferior a 5°, entre 5° y 25°, más de 25°. El primer intervalo ayuda a

delimitar zonas llanas o con pendientes muy suaves, el segundo zonas con valores intermedios de pendiente y el tercero zonas con una fuerte inclinación.

Trasladado lo anterior a sus efectos hidrológicos, se puede decir que en la zona llana o de pendientes muy suaves el proceso dominante es la infiltración, que alimentará el flujo de agua subsuperficial y subterráneo; en la zona de pendientes medias este proceso compartirá protagonismo con la escorrentía superficial y, en la zona de pendientes fuertes, las láminas de agua discurrirán con gran velocidad alimentando la escorrentía superficial para llegar hasta los cauces fluviales.

La tabla 1 expresa numéricamente lo que se visualiza muy claramente en el mapa de pendientes: en la cuenca del Alfambra hay amplias zonas con pendientes suaves y medias. Algo más de la mitad de su territorio es llano o posee pendientes suaves y más del 40% presenta lo que hemos denominado pendientes medias.

TABLA 1  
**Distribución de los intervalos de pendiente en la cuenca del Alfambra**

PENDIENTE	km <sup>2</sup>	%
< 5°	748,11	53,51
5 - 25°	593,33	42,44
> 25°	56,55	4,04
	1.398	99,99

Entre las amplias zonas llanas o con pendientes muy suaves se pueden destacar la llanura aluvial del río Alfambra, el área de Alfambra-Escorihuela, el entorno de Perales del Alfambra y los extensos Llanos de Visiedo, el área al noroeste de Teruel que se identifica con una parte del glacis de Gea de Albarracín, el entorno de El Pobo, y una franja de terreno que se prolonga tanto al norte como al sur de Aguilar del Alfambra.

Como sectores donde predominan las pendientes de tipo medio merecen destacarse una franja interna que recorre la divisoria de la cuenca, la zona de cabecera, la Sierra del Pobo y un amplio sector dispuesto a ambas márgenes de la llanura aluvial del río Alfambra desde la Muela de Alfambra, al sur de la población de ese mismo nombre, hasta Cerro Gordo-Los Baños por la orilla derecha y Teruel por la izquierda.

Los puntos con pendientes elevadas se disponen dispersos en el mapa, como manchas que ocupan individualmente muy poca superficie. Llama la atención su presencia en algunos cañones del tramo de cabecera de la cuenca, sobre todo correspondientes a algunos afluentes. También en los cañones del área de Galve: Los Alcamines, Hoz de los Ríos Altos y Hoz de los Ríos Bajos o de las Calderetas.

## LITOLOGÍA

El tipo de rocas que tapizan una cuenca determina la cantidad de agua que circula por su superficie o por el subsuelo. Donde aparezcan rocas de gran permeabilidad, acuíferos con capacidad de absorber agua y de que ésta se movilice por su interior, una porción importante del agua presente en la cuenca realizará una parte o la totalidad de su recorrido de forma subterránea. Por el contrario, donde afloren rocas impermeables tanto la infiltración como la percolación estarán muy dificultadas y casi la totalidad del agua se movilizará sobre la superficie de suelo y rocas.

Resulta imprescindible por tanto conocer los rasgos litológicos de una cuenca para saber su respuesta hidrológica. Para acometer este conocimiento en la cuenca del Alfambra se ha empleado, de nuevo, la cartografía. Se parte del Mapa Geológico de España, serie Magna, a escala 1:50.000, editado por el Instituto Geológico y Minero de España tanto en soporte convencional (papel) como en soporte digital. La edición en soporte digital presenta un formato directamente compatible con ArcView, de modo que las hojas correspondientes del mapa (fig. 3) son introducidas en el SIG.

A continuación, ante el elevado número de formaciones aflorantes que llevan a una excesiva compartimentación del territorio no acorde a nuestros objetivos, se ha acometido una reclasificación de esas leyendas intentando agrupar esas formaciones en lo que hemos denominado unidades, es decir, grupos de formaciones cuya similar composición litológica e idéntica cronología les confiere una respuesta homogénea a los procesos hidrológicos. Básicamente se han reunido en cada una de las once unidades aquellas formaciones que tienen una composición litológica similar, un mismo grado de compactación, dada su cronología, y una respuesta idéntica a los procesos tectónicos.

A partir de esta nueva leyenda se ha elaborado el mapa litológico o mapa de unidades litológicas de la cuenca del río Alfambra, que nos permite analizar cuáles son los principales rasgos litológicos de la cuenca del Alfambra desde una perspectiva hidrológica. En una visión general observamos que en ella están representadas la mayoría de las series que integran la columna estratigráfica desde la base de la Era Secundaria hasta el Cuaternario. En tan largo periodo de tiempo geológico resulta lógico que se depositaran una gran variedad de materiales, todos ellos rocas sedimentarias, entre los que se aprecia un claro dominio de series detriticas y series carbonatadas.

Ocupan amplias superficies los materiales mesozoicos, principalmente jurásicos y cretácicos, que en conjunto constituyen series carbonatadas, en las que se intercalan niveles de areniscas y arcillas. Esas series carbonatadas presentan una elevada porosidad y permeabilidad, favorable a la infiltración y percolación del agua procedente de las precipitaciones y, por tanto, a un incremento, incluso pudiera ser un dominio, del flujo subterráneo. Estas unidades litológicas afloran en las Serranías de Gúdar-Maestrazgo y, por tanto, tapizan el sector oriental de la cuenca del Alfambra, apareciendo también al este (Sierra Palomera) y en la divisoria septentrional, desde donde se prolongan hacia el sur por el valle del río Seco. La principal de estas unidades es la de calizas mesozoicas, que ocupa en torno a 385 km<sup>2</sup>, lo que supone más de una cuarta parte de la cuenca del Alfambra (tabla 2).



