

MIGUEL SÁNCHEZ FABRE^a
ALFREDO OLLERO OJEDA^b
DANIEL BALLARÍN FERRER^c

APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS DEL TIEMPO BASE Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS EPISODIOS DE CRECIDA DEL RÍO ALFAMBRA (CUENCA DEL TURIA)

RESUMEN

Los datos históricos aportados por los Anuarios de Aforo permiten apreciar un contraste muy acentuado entre los elevados caudales máximos instantáneos registrados en diferentes episodios de crecida del río Alfambra y los valores de caudal medio diario correspondientes a la jornada en que se alcanza ese máximo instantáneo. Ello lleva a pensar que algunas de las crecidas de este río se desarrollan en un tiempo muy breve, de escasas horas. La incorporación desde 1990 de los datos del SAIH-Júcar, con una desagregación temporal mayor a la diaria (horaria, cincominutal), permite estudiar con detalle la “duración real” de esos eventos de crecida. Además, la existencia de dos estaciones de aforo hace posible apreciar si todas las crecidas afectan siempre al conjunto de la cuenca o algunas de ellas quedan restringidas a un sector de esta. El análisis de la serie temporal de registros en ambas estaciones permite constatar ambas hipótesis: diversas crecidas solo afectan a un sector de la cuenca y con elevada frecuencia las crecidas del río Alfambra tienen una duración tan breve que el dato de caudal medio diario no plasma adecuadamente la magnitud del evento de crecida. En consecuencia, los datos del SAIH-Júcar, con

a Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales. msanchez@unizar.es. <https://orcid.org/0000-0002-9513-1075>

b Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales. aollero@unizar.es. <https://orcid.org/0000-0002-9745-5866>

c Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales. danielbf@unizar.es. <https://orcid.org/0000-0003-4022-8432>

Fecha de recepción: 03-02-2022. Fecha de aceptación: 07-04-2022.

mayor desagregación temporal, son imprescindibles para conocer de manera más fiel y real la evolución de las crecidas del río Alfambra.

PALABRAS CLAVE: análisis hidrológico; río Alfambra; crecidas; SAIH-Júcar; datos medios diarios; datos horarios.

AN APPROACH TO THE ANALYSIS OF BASE-TIME AND SPACE DISTRIBUTION OF THE ALFAMBRA RIVER FLOODS (TURIA BASIN)

ABSTRACT

Historical data provided by the Flow Yearbooks show a great contrast between the gauged flows of maximum instantaneous, recorded at different floods of the Alfambra River, and the average daily flow values, corresponding to the day on which said instantaneous maximum is reached. This suggests that some of these river floods occur in a very short time, as little as a few hours. Since 1990, SAIH-Júcar data has been provided with a higher level of disaggregation than daily (hourly, five-yearly), which allows the “real duration” of floods to be studied in greater detail. In addition, two gauging stations make it possible to analyze whether the floods always affect the entire basin or only certain areas. The analysis of the time series of records in both stations allows us to verify both hypotheses: several floods affect only one sector of the basin and, with a high frequency, the floods of the Alfambra river have such a short duration that the average daily flow data are not reached adequately to capture the magnitude of the flood event. For this reason, the data from the SAIH-Júcar, with greater temporal breakdown, are essential to know more precisely the evolution of the floods of the Alfambra River.

KEYWORDS: hydrological analysis; Alfambra river; floods; SAIH-Júcar; daily mean data; hourly data.

INTRODUCCIÓN

El análisis de las series históricas de registros de caudal, tanto en los ríos de la margen derecha de la cuenca del Ebro como en otros ríos mediterráneos que también sitúan sus cabeceras en la Cordillera Ibérica, manifiesta una discordancia entre las máximas instantáneas y los registros de caudal medio diario de la fecha en la que se miden dichas máximas instantáneas. El río Alfambra es uno de los cursos fluviales en los que se manifiesta claramente esta discordancia y, por ello, ha sido elegido como una primera muestra, de algún modo piloto, para analizar la causa de esta falta de concordancia.

La cuenca del río Alfambra forma parte de la cuenca alta del río Turia (figura 1), siendo su confluencia con el Guadalaviar, procedente de la sierra de Albarracín, la que da origen al Turia en el entorno de la ciudad de Teruel. Ocupa una superficie de 1.398 km². Pertenece a la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

El tramo alto del río Alfambra surca las sierras de Gúdar-Maestrazgo, siguiendo una dirección SE-NO, en un entorno dominado por el afloramiento de los materiales carbonatados mesozoicos sobre los que se asientan formaciones boscosas de coníferas y matorrales de clara influencia mediterránea. Relieves estructurales, superficies de erosión y modelado kárstico son las formas de relieve más características de

estas sierras. Los depósitos detríticos terciarios cubren alguna depresión como la de El Pobo, donde los cultivos de secano dominan el paisaje (Lozano, 1988). Entre las poblaciones de Galve y Villalba Alta el río toma dirección E-O y se encaja en un profundo cañón.