Foto 1. Vista general de la Sierra del Pobo y los niveles de terrazas del río Alfambra al este de la población de Alfambra.



Foto 2. Panorámica general de la depresión de Alfambra-Teruel en el sector de Villalba Baja, desde la Sierra del Pobo.

Una unidad de conglomerados, areniscas y arcillas terciarias aparece en gran parte del sector del interior de la depresión de Alfambra-Teruel, en los Llanos de Visiedo y también en extensas manchas en la zona de El Pobo y al sur de Galve. Este conjunto de materiales detriticos resultan, a priori, más proclives a la circulación superficial del agua, mediante la escorrentía superficial; no obstante, la escasa compacidad que presentan algunos de sus niveles, dejando huecos entre los granos y cantos, debe permitir cierta infiltración hasta que el subsuelo quede saturado o las arcillas, con su cambio de volumen en contacto con el agua, cierren las pequeñas vías de infiltración (poros). De las once unidades litológicas diferenciadas, ésta es la que ocupa mayor extensión en la cuenca del Alfambra, más de 400 km<sup>2</sup>, lo que supone casi el 30% de su superficie (tabla 2). No es, por tanto, de extrañar la impronta que estos materiales detriticos de llamativos tonos rojos tienen en el paisaje.

TABLA 2  
Superficie de afloramiento de las unidades litológicas

UNIDAD LITOLÓGICA	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	% DE SUPERFICIE
Areniscas del Bunt	14,262	1,02
Dolomías y carniolas triásicas	9,986	0,71
Arcillas y yesos del Keuper	17,213	1,23
Calizas mesozoicas	385,691	27,59
Margas mesozoicas	106,035	7,58
Areniscas y arcillas mesozoicas	160,885	11,51
Conglomerados, areniscas y arcillas terciarias	408,754	29,24
Calizas terciarias	81,2	5,81
Yesos y margas terciarios	20,159	1,44
Materiales detriticos pliocuaternarios y pleistocenos	134,911	9,65
Materiales detriticos holocenos	58,905	4,21
	1.398	

Fuente: IGME. Elaboración propia.

Entre Alfambra y Teruel aparece ampliamente representada la unidad de calizas lacustres terciarias, que colmataron la depresión de Alfambra-Teruel en el Neógeno, disponiéndose sobre las series rojas. La instalación de la red fluvial actual fue desgajando en retazos las formaciones que integran esta unidad, que quedaron constituyendo las cumbres y la cornisa de plataformas estructurales horizontales y cerros testigos, puestos en resalte por erosión diferencial. Estas calizas no presentan un nivel de porosidad y permeabilidad tan elevado como el de las formaciones carbonatadas mesozoicas descritas anteriormente, ni tampoco unos espesores comparables con los de

aquellas, por lo que, aun siendo materiales permeables no dan origen a una circulación subterránea importante. Además, las arcillas rojas que las sustentan actúan como un nivel impermeable que hace retornar pronto a la superficie el agua que hubiera podido introducirse en las calizas.

Los numerosos cambios de facies que se producen en el interior de la depresión de Alfambra-Teruel, tanto en sentido lateral como longitudinal, determinan el afloramiento, esencialmente al norte de Teruel, de una unidad de yesos y margas terciarias. Estos materiales favorecen la escorrentía superficial, aunque también permiten una cierta circulación subsuperficial del agua.

Los llanos de Concad-Caudé, al noreste de Teruel, el glacis de Perales del Alfambra y un amplio sector de la margen izquierda del río Alfambra, al oeste del pueblo del mismo nombre, son amplias zonas de afloramiento de materiales detriticos pliocuaternarios y pleistocenos. Estos depósitos, aunque con distinto grado de compacidad por la formación de costras en los niveles más antiguos, siempre presentan los suficientes intersticios entre sus componentes (cantos, gravas, arenas, arcillas, carbonatos) para que el agua se infiltre y percole en ellos. Además, sobre estas formaciones, frecuentemente, se han ubicado campos de cultivo que disgregan los componentes de las formaciones detriticas facilitando la penetración del agua hacia el subsuelo.

La unidad del Holoceno, integrada también por materiales detriticos en este caso muy sueltos, es proclive a la infiltración y por tanto a la circulación del agua por el subsuelo. Se dispone en ambas márgenes del río Alfambra y de alguno de sus principales afluentes, configurando sus actuales llanuras de inundación.

Finalmente, en el núcleo de la Sierra del Pobo y en la zona de la laguna de Tortajada afloran las series triásicas, que se comportan como un conjunto bastante impermeable, sobre todo por la presencia en la base de la unidad de arcillas y yesos del Keuper y, por tanto, favorecen la circulación superficial del agua.

La distribución de las diferentes unidades litológicas aflorantes en la cuenca del Alfambra, junto a las características estratigráficas de las formaciones que las integran, han determinado la existencia de varios acuíferos o masas de agua subterránea, representados en el esquema de la figura 7.

La mitad occidental de la cuenca se identifica con el acuífero Hoya de Alfambra, de tipo detritico y drenaje libre. En la mitad oriental, en gran medida identificada con las sierras de Gúdar-Maestrazgo, se suceden tres acuíferos carbonatados de tipo mixto: Javalambre occidental, Javalambre oriental y Maestrazgo occidental. Espacios mucho más reducidos ocupan el acuífero Hoya de Teruel, que se prolonga más al sur en la cuenca del Turia, y el acuífero de interés local 03.