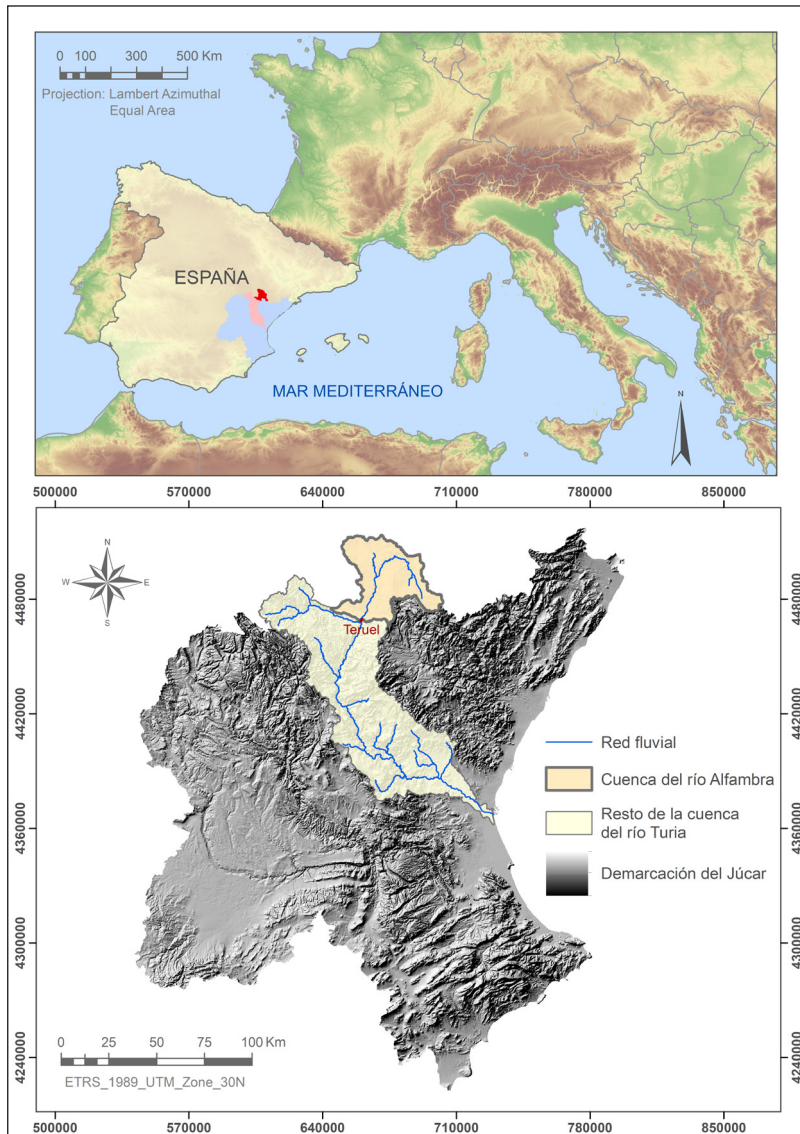


Figura 1. Mapa de situación.

Fuente: IGN y MITECO. Elaboración propia.

A la salida de este cañón el río entra en la depresión de Alfambra-Teruel, por la que discurre hasta su confluencia con el Guadalaviar. En el interior de esta depresión intramontañosa ibérica sigue un trazado NNE-SSO, tras el brusco giro realizado a partir del citado cañón fluvio-kárstico. La depresión de Alfambra-Teruel tiene carácter de semifosa (Simón, 1984; Sánchez Fabre, 1989) rehundida por su margen oriental en el contacto con la sierra del Pobo, que separa el tramo serrano del río con el ubicado en el interior de la depresión. Por su parte, las sierras de Lidón y Palomera constituyen por el oeste la divisoria entre el Alfambra y la cuenca del río Jiloca. En este sector de la cuenca los materiales carbonatados mesozoicos siguen dominando en las sierras marginales, donde las formaciones de matorral son el componente esencial de la vegetación, si bien hay que contabilizar algunos bosques de coníferas y mixtos. Ahora bien, en el interior de la depresión son los materiales terciarios los dominantes. Allí, la alternancia de series blancas carbonatadas y series rojas detríticas marcan en buena medida el paisaje, mediante la presencia de relieves estructurales horizontales que el río Alfambra ha esculpido y puesto en resalte en su proceso de erosión y encajamiento (Peña et al., 1984; Sánchez Fabre, 1989; Peña et al., 2002). Otro elemento importante del paisaje, asociado también a la presencia del Alfambra, es la secuencia de glaciares y terrazas cuaternarias que de forma escalonada tapizan diversos sectores de la depresión (Gutiérrez y Peña, 1976; Sánchez Fabre, 1989). Los cultivos de secano, entre los que se salpican matorrales de escaso porte y densidad, cubren las citadas formaciones litológicas y los relieves que las modelan. Por su parte, la llanura de inundación del Alfambra se convierte en una franja de campos regados (Antequera et al., 2008; Pérez Cueva, 2008).

Las precipitaciones que aportan agua a la cuenca son en general poco abundantes. Solo en un reducido sector de la cabecera, instalada en las sierras de Gúdar-Maestrazgo, se llegan a alcanzar los 600 mm anuales. La mayor parte de la superficie de la cuenca recibe al año entre 400 y 500 mm, mientras que en la parte más interna de la depresión de Alfambra-Teruel no se llegan a esos 400 mm de precipitación anual. Primavera y otoño son las estaciones que acaparan un mayor porcentaje de estas precipitaciones y el invierno es la época más seca. Las tormentas de verano hacen que el porcentaje de lluvia registrada en esta estación no se aleje mucho de los observados en los equinoccios. Muy superiores son los valores de evapotranspiración potencial, que sobrepasan los 900 mm anuales en toda la cuenca, e incluso llegan a estar por encima de los 1.000 mm en el interior de la depresión de Alfambra-Teruel. Como consecuencia, el balance hídrico resulta claramente negativo en toda la superficie de la cuenca del río Alfambra (Cuadrat et al., 2007).