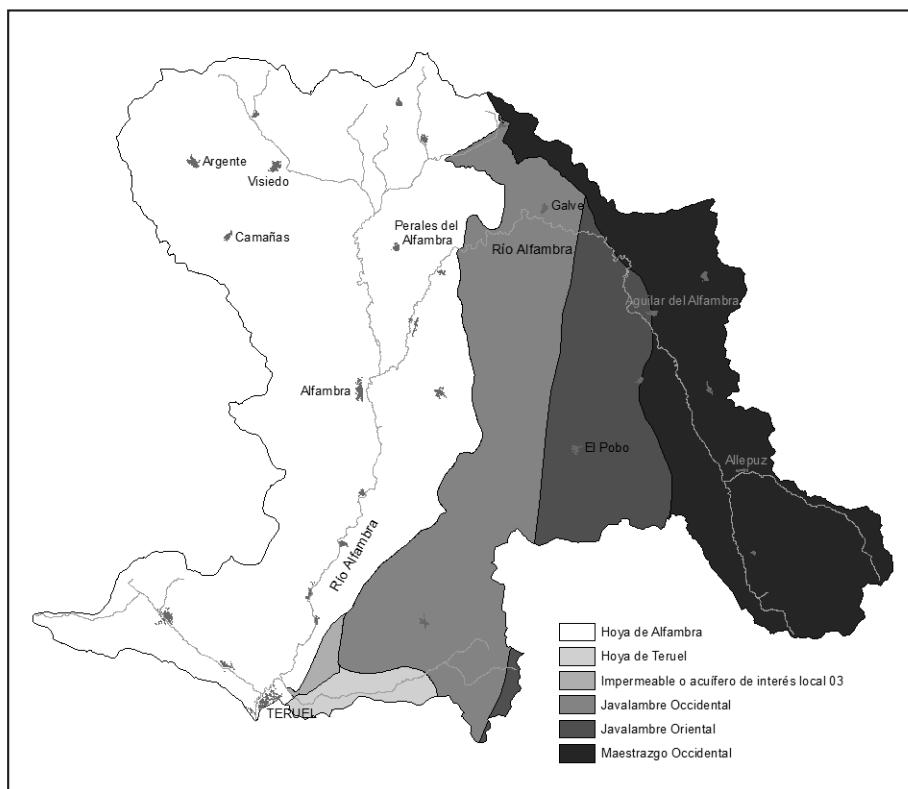


Fig. 7. Esquema de distribución de los acuíferos de la cuenca del río Alfambra. Fuente: Confederación Hidrográfica del Júcar. Elaboración propia.

## USOS DEL SUELO

La utilización del suelo para diferentes usos, la presencia o ausencia de cubierta vegetal, el tipo y la densidad de esa cubierta vegetal, condicionan tanto la cantidad de agua que, procedente de las precipitaciones, llega hasta la superficie terrestre como su posterior comportamiento ligado a la escorrentía, a la infiltración o a la evapotranspiración.

Un suelo desnudo recibe toda el agua de las precipitaciones registradas en la zona, pero también soporta el impacto directo de las gotas de lluvia que provoca la compactación de la lámina superficial de dicho suelo, impidiendo que el agua pueda infiltrarse. La consecuencia es que casi la totalidad del agua de lluvia produce escorrentía superficial. Ahora bien, si ese suelo desnudo es cultivado su estructura es totalmente alterada, generando una gran cantidad de huecos por los que el agua puede pasar e infiltrarse.

Cuando el suelo sustenta una cubierta vegetal la situación es muy distinta. Esa cubierta vegetal intercepta parte del agua de las precipitaciones y aunque una fracción del agua inicialmente interceptada acaba llegando al suelo, lo hace a un ritmo diferente, más dilatado en el tiempo. Además, las gotas de lluvia no golpean directamente contra el suelo, por lo que no se produce ese efecto de compactación. Por todo ello, aunque sigue funcionando la escorrentía superficial, también actúa la infiltración, a lo que ayudan los intersticios dejados por las propias raíces de las plantas y, en consecuencia, también se activa la escorrentía subsuperficial.

Según el tipo de cubierta vegetal y su densidad varía la cantidad de agua de las precipitaciones interceptada y, en consecuencia, la que llega al suelo, siendo las formaciones vegetales de porte arbóreo las que llevan a cabo una mayor interceptación, distinta para diferentes especies.

Para analizar los usos del suelo y el reparto de la cubierta vegetal en la cuenca del río Alfambra se ha recurrido a la cartografía del Corine Land Cover. El Corine es un proyecto de la Unión Europea sobre diferentes cuestiones medioambientales. Las bases de datos y varias tareas de este proyecto, entre las que figura la elaboración de una cartografía de cubierta vegetal y usos del suelo, han sido asumidas por la Agencia Europea de Medioambiente. La base de datos se actualiza anualmente y la cartografía tiene una edición de 1990 y otra de 2000.

En este trabajo se ha utilizado el mapa del Corine Land Cover 2000, que se encuentra en un soporte que permite su introducción en ArcView. Cuenta en su leyenda con 64 elementos, siendo de nuevo necesario realizar una reestructuración de la misma reduciendo el número de componentes, al unir aquellos de parecida composición y con respuesta hidrológica similar. Si no se hace así, los relictos cartografiados son en muchos casos muy reducidos y no se obtiene una visión de conjunto de los usos del suelo en la cuenca que permita analizar su incidencia en el comportamiento hidrológico.

El resultado ha sido la elaboración de un mapa donde se diferencian 18 tipos de usos del suelo y donde pueden apreciarse sectores de la cuenca con predominio de usos diferentes que propician distintas respuestas hidrológicas. Llama la atención la gran extensión ocupada por los cultivos de secano, que supera el 44% de la superficie de la cuenca (tabla 3). Se han instalado sobre los materiales detriticos terciarios de los Llanos de Visiedo, los depósitos pliocuaternarios de Perales del Alfambra, las acumulaciones detriticas cuaternarias del interior de la depresión Alfambra-Teruel y de los Llanos de Caudé y, finalmente, sobre series tanto terciarias como mesozoicas en la zona de Aguilar del Alfambra-El Pobo. Incluso ocupan casi la mitad de la cuenca si consideramos aquellos lugares donde los cultivos de secano forman mosaico con prados o con vegetación natural.