Ante estos rasgos climáticos generales no pueden esperarse unos caudales medios elevados en el río Alfambra. Esos caudales están registrados en dos estaciones de aforo, ubicadas en Villalba Alta (8028) y en Teruel (8027). Hay que destacar que en la red hidrográfica de la cuenca del río Alfambra apenas hay cursos fluviales que dispongan de caudal continuo, más allá del propio río principal y de alguno de sus afluentes en cabecera como el río Sollavientos. Desde que entra en la depresión de Alfambra-Teruel todos sus afluentes son ramblas y barrancos con disponibilidad esporádica de caudal.

El comportamiento hidrológico general del río Alfambra ha sido objeto de diversos trabajos (Sánchez Fabre et al., 1986; Sánchez Fabre, 1993; Morell, 1999, 2001; Guillén, 2001; Del Valle et al., 2007; Sánchez Fabre y Moya, 2011; Sánchez Fabre et al., 2013). En ellos se expresa la escasa disponibilidad de

caudal del Alfambra, su considerable irregularidad interanual y la importancia que en su cuenca poseen los fenómenos extremos, tanto los estiajes como las crecidas.

Precisamente, de las crecidas se va a ocupar este trabajo, fijándose de forma fundamental en su duración y magnitud real. La disponibilidad, hasta hace algunos años, del registro diario como dato más desagregado enmascaraba la duración e importancia de alguna de esas crecidas. La entrada en escena del SAIH-Júcar en 1990, con registros hasta cincominutales, pero esencialmente horarios, permite afinar mucho más en ese aspecto de la duración e intensidad de las diferentes crecidas de este curso fluvial, cuyo comportamiento se podría definir como el de un río-rambla o considerarse en el límite entre un río de caudal continuo y los cursos fluviales temporales y efímeros mediterráneos.

OBJETIVO Y METODOLOGÍA

La comparación de los datos de caudal máximo instantáneo anual alcanzados por el río Alfambra con los registros de caudal medio diario obtenidos durante la jornada en la que se alcanza cada uno de esos máximos instantáneos muestra en numerosas ocasiones una gran discordancia. Esta podría deberse a la muy corta duración, solo unas horas, que diversas crecidas podrían tener como tiempo base. El objetivo principal de este trabajo es analizar esa discrepancia entre los datos y constatar si la hipótesis de esa breve duración de las crecidas que la muestran puede demostrarse.

Para ello se cuenta con las series históricas de datos de dos estaciones de aforo (figura 2), incluidas tanto en la red ROEA y el Sistema del Anuario de Aforos como en el SAIH-Júcar. La de Villalba Alta (ROEA: 8028, SAIH: 3A01), situada a 1060 msnm, muy poco después de la entrada del río Alfambra en la depresión de Alfambra-Teruel y que, por tanto, muestra el comportamiento del río en su travesía por las sierras de Gúdar-Maestrazgo. Y el aforo ubicado en Teruel (ROEA: 8027, SAIH: 3A03), a 885 msnm, pocos metros antes de que el río Alfambra confluya con el Guadalaviar, que permite analizar el funcionamiento conjunto de toda la cuenca. En Villalba Alta la superficie drenada son 478 km², mientras que en el aforo de Teruel se recoge agua de 1.396 km² de los 1.398 km² que totaliza la cuenca del Alfambra.

Ambas estaciones poseen series temporales largas y siguen activas actualmente. El Sistema del Anuario de Aforos recoge información de Villalba Alta desde 1944/45 a 2017/18, con 70 años de registros completos. Por su parte, la serie de Teruel en dicho anuario abarca desde 1912/13 hasta 2017/18, lo que supone 89 años con información completa y 13 incompleta. No obstante, es a partir del año hidrológico 1947/48 cuando las series de las dos estaciones de aforo adquieren mayor continuidad, por lo que hemos optado por realizar nuestro análisis utilizando la serie, común a ambas estaciones, que se extiende entre los años hidrológicos 1947/48 y 2017/18.

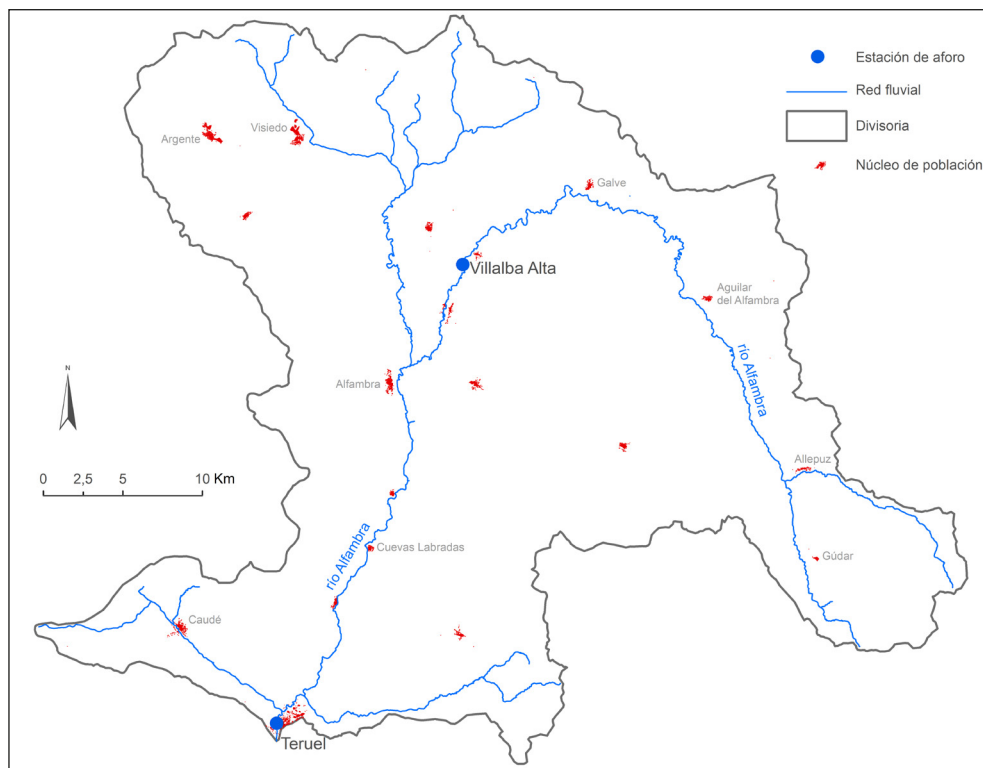


Figura 2. Ubicación de las estaciones de aforo en la cuenca del río Alfambra.