Las formaciones de matorral cubren más de una cuarta parte (28,27%) del territorio de la cuenca (tabla 3), siendo su presencia especialmente destacada en la Sierra del Pobo y en la cabecera del Alfambra, también perteneciente a las Serranías de Gúdar. Allí alternan formaciones de matorral de densidades muy distintas, en tanto que en Sierra Palomera y su estribación de Cerro Gordo, en la Sierra de Lidón y su prolongación hacia el interior de la depresión de Alfambra-Teruel, y en el interior de la depresión en el sector entre Alfambra y Teruel el matorral, bien representado, es muy poco denso.



Foto 3. Ortofoto de los cañones del río Alfambra en la zona de Galve. Fuente: Centro de Información Territorial de Aragón.

TABLA 3

**Superficie ocupada por los diferentes usos del suelo en la cuenca del Alfambra**

USO GENERAL	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	%
Afloramientos rocosos	15,51	1,11
Balsas	0,07	0,01
Bosque de coníferas	84,17	6,02
Bosque mixto	11,53	0,82
Bosques de ribera	1,44	0,10
Choperas de plantación	12,27	0,88
Cultivos herbáceos en regadío	24,92	1,78
Matorral denso o medianamente denso	170,87	12,22
Matorral subarbustivo y arbustivo muy poco denso	224,37	16,05
Mezcla de frondosas	0,30	0,02
Mosaico de cultivos de secano con prados y praderas	12,93	0,92
Mosaico de cultivos en secano con vegetación natural	29,66	2,12
Núcleos de población	4,36	0,31
Pastizales mediterráneos	150,63	10,77
Perennifolias	25,38	1,82
Tierras de labor en secano	618,27	44,22
Xeroestepa subdesértica	10,73	0,77
Zonas de extracción minera	0,66	0,05
	1.398	100

Fuente: Corine Land Cover, elaboración propia.

En el sector de las Sierras de Gúdar-Maestrazgo que marginan el curso alto del río Alfambra y en las sierras que cierran la cuenca por el Norte están bien representadas las formaciones de pastizales mediterráneos, que en conjunto cubren algo más del 10% (tabla 3) de la superficie.

Los bosques de coníferas están representados nuevamente en las Serranías de Gúdar-Maestrazgo, tanto en la zona de cabecera del Alfambra como en la Sierra del Pobo. Cubren el 6% de la superficie de la cuenca y constituyen las áreas con mayor interceptación en ella. Las especies arbóreas de hoja perenne sólo se asientan en el 1,82% del suelo de la cuenca.

Una parte de la llanura aluvial del Alfambra se utiliza para cultivos de regadío, predominantemente herbáceas y choperas de plantación. Ocupan algo más de 37 km<sup>2</sup>, que suponen el 2,66% de la superficie total de la cuenca.

Meramente testimonial es la presencia de otros usos: afloramientos rocosos, xeroestepa subdesértica, bosques de ribera, bosques mixtos, núcleos de población...

## RED HIDROGRÁFICA

El conjunto de cursos fluviales que drena una cuenca constituye su red de drenaje. La presencia de una red de drenaje de cierta densidad bien jerarquizada garantiza la recogida de las aguas de las precipitaciones y su encauzamiento hasta engrosar los caudales de un río principal.

En la cuenca estudiada el papel de curso principal corresponde al río Alfambra, que le da nombre. Este río realiza la primera parte de su trazado en dirección SE-NW, adquiriendo en la zona de Galve un sentido E-W que le hace girar a la dirección NNE-SSW en su recorrido por la depresión de Alfambra-Teruel, a cuyo dispositivo estructural se adapta el río. Actualmente es un río poco caudaloso, con gran irregularidad en sus caudales, que ocasionalmente experimenta crecidas de relevante magnitud. Frente a ellas, también ocurre que, en la época estival, la circulación superficial de agua desaparece durante algunas semanas en determinados tramos del cauce. De todos sus afluentes sólo el río Sollavientos, que se une a él en su tramo alto cuando todavía su denominación es río Alfambra o río Blanco, dispone de caudal con cierta continuidad.

Por lo demás, los afluentes del Alfambra son ramblas y barrancos habitualmente sin caudal y con una gran torrencialidad. Sobre todo a partir de tormentas de verano es habitual que alguno de estos barrancos y ramblas encauce durante algunos minutos o, como mucho, algunas horas un caudal superior al que en su ritmo habitual fluye por el cauce del Alfambra. Algunas de estas ramblas y barrancos tienen su cabecera en las muelas terciarias, otros en las montañas de las Sierras de Gúdar-Maestrazgo. Aquellos que realizan la mayor parte de su recorrido por terreno calcáreo presentan aguas limpias en las que resulta difícil detectar a simple vista el contenido en carbonatos; sin embargo, aquellos cursos cuyo recorrido se efectúa entre las series detriticas rojas tiñen sus aguas de este tono, especialmente en los momentos de crecida en los que la carga de arcillas en suspensión es muy elevada. Entre las ramblas y barrancos tributarios del Alfambra pueden citarse la rambla de la Hoz, el barranco de Corbalán, el barranco de Celadas, el barranco de la Cordillera, la rambla de río Seco o el barranco de Conud.

Sin olvidar el resto de los factores que hemos comentado, las características climáticas de la zona y la falta de afluentes del Alfambra con caudal continuo determinan un funcionamiento hidrológico muy peculiar, con un gran protagonismo de la torrencialidad, que permite considerar a este río como un buen ejemplo de los denominados ríos-rambla del ámbito mediterráneo.