Los datos del Anuario de Aforos nos van a servir, en una primera aproximación, para caracterizar el comportamiento hidrológico general del río Alfambra y, ya en la línea de nuestro objetivo principal, delimitar eventos de crecida. En este último sentido se empieza el análisis por los datos de caudal medio diario, que permiten detectar los eventos de crecida y asignarlos a un determinado rango, en función del número de veces (3, 5, 10, 25, 50), por las que su mayor caudal multiplique el módulo anual. Estos datos también permiten determinar cuántas y cuáles de estas crecidas se constatan en las dos estaciones de aforo y, por tanto, afectan al conjunto de la cuenca, frente a aquellas que solo se detectan en uno de los aforos, lo que indica que solo llegaron a darse en una parte de la cuenca del Alfambra.

Aunque estos datos diarios sirven para determinar la presencia de crecidas, no son los más precisos a la hora de determinar su magnitud. Para ello se debe recurrir a los datos de caudal máximo instantáneo. El Anuario de Aforos nos ofrece los datos de caudal máximo instantáneo anuales y mensuales. Se ha decidido trabajar con los datos de caudal máximo instantáneo anual, ya que solo con ellos se juzga que hay suficientes casos para poder analizar la proporción o desproporción entre estos registros máximos instantáneos y los correspondientes caudales medios diarios.

Por tanto, se analizan los caudales máximos instantáneos anuales y se relacionan con los caudales medios diarios alcanzados en la fecha en la que se registró el pico de la crecida. Eso permite detectar aquellos casos en los que la proporción entre ambos datos, máximo instantáneo y caudal medio diario, está muy descompensada.

Si hasta aquí se han considerado registros aportados por el Anuario de Aforos, a partir de ahora entran en juego datos, todavía no validados y considerados oficiales, procedentes del SAIH de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Disponibles desde 1990 para la estación de aforo de Villalba Alta y solo desde 2009 para la de Teruel, con una frecuencia de registro cincominutal, permiten analizar con gran detalle la duración de diversas crecidas registradas entre 1990 y 2020. En este trabajo se prestará especial atención a aquellas donde la desproporción entre el caudal máximo instantáneo y el correspondiente caudal medio diario sea más acusada.

RESULTADOS

Ni siquiera en Villalba Alta, tras su recorrido por las sierras de Gúdar-Maestrazgo, el Alfambra es un río caudaloso. El módulo anual para el periodo de registros existente (1944/45 a 2017/18) apenas alcanza los $0,83 \text{ m}^3/\text{s}$, equivalentes a $1,73 \text{ l/s/km}^2$. Esta baja disponibilidad de caudal se mantiene a lo largo de todo el año, aunque entre febrero y junio se sobrepasen los 2 l/s/km^2 (mayo: $2,67 \text{ l/s/km}^2$). Al llegar a Teruel, aunque los valores absolutos de caudal se hayan incrementado ligeramente, situando el módulo anual en $1,16 \text{ m}^3/\text{s}$, el caudal específico aún es más bajo que en Villalba Alta: $0,83 \text{ l/s/km}^2$, solo superando 1 l/s/km^2 entre febrero y mayo (abril: $1,14 \text{ l/s/km}^2$). En definitiva, la disponibilidad habitual de caudal del río Alfambra puede calificarse de escasa en todo su recorrido.

Las variaciones estacionales de caudal presentan algunos rasgos comunes en los dos aforos, junto a otros rasgos diferenciales (figura 3). En ambos aforos el periodo de aguas altas incluye la primavera y el final del invierno. Ahora bien, en Villalba Alta el camino hasta el nivel más alto alcanzado en mayo viene marcado por diferentes oscilaciones, que o bien ralentizan el ascenso (febrero) o bien marcan un ligero descenso respecto al mes anterior (abril). En el aforo de Teruel el incremento de caudal es más regular y alcanza su máximo en marzo. El periodo de aguas bajas, tanto en Villalba Alta como en Teruel, es estival. Todo esto, conviene recordar, siempre dentro de la escasa disponibilidad de caudal que caracteriza al río Alfambra.

La elevada irregularidad interanual es otro rasgo destacado del comportamiento hidrológico del río Alfambra (figuras 4 y 5). Dentro de los cinco niveles de irregularidad establecidos por Sánchez Fabre (2018), el Alfambra quedaría en el cuarto grupo, el correspondiente a los cursos fluviales con irregularidad alta. Su coeficiente de irregularidad se podría situar entre 15 y 20 y la desviación estándar de sus series de datos de caudales medios anuales alcanza valores por encima de 0,5 en Villalba Alta y de 0,7 en Teruel.