Como ya se ha dicho, el Alfambra acaba su recorrido al pie de la ciudad de Teruel, donde se junta con el río Guadalaviar, procedente de la Sierra de Albarracín, dando origen al río Turia que traslada las aguas recogidas en la cuenca del Alfambra hasta el mar Mediterráneo.

Un elemento peculiar de la cuenca del Alfambra es la presencia de la pequeña laguna de Tortajada en su sector meridional, al noreste de la ciudad de Teruel. La karstificación de las dolomías y carniolas del Muschelkalk, la presencia de yesos y arcillas impermeables del Keuper, e incluso algún rejuego tectónico pueden tener algo que ver en su origen.

En este trabajo no se pretende estudiar con detalle la red de drenaje de la cuenca del río Alfambra, sino exclusivamente describir sus principales características. La conclusión que interesa ex-



Foto 4. Valle del río Alfambra.



Foto 5. Barranco de Corbalán.

traer de este somero análisis es que la red es suficientemente densa y está debidamente jerarquizada, en la mayor parte del territorio de la cuenca, como para recoger la escorrentía superficial y una parte de la escorrentía subsuperficial generada por la infiltración y conducirla hasta el cauce del Alfambra, engrosando su caudal.

## CONCLUSIONES

Como no podía ser de otra manera, los rasgos del medio físico de la cuenca tienen una influencia muy directa en su comportamiento hidrológico y en su red de drenaje.

- El registro de unas precipitaciones escasas condiciona de manera muy directa la existencia de unos caudales bajos en el río principal, del que se tiene registro en las estaciones de aforo de Villalba Alta y de Teruel. En Villalba Alta el caudal medio para toda la serie de datos existente (1944-1945 a 2005-2006) es de  $0,92 \text{ m}^3/\text{s}$ . Por su parte, en Teruel (1911-1912 a 2005-2006) este valor se sitúa en  $1,23 \text{ m}^3/\text{s}$ , sólo unos metros antes de juntarse con un Guadalaviar algo más caudaloso. La mayor parte de esas precipitaciones son en forma de lluvia, de manera que los períodos de máxima precipitación corresponden con los períodos de aguas altas (final de invierno y primavera) y las estaciones del año con menos precipitaciones son períodos de aguas bajas (verano).

La suma de la continentalidad y de la relativa cercanía de las Serranías de Gúdar-Maestrazgo al Mediterráneo propician que, esporádicamente, sobre la cuenca del Alfambra se produzcan precipitaciones de fuerte intensidad que generan crecidas de evolución muy rápida y con máximos instantáneos que multiplican por muchas veces el caudal habitual del Alfambra. Así, en Villalba Alta se han dado registros por encima de los  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  en septiembre de 1999 ( $61,68 \text{ m}^3/\text{s}$ ), octubre de 2000 ( $52,89 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y mayo de 2003 ( $55,23 \text{ m}^3/\text{s}$ ). En Teruel se han superado los  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  de caudal máximo instantáneo en los meses de agosto de 1950 ( $138,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 1981 ( $132,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y 1996 ( $110 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

- En la cuenca del Alfambra hay sectores con pendientes suaves donde se propicia la infiltración del agua. Entre ellos la Llanura aluvial del río, el área de Alfambra-Escorihuela, el entorno de Perales del Alfambra y los Llanos de Visiedo, los Llanos de Conud, que forman parte del glacis de Gea, alrededor de El Pobo y una zona en torno a Aguilar del Alfambra.

Junto a éstos, también hay amplios sectores con pendientes de nivel medio donde parte del agua que llega al suelo se infiltra, pero otra ayudada por esas pendientes se moviliza superficialmente a través de la escorrentía superficial. Se encuentran entre estas zonas el área de la cabecera del Alfambra, la Sierra del Pobo, y un amplio sector desplegado a ambas orillas del río Alfambra entre las localidades de Alfambra y Teruel.

- La litología aflorante en la cuenca del Alfambra presenta una clara dualidad:
  - Por un lado, amplios sectores donde domina el afloramiento de series carbonatadas mesozoicas, identificadas con las Serranías de Gúdar-Maestrazgo, a las que se unen Sierra Palo-

mera y la divisoria septentrional. Esta litología impulsa el funcionamiento de la infiltración y la percolación, favoreciendo la presencia de una notoria circulación subterránea de agua, en detrimento de la alimentación del caudal de los ríos a través de la escorrentía superficial.

- Por otro lado, en todo el interior de la depresión de Alfambra-Teruel la litología aflorante es principalmente detrítica, de edad tanto terciaria como cuaternaria. Entre las series detríticas hay una importante presencia de arcillas que, por su carácter impermeable, favorecen la escorrentía superficial. No obstante, los niveles de conglomerados y gravas, cuando no han adquirido una elevada compacidad, permiten la llegada de agua al subsuelo generando un acuífero detrítico de fácil explotación para el riego de campos de cultivo. Se puede decir que en este ámbito de la cuenca del Alfambra perteneciente a la depresión de Alfambra-Teruel la escorrentía funciona de forma generalizada, en tanto que la infiltración lo hace básicamente donde las series detríticas están poco cementadas: niveles bajos de terrazas y glacis y, sobre todo, llanura aluvial o terraza subactual del Alfambra e incluso fondos de barrancos.

La presencia en algunas zonas de calizas terciarias sobre las series detríticas no modifica el comportamiento general de los procesos hidrológicos impuestos por los depósitos detríticos.

- Es muy escasa la vegetación que adquiere suficiente porte y densidad en la cuenca del Alfambra para llevar a cabo una interceptación destacable. Ni siquiera en las áreas de matorral denso este es el proceso dominante sino que, favorecida por un subsuelo con litología permeable y las raíces de las plantas, la infiltración es el proceso más activo.