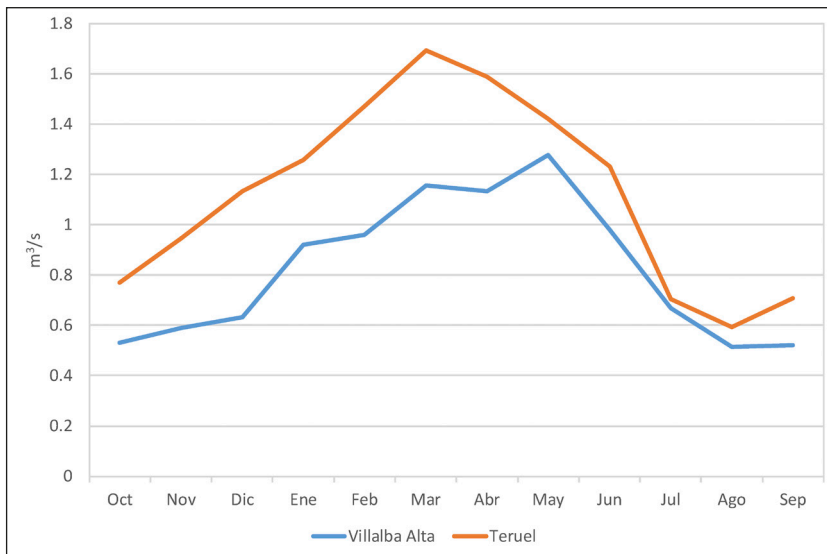


Figura 3. Variación estacional del río Alfambra.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

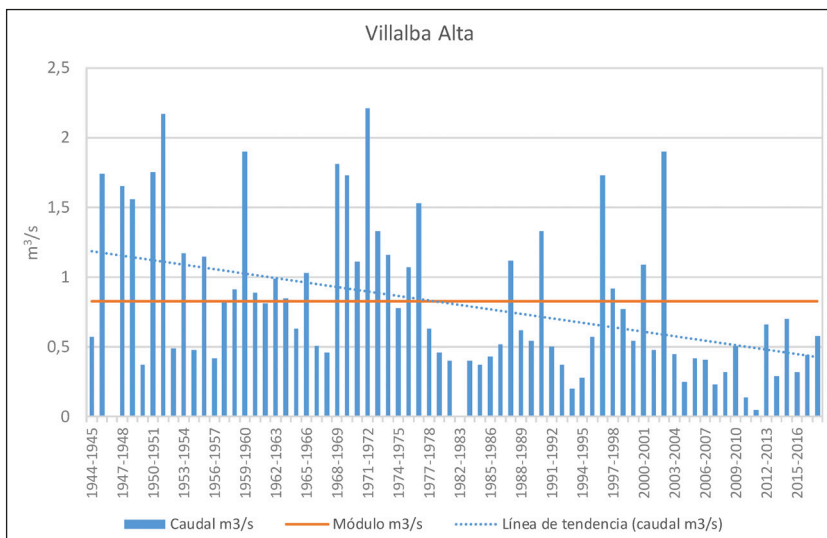


Figura 4. Irregularidad interanual del río Alfambra en Villalba Alta.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

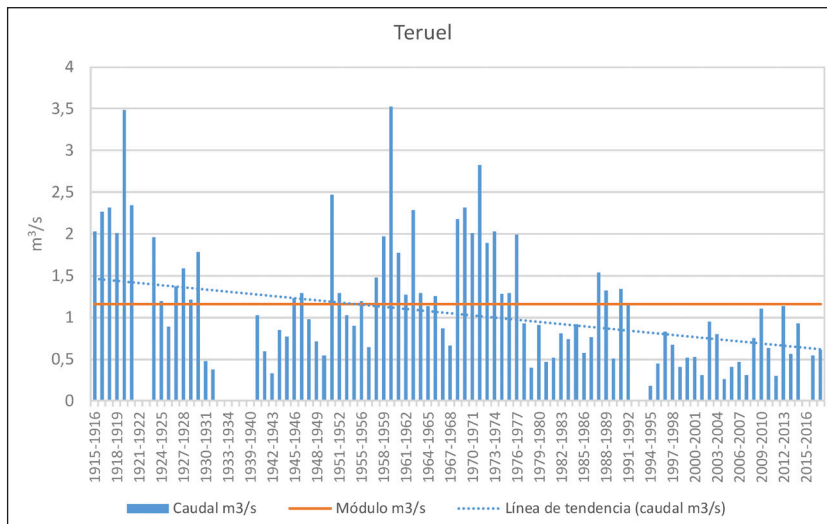


Figura 5. Irregularidad interanual del río Alfambra en Teruel.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Elaboración propia.

Las gráficas de irregularidad interanual (figuras 4 y 5) permiten apreciar, además de las variaciones de caudal medio anual en años distintos, la existencia de fases con tendencias diferentes en las aportaciones del río. Desde mediados de los años cuarenta hasta el inicio de la década de los ochenta hay una fase en la cual en la mayor parte de los años el caudal medio supera el módulo anual de la serie. Por el contrario, desde los años ochenta hasta la actualidad lo habitual son los caudales medios anuales por debajo del módulo. En el aforo de Teruel, desde el año hidrológico 1994/95, no hay ni un solo caso en que el caudal medio anual supere el módulo de la serie; además, el inicio de los registros en 1915/16 permite ver que en esos primeros años y durante la década de los veinte también era frecuente la superación del módulo.

Si bien estos rasgos definen el comportamiento hidrológico del río Alfambra, no son el objeto principal de este trabajo, que, como ya se ha señalado, se centra en el análisis de ciertos aspectos de las crecidas. Son fenómenos extremos que están muy presentes en esta cuenca, también ligados a la elevada irregularidad interanual comentada, al igual que los estiajes, que durante algunos momentos de la estación estival llegan a dejar algunos tramos del cauce del Alfambra sin flujo superficial.

Por tanto, las crecidas son un elemento cotidiano y sustancial en la dinámica hidrológica del Alfambra, como ocurre en la mayor parte de los cursos fluviales y especialmente en los del ámbito mediterráneo. A partir de los datos históricos recogidos en los aforos de Villalba Alta y Teruel se pueden analizar diversas características de estas crecidas.

En el presente trabajo, partiendo de los datos de caudal medio diario, lo primero que se ha hecho es detectar el número de eventos de crecida que se pueden constatar en cada uno de los aforos. Para ello se han utilizado los datos del Anuario de Aforos correspondientes al periodo común de toma de datos de los

dos aforos, que abarca desde el año hidrológico 1944/45 al 2017/18. Durante esos 72 años hidrológicos, en Villalba Alta se detectan hasta 146 episodios de crecida, varios de los cuales (12) alcanzan caudales medios diarios que multiplican por 25 veces el módulo anual y uno hasta por 50. En Teruel, los eventos de crecida reconocidos son 129, entre los que destacan los 19 casos que alcanzaron un caudal medio diario superior en al menos 10 veces el módulo, si bien no hay ninguno que llegue a multiplicarlo por 25, como ocurría en Villalba Alta.

Al cotejar las crecidas registradas en una y otra estación de aforo se comprueba que 78 de ellas se detectan de forma común en ambas. Son crecidas que afectan a toda la superficie de la cuenca. Las restantes 68 constatadas en Villalba Alta mostrarían crecidas que afectarían al sector alto de la cuenca del Alfambra y que se laminarían de forma natural a lo largo de la depresión Alfambra-Teruel, sin alcanzar la zona próxima a la confluencia con el Guadalaviar. Por su parte, las 51 solo marcadas en el aforo de Teruel se relacionan con aportaciones que llegan hasta el cauce principal del Alfambra desde las ramblas y barrancos que le vierten sus aguas en el interior de la citada depresión.

Como ya se indicó, estos datos diarios permiten detectar la presencia de crecidas, pero no son los mejores para valorar con precisión su magnitud. Para ello se ha recurrido a los datos de caudal máximo instantáneo.

A las series de caudales máximos instantáneos anuales existentes en el Anuario de Aforos se han añadido los datos correspondientes a los años hidrológicos 2018/19 y 2019/20, procedentes de datos del SAIH-Júcar. Con ello hay 68 registros de esos valores máximos instantáneos anuales para cada una de las dos estaciones de aforo, ya que falta el registro de algún año con observación incompleta y se han eliminado dos registros de Villalba Alta y uno de Teruel por no superar el umbral de crecida.

Estos valores de máximas instantáneas reflejan la existencia de crecidas de diferente magnitud. Se establece una clasificación por el número de veces que cada valor instantáneo multiplica el módulo, siguiendo los siguientes intervalos: valores que multiplican al menos en tres veces el módulo (x3), en cinco veces (x5), en diez (x10), en veinticinco (x25), en cincuenta (x50) y en 100 (x100). En Villalba Alta, donde el módulo anual se sitúa en 0,83 m³/s, el 97 % de los registros de las máximas instantáneas anuales considerados multiplican el módulo al menos por cinco (4,14 m³/s), más de un 75 % lo multiplican al menos por diez (8,3 m³/s), más del 50 % (54,4 %) lo llegan a multiplicar al menos por veinticinco (20,07 m³/s) y casi un 20 % al menos en 50 veces (41,4 m³/s) (figura 6, tabla 1).

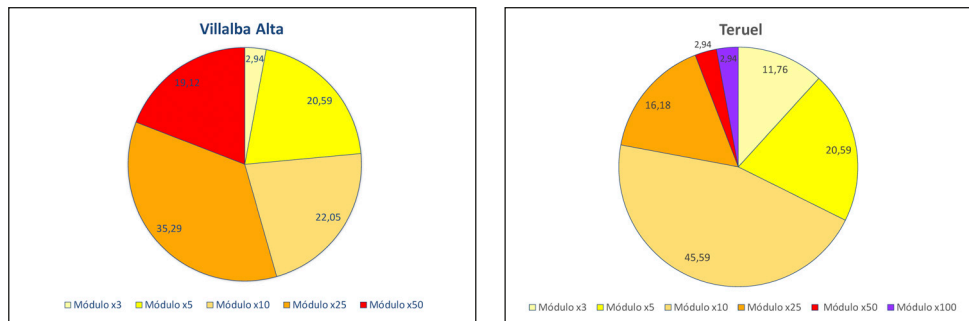


Figura 6. Porcentaje de casos en que los valores de caudal máximo instantáneo anual superan determinados umbrales de crecida.

Fuente: Anuario de Afors y SAIH-Júcar. Elaboración propia.

Tabla 1. Umbrales de crecidas de diferentes intensidades y casos de crecida de cada intervalo de intensidad.

Fuente: Anuario de Afors y SAIH-Júcar. Elaboración propia.