En las zonas cultivadas, desprovistas de vegetación natural, la escorrentía parece llamada a jugar el papel principal. Sin embargo, la planitud de buena parte del terreno y, sobre todo, la remoción del material detrítico para efectuar cultivos resta valor a esta escorrentía a favor de la infiltración. No obstante, esa escorrentía superficial es también funcional tal como se detecta en los momentos de precipitaciones intensas en los que tanto la arroyada difusa como el flujo en los cauces presentan una elevada carga de materiales en suspensión. Se puede afirmar que infiltración y escorrentía conjugan su funcionamiento sin que se pueda evaluar por ahora el porcentaje de participación de cada uno de ellos. Sería de gran interés la instalación de parcelas experimentales para cuantificar el grado de actividad de estos dos procesos hidrológicos.

- La red fluvial de la cuenca aparece bien jerarquizada y, por tanto, potencialmente dispuesta para encauzar el agua procedente de las precipitaciones. No obstante, la escasez de esas precipitaciones y el impulso que las características litológicas, topográficas y de usos del suelo dan a la infiltración en diferentes sectores, determinan que gran parte de la red fluvial no disponga de caudal sino esporádicamente. Sólo el propio río Alfambra tiene un caudal de cierta entidad de manera continuada, salvo sectorialmente en algunos períodos estivales, aunque manteniendo una condición de río muy poco caudaloso, siendo la torrencialidad su otro rasgo diferencial. Ambas características unidas permiten considerar a este río como un buen ejemplo de río-rambla mediterráneo.

- Combinando la información obtenida de cada uno de los elementos del medio analizados y teniendo presente su distribución espacial, se pueden distinguir una serie de sectores dentro de los límites de la cuenca del Alfambra con un comportamiento hidrológico diferente o, dicho de otra forma, proclives a la actuación preferente de uno o varios procesos hidrológicos.
  - Sector de las Serranías de Gúdar-Maestrazgo, así como de Sierra Palomera y otras sierras que cierran por el norte la cuenca. Dominio de series carbonatadas mesozoicas, pendientes medias y cubierta vegetal predominantemente de matorral de diferente densidad y algunas extensiones de bosque. Zona donde se conjugan escorrentía e infiltración como procesos hidrológicos dominantes, siendo este último el que acapara la mayor parte de las precipitaciones, escasas para zonas de montaña media, lo que justifica la existencia de importantes acuíferos en el subsuelo. Es la zona donde existe mayor interceptación, aunque el volumen de agua interceptado es muy inferior al infiltrado o al que participa en la escorrentía.
  - Sector de la depresión de Alfambra-Teruel, incluyendo los amplios Llanos de Visiedo y la planicie del glacis de Perales del Alfambra. Las series detríticas tanto terciarias como cuaternarias ocupan la mayor parte de este espacio que entre Alfambra y Teruel tiene una topografía con pendientes de valores medios y abundante matorral. Por ello, de nuevo infiltración y escorrentía, como proceso dominante, se reparten el agua que llega al suelo, habiéndose interceptado una cantidad muy reducida de la aportada por unas precipitaciones escasas.

En las zonas de Perales del Alfambra, Llanos de Visiedo y Llanos de Conud-Caudé los depósitos detríticos se combinan con una topografía de pendientes muy reducidas y un uso generalizado del suelo para cultivos. El resultado es el funcionamiento de la infiltración, especialmente en episodios de precipitaciones de baja intensidad. Esta infiltración alimenta el acuífero detrítico de la Hoya de Alfambra cuyo nivel freático, en diferentes puntos, discurre a escasa profundidad. Sin embargo, con precipitaciones intensas la presencia de arcillas cierra pronto las vías de penetración del agua, al menos sectorialmente, y la escorrentía se convierte en la protagonista, conduciendo agua hasta la red de drenaje y arrastrando una gran cantidad de carga principalmente en suspensión.

- En torno a la población de El Pobo se repiten las características de planitud, afloramiento de series detríticas terciarias y cultivos de secano, reproduciéndose lo señalado para esas zonas más llanas del interior de la depresión de Alfambra-Teruel.

En definitiva, en la cuenca del río Alfambra se produce una relativamente escasa entrada de agua a través de las precipitaciones, de la que el porcentaje interceptado por la vegetación, en conjunto, es bajo. Infiltración y escorrentía se reparten el agua que llega al suelo dominando la primera en las zonas serranas calcáreas, contribuyendo a ello la vegetación. A su vez, en las zonas de la depresión de Alfambra-Teruel y en el entorno de El Pobo, el mayor protagonismo corresponde a la escorrentía, pudiendo, eso sí, dominar en distintos momentos uno u otro de estos dos procesos hidrológicos.

Todo esto se plasma en los caudales de los ríos tanto en la baja caudalosidad del propio Alfambra, como en la inexistencia de caudal habitualmente en los restantes cursos que integran la red de dre-

naje de la cuenca. Sólo ante una alta intensidad de lluvias se produce una abundante escorrentía que incrementa los caudales de los cursos fluviales, generalmente en períodos de tiempo muy cortos.