	Villalba Alta				Teruel			
	m ³ /s	Casos	% casos	% acumulado	m ³ /s	Casos	% casos	% acumulado
Módulo	0,83	68			1,16	68		
x3	2,48	2	2,94	100,00	3,47	8	11,76	100,00
x5	4,14	14	20,59	97,06	5,79	14	20,59	88,23
x10	8,28	15	22,05	76,47	11,58	31	45,59	67,65
x25	20,7	24	35,29	54,41	28,95	11	16,18	22,06
x50	41,4	13	19,12	19,12	57,90	2	2,94	5,88
x100	82,8	0			115,80	2	2,94	2,94

En Teruel, donde el Alfambra presenta un módulo anual de 1,6 m³/s, algo más del 88 % de los registros considerados de las máximas instantáneas anuales multiplican el módulo al menos por cinco (5,79 m³/s), más de un 67 % lo multiplican al menos por diez (11,6 m³/s), desciende hasta el 22 % el número de ocasiones en que el valor instantáneo llega a multiplicar el módulo al menos por veinticinco (28,95 m³/s), solo un 5,88 % lo multiplican al menos en 50 veces (57,9 m³/s), pero en un par de ocasiones el pico de las crecidas llega a multiplicar el módulo en más de 100 veces (116 m³/s) (figura 6, tabla 1).

Una vez analizada la intensidad de las crecidas que definen esos máximos instantáneos anuales, es el momento de llevar a cabo la comparación de estos registros máximos instantáneos con los caudales medios diarios correspondientes a la jornada en la que se alcanzó el pico de cada crecida. El primer apunte destacable de esta relación es que en la gran mayoría de las ocasiones el caudal medio diario supone menos del 50 % del valor correspondiente a la máxima instantánea: 43 de 68 en Villalba Alta (63,2 %,) y 50 de 68 en Teruel (73,5 %). A partir de ahí, como se recoge en la tabla 2, sobresalen hechos

como que el caudal medio diario sea inferior al 25 % de la máxima instantánea registrada durante la crecida en el 35 % de los episodios en Villalba Alta, y en casi la mitad en Teruel (47,06 %). Además, en Villalba Alta esa relación entre el caudal máximo instantáneo y el medio diario se sitúa por debajo del 20 % en 20 ocasiones (29,4 %), y del 10 % en 8 casos (11,7 %). Todavía son más reveladoras las cifras en Teruel, donde el registro de caudal medio diario supone menos del 20 % del máximo instantáneo en 27 eventos de crecida (39,7 %) y menos del 10 % en 14 de ellos (20,58 %). En definitiva, en una de cada 10 crecidas en Villalba Alta y en 1 de cada 5 en Teruel el caudal medio diario “desdibuja” la crecida hasta el punto de suponer menos del 10 % del valor alcanzado por su pico. De ahí la importancia de contar con los datos del SAIH-Júcar para indagar lo que en hipótesis sería la explicación lógica: una duración muy breve de esas crecidas, apenas algunas horas.

Tabla 2. Proporción entre el caudal máximo instantáneo anual y el correspondiente caudal medio anual.

Fuente: Anuario de Aforos y SAIH-Júcar. Elaboración propia.

Proporción	Villalba Alta		Teruel	
	Casos	% acumulado	Casos	% acumulado
+ 50 %	25		18	
- 50 %	43	63,23	50	73,53
- 33 %	31	45,59	42	61,76
- 25 %	24	35,29	32	47,06
-20 %	20	29,41	27	39,71
-10 %	8	11,76	14	20,59

Para ello se ha contado con los datos cincominutales del SAIH-Júcar, correspondientes a las dos estaciones de aforo del Alfambra. Concretamente, de Villalba Alta para el periodo que se extiende desde 1990 a 2020 y de Teruel entre 2009 y 2020. Eso permite establecer con gran detalle la duración de las crecidas que, durante esos años, marcan una gran desproporción entre el caudal que manifiesta el máximo instantáneo y el correspondiente al caudal medio diario de ese día.

En Villalba Alta se dispone de 23 registros de caudal máximo instantáneo para ese intervalo 1990-2020. Doce de ellos se relacionan con un caudal medio diario inferior al 20 % del valor de dicho máximo instantáneo. Por su parte, en Teruel, para ese mismo intervalo hay 28 registros de caudal máximo instantáneo anual, 18 de los cuales se relacionan con un caudal medio diario inferior al 25 % de su valor, 15 de ellos es inferior al 20 % y hasta 7 es inferior al 10 %. Se corresponden con las crecidas consignadas en la tabla 3.

Tabla 3. Episodios de crecidas con mayor desproporción entre caudal máximo instantáneo anual y caudal medio diario durante el periodo 1990-2020.

Fuente: Anuario de Aforos y SAIH-Júcar. Elaboración propia. Los números en cursiva y de tamaño menor se corresponden con el caudal punta alcanzado en una estación en el momento de producirse una de las crecidas consideradas en el otro aforo.

Villalba Alta				Teruel			
Fecha	Caudal máximo instantáneo (m³/s)	Caudal medio diario (m³/s)	% proporción	Fecha	Caudal máximo instantáneo (m³/s)	Caudal medio diario (m³/s)	% proporción
	0,53			20/08/1990	13,9	0,95	6,83
	2,33			/9/1991	31,89	2,03	6,37
09/08/1992	5,12	1,05	20,51	01/08/1992	6,15	1,34	21,79
11/05/1993	7,9	0,88	11,14		3,44		
	4,57			20/08/1995	8,00	1,34	16,75
09/06/1996	34,27	0,54	1,58		7,23		
	30,04			14/08/1996	110,00	4,19	3,81
	1,72			30/07/1997	8,57	1,20	14,00
	0,91			19/08/1998	20,65	1,84	8,91
	21,7			12/08/2001	7,11	0,65	9,14
	17,42			24/08/2002	36,22	5,47	15,10
	0,4			28/08/2004	12,72	2,91	22,88
12/06/2005	7,49	1,34	17,89		4,35		
	0,35			31/08/2005	9,99	1,03	10,31
23/06/2006	43,25	5,47	12,65		19,29		
14/09/2007	12,47	1,00	8,02		0,26		
30/06/2008	35,85	6,25	17,43		9,86		
11/09/2009	55,59	2,25	4,05		5,32		
	4,32			14/11/2009	27,54	0,40	1,45
02/07/2010	13,78	2,11	15,31		8,57		
29/04/2011	23,09	3,13	13,55		3,81		
	0,13			19/06/2012	4,57	0,27	5,91
10/09/2014	50,99	9,17	17,98		4,69		
	24,63			02/09/2015	20,81	3,42	16,43
23/09/2016	28,09	1,69	6,02		8,17		
	0,15			22/09/2017	26,33	3,02	11,47
17/07/2019	32,8	5,74	17,5				
	6,53			12/08/2018	28,25	5,97	21,13
				19/09/2019	30,74	3,67	11,93
				12/07/2020	10,35	1,86	17,97