Tras este estudio de los factores del medio natural que condicionan el comportamiento de la cuenca del río Alfambra, tendría un enorme interés tanto el estudio hidrológico de la misma, aprovechando las buenas y prolongadas series de datos existentes en los dos aforos del río, como el análisis de los cambios registrados en los usos del suelo y en la dinámica de las precipitaciones durante las últimas décadas. Lo primero ayudaría a cuantificar alguna de las conclusiones que se han expresado aquí cualitativamente. Lo segundo contribuiría a precisar el papel de cada uno de estos dos factores (vegetación y precipitaciones) en el descenso de caudal que se aprecia en este sistema fluvial durante la segunda mitad del siglo XX, común al apreciado en otros ríos peninsulares.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADROVER, R. (1986), *Nuevas faunas de roedores en el Mio-Plioceno continental de la región de Teruel (España). Interés bioestratigráfico y paleoecológico*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- ADROVER, R.; GUTIÉRREZ, M. y PEÑA, J.L. (1985), «Geología y paleontología de los alrededores de Teruel», *Libro-Guía del XIX Curso de Geología Práctica*, pp. 197-222.
- ADROVER, R.; MEIN, P. y MOISSENET, E. (1978), «Nuevos datos sobre la edad de las formaciones continentales neógenas de los alrededores de Teruel», *Estudios Geológicos*, 34, pp. 205-214.
- ALCALÁ, L. (1994), *Macromamíferos neógenos de la fossa de Alfambra-Teruel*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses y Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- BURILLO, F.; GUTIÉRREZ, M. y PEÑA, J.L. (1981a), «El cerro del castillo de Alfambra (Teruel). Estudio interdisciplinar de geomorfología y arqueología», *Kalathos*, 1, pp. 7-63.
- AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2000), *Corine Land Cover 2000*, Madrid, Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica.
- CUADRAT, J.M.; SAZ, M.A. y VICENTE, S. (redactores) (2007), *Atlas climático de Aragón*, Servicio de Información y Educación Ambiental, Gobierno de Aragón.
- DEL VALLE, J.; OLLERO, A. y SÁNCHEZ FABRE, M. (2007), *Atlas de los ríos de Aragón*, Zaragoza, Prames.
- DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA y CEDEX (2008), *Anuario de Aforos 2005-2006*, 2 tomos (Confederaciones Hidrográficas) y edición digital en DVD, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- ESTERAS, M. y AGUIRRE, E. (1964), «*Paralephas tragontherii Pohlig* en una terraza media de Teruel», *Teruel*, 32, pp. 235-244.
- ESTRELA, T. (coord.) (2005), *Informe para la Comisión Europea sobre los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua*, Confederación Hidrográfica del Júcar.
- GASCÓN, B. (1986), *Estudio hidrológico de la cuenca del Alfambra*, Memoria de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.
- GAUTIER, F.; MOISSENET, E. y VIALLARD, P. (1972), «Contribution à l'étude stratigraphique et tectonique du fossé néogène de Teruel (Chaînes Ibériques, Espagne)», *Bull. Mus. d'hist. Nat.* 77, Sciences de la Terre, 16, pp. 179-208.

- GUILLÉN, M.P. (2001), *Las cuencas fluviales turolenses*, Tesis Doctoral, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, inédita.
- GUTIÉRREZ, F. (1998), *Fenómenos de subsidencia por disolución de formaciones evaporíticas en las fosas neógenas de Teruel y Calatayud (Cordillera Ibérica)*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza, inédita.
- GUTIÉRREZ, M. y PEÑA, J.L. (1976), «Glacis y terrazas en el curso medio del río Alfambra (prov. de Teruel)», *Boletín Geológico y Minero*, LXXXVII-VI, pp. 561-570.
- (1990), *Las formas del relieve de la provincia de Teruel*, Col. Cartillas Turolenses, nº extra 7, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- GUTIÉRREZ, M.; PEÑA, J.L. y SÁNCHEZ FABRE, M. (1985), «Dolinas aluviales en los materiales yesíferos de Villalba Baja (Teruel)», *Actas I Reunión do Quaternario Ibérico*, II, pp. 427-438.
- HERMOSILLA, J. (2008), *Las vegas tradicionales del Alto Turia: sistemas y paisajes de regadío*, Colección Regadíos históricos valencianos, vol. 10, Dirección General de Patrimonio Cultural Valenciano de la Generalitat Valenciana y Departamento de Geografía de la Universitat de Valencia.
- HERNÁNDEZ, A. et al. (1985), *Mapa Geológico de España*, escala 1:200.000. Hoja 47, Teruel, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España.
- IGME (1978a), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 517, Argente, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
- (1978b), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 518, Montalbán, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1978c), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 543, Villarluengo, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1978d), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 568, Alcalá de la Selva, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1983a), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 516, Montreal del Campo, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1983b), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 541, Santa Eulalia, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1983c), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 542, Alfambra, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1983d), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 566, Cella, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1983e), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 567, Teruel, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
  - (1983f), *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, Serie Magna. Hoja 590, La Puebla de Valverde, Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía.
- LOZANO, M.V. (1986), «Las acumulaciones cuaternarias del curso alto del río Alfambra (prov. Teruel)», *Teruel*, 75, pp. 5-40.
- (1988), *Estudio geomorfológico de las Sierras de Gúdar (prov. de Teruel)*, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, inédita.

- LOZANO, M.V.; PEÑA, J.L. y SÁNCHEZ FABRE, M. (1987), «La depresión de Alfambra-Teruel y la Sierra de Gúdar (Prov. de Teruel). Aspectos Físicos e Itinerario Didáctico», *II Curso de Didáctica de la Geografía Física*, pp. 143-172.
- (1996), «Secuencias acumulativas de glacis y terrazas del valle del río Turia en el sector central de la Depresión de Teruel», *Teruel*, 83-84, pp. 139-156.
- MAPA (1985), *Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Teruel, escala 1:200.000*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MASACHS, V. (1948), *El régimen de los ríos peninsulares*, Barcelona, CSIC, Instituto Lucas Mallada.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (1977), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 517, Argente*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
- (1981), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 543, Villarluengo*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1982a), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 516, Monreal del Campo*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1982b), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 518, Montalbán*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1982c), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 541, Santa Eulalia*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1982d), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 542, Alfambra*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1982e), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 566, Cella*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1982f), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 567, Teruel*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1982g), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 568, Alcalá de la Selva*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
  - (1983), *Mapa de cultivos y aprovechamientos, escala 1:50.000. Hoja 590, La Puebla de Valverde*, Madrid, Servicio de Publicaciones Agrarias.
- MOISSENET, E. (1980), «Relief et déformations récents: trois transversales dans les fossés internes des chaînes ibériques orientales», *Rev. Geogr. Pyrénées et du Sud-Ouest*, 51 (3), pp. 315-344.
- (1985), «Le Quaternaire Moyen alluvial du Fossé de Teruel (Espagne)», *Physio-Géo*, 14/15, pp. 61-78.
  - (1993), «L'âge et les déformations des terrasses alluviales du fossé de Teruel», *El Cuaternario en España y Portugal*, 1, pp. 267-279.
- MORELL, J. (1999), *Les revíngudes de la conca alta del Turia*, Memoria de licenciatura, Departamento de Geografía, Universitat de València, inédita.
- OLLERO, A.; BALLARÍN, D.; DÍAZ, E.; MORA, D. y SÁNCHEZ FABRE, M. (2006), «Calidad hidromorfológica de los ríos de Aragón», *Tecnología del Agua*, 278, pp. 36-41.
- PAILHÉ, P. (1984), *La chaîne ibérique orientale. Etude Geomorphologique*, Tesis Doctoral, Université de Pau et des Pays de l'Adour.

- PEÑA, J.L. (1983), «Las acumulaciones cuaternarias de la confluencia de los ríos Alfambra y Guadalaviar en las cercanías de Teruel», *Actas VII Coloquio de Geografía de Pamplona de 1981*, t. 2, pp. 255-259.
- PEÑA, J.L.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M.J.; LOZANO, M.V.; RODRÍGUEZ, J.; SÁNCHEZ FABRE, M.; SIMÓN, J.L.; SORIANO, M.A. y YETANO, L.M. (1984), *Geomorfología de la provincia de Teruel*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- PEÑA, J.L.; SÁNCHEZ FABRE, M. y SIMÓN, J.L. (1981), «Algunos aspectos de la neotectónica cuaternaria del margen oriental de la fosa de Alfambra-Teruel», *Teruel*, 66, pp. 31-46.
- PEÑA, J.L.; SÁNCHEZ FABRE, M.; LOZANO, M.V.; JIMÉNEZ, A. y MOYA, C. (1996), «Ensayo de correlación de las acumulaciones de ladera pleistocenas de la Cordillera Ibérica Oriental», en *Homenaje a Purificación Atrián*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- PEÑA, J.L.; CUADRAT, J.M. y SÁNCHEZ FABRE, M. (2002), *El clima de la provincia de Teruel*, Col. Cartillas Turolenses nº 20, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- PEÑA, J.L.; LONGARES, L.A. y ESPINALT, M. (2000), *Paisajes naturales de la provincia de Teruel. Guía del medio natural*, Col. Conocer Teruel, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- PEÑA, J.L.; PELLICER, F.; JULIÁN, A.; CHUECA, J.; ECHEVERRÍA, M.T.; LOZANO, M.V. y SÁNCHEZ FABRE, M. (2002), *Mapa geomorfológico de Aragón*, Serie Investigación, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- PUEBLA, P. et al. (1988), «Calidad de las aguas de la Cuenca del Turia: estudio de pesticidas», *Teruel*, 79 [I], pp. 209-219.
- SAN ROMÁN, J. (coord.) (2005), *Los ríos de Aragón*, 18 volúmenes, Zaragoza, Prensa Diaria Aragonesa.
- SÁNCHEZ FABRE, M. (1985), «El clima de la ciudad de Teruel», *Teruel*, 73, pp. 135-167.
- (1989a), *Geomorfología de la depresión de Alfambra-Teruel-Landete y sus rebordes montañosos*, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, inédita.
  - (1989b), «Formas kársticas en la zona de Villalba Baja-Cuevas Labradas (Depresión de Alfambra-Teruel-Landete)», *Cuaternario y Geomorfología*, 3, pp. 45-52.
  - (1990), «Variaciones interanuales del balance hídrico en Teruel», *Geographicalia*, 27, pp. 199-224.
  - (1991), «Consideraciones sobre la geomorfología de la depresión de Alfambra-Teruel-Landete y sus rebordes montañosos (provincias de Teruel, Valencia y Cuenca)», *Studium*, 3, pp. 47-70.
  - (1993), «Aportación al estudio hidrológico del río Alfambra (prov. de Teruel)», *Geographicalia*, 30, pp. 347-360
- SÁNCHEZ FABRE, M.; OLLERO, A. y DEL VALLE, J. (2004), «La red fluvial de Aragón», en PEÑA, J.L.; LONGARES, L.A. y SÁNCHEZ FABRE, M. (eds.), *El medio físico de Aragón: aspectos generales y temáticos*, Universidad de Zaragoza e Institución Fernando El Católico, pp. 50-70.
- SÁNCHEZ FABRE, M.; PEÑA, J.L. y MOYA, C. (1986), «Aportación al conocimiento del régimen fluvial de los ríos Alfambra y Guadalaviar o Turia a su paso por Teruel», *Teruel*, 76, pp. 27-49.
- SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M.D. (1990), *Estudio de calidad de las aguas superficiales de los ríos Alfambra y Turia en el entorno de Teruel*, Tesis Doctoral.
- (1996), «Estudio de calidad del río Turia en el entorno de Teruel», en *Homenaje a Purificación Atrián*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses, pp. 387-410.

SANTONJA, M.; MOISSENET, E.; PÉREZ, A.; VILLA, P.; SESÉ, C.; SOTO, E.; EISENMANN, V.; MORA, R. y DUPRÉ, M. (1994), «Cuesta de la Bajada: un yacimiento del Pleistoceno medio en Aragón», *Arqueología Aragonesa*, pp. 61-68.

SIMÓN, J.L. (1984). *Compresión y distensión alpinas en la cadena ibérica oriental*. Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.

Recibido el 28 de abril de 2010

Aceptado el 29 de abril de 2010