Como puede observarse en la tabla 3, una buena parte de los episodios de crecida cuyos caudales máximos instantáneos presentan mayor desproporción con los medios diarios no coinciden en las dos estaciones ubicadas en el río Alfambra. De ello se puede deducir que este tipo de crecidas no suelen afectar al conjunto de la cuenca, sino que tienen un carácter muy localizado en uno de los sectores de esta, sin tener en diversos casos ningún reflejo en el aforo que correspondería al otro tramo de la cuenca, ya que no hay coincidencia en los picos. Ahora bien, esto no siempre es así, ya que algunas de las crecidas registradas en el aforo de Teruel, recogidas en la tabla, sin dar caudales máximos instantáneos anuales en Villalba Alta ya reflejaban allí un aumento considerable del caudal (por ejemplo, agosto de 1996, 2001 y 2002).

Conviene recordar, aunque ya se ha indicado antes, que al analizar el conjunto de las crecidas reflejadas por los datos de caudales medios diarios del Anuario de Aforos se constataron tres opciones en su reparto espacial:

- Crecidas registradas en Villalba Alta pero laminadas antes de llegar a Teruel. La causa de que solo afecten al tramo alto de la cuenca y se laminen antes del aforo de Teruel podría estar en la caída de precipitaciones intensas exclusivamente en el sector de la cuenca ubicado en las sierras de Gúdar-Maestrazgo.
- Crecidas que afectan a toda la cuenca. Ligadas tanto al incremento de caudal en el tramo alto del río Alfambra como a la suma de las aportaciones efectuadas por las ramblas y barrancos al río principal en su tramo inferior, que recorre la depresión de Alfambra-Teruel.
- Crecidas solo constatadas en los datos de Teruel. En este caso, la aportación de caudal al río Alfambra se realiza exclusiva o, al menos, esencialmente desde las ramblas y barrancos que vierten al río en la depresión.

La tabla 3 también muestra otro rasgo importante: varias crecidas, bastantes en el caso del aforo de Teruel, no serían detectadas con el valor de caudal medio diario, que queda incluso claramente por debajo del valor del módulo anual. Eso significa que, al considerable número de eventos de crecida detectados a partir de los caudales medios diarios, habría que añadir otras que solo podían detectarse a partir de los caudales máximos instantáneos y, desde 1990, también a partir de los datos horarios y cincominutales del SAIH-Júcar.

Precisamente, la cuestión que falta analizar debe apoyarse en esos datos, con un enorme desglose temporal del SAIH-Júcar. Se trata de determinar la duración de estos episodios de crecida que evidencian un caudal medio diario muy bajo y desproporcionado en relación con los valores máximos instantáneos anuales. La disponibilidad de datos del SAIH-Júcar permite analizar los casos constatados en Villalba Alta desde 1990 a 2020, y en Teruel apenas desde 2009 a 2020. Eso significa poder estudiar 11 casos en el aforo de Villalba Alta y 6 en Teruel (tabla 4).

A partir de los registros cincominutales de estos 17 eventos recientes de crecida, se pueden determinar con precisión tanto el tiempo de ascenso como el tiempo base. Destacan la rapidez de los ascensos de caudal en casi todas estas crecidas. Los tiempos base son también en general cortos, aunque con sensibles diferencias. Estas diferencias parecen guardar relación con el grado de contraste entre los datos de caudal máximo instantáneo y su correspondiente registro de caudal medio diario, puesto que aquellas crecidas

de duración más breve coinciden con las que muestran mayor desproporción entre ambas categorías de valores (Villalba Alta: 9/6/1996, 14/9/2007, 11/9/2009, 23/9/2016; Teruel: 19/6/2012) (figura 7).

Tabla 4. Tiempo de ascenso y tiempo base determinados para los eventos de crecida con datos disponibles en el SAIH-Júcar.

Fuente: SAIH-Júcar. Elaboración propia.

Villalba Alta			Teruel		
Fecha	Tiempo de ascenso (horas)	Tiempo base (horas)	Fecha	Tiempo de ascenso (horas)	Tiempo base (horas)
09/06/1996	1 h, 25'	4			
12/06/2005	2	5			
23/06/2006	3	6 h, 20'			
14/09/2007	1 h, 30'	2 h, 30'			
30/06/2008	3	8			
11/09/2009	45'	2			
02/07/2010	2 h, 15' *	8 h, 15'			
29/04/2011	2	5			
			19/06/2012	1	3 h, 30'
10/09/2014	4 h, 30'	7 **			
			02/09/2015	3 h, 10'	7
23/09/2016	1 h, 50'	4			
			22/09/2017	2 h, 15'	7
17/07/2019	2 h, 40'	6 ***			
			12/08/2018	2 h, 30'	16 h, 30'
			19/09/2019	2 h, 20'	6 h, 30'
			12/07/2020	1	5

* Segundo pico a las 6 h, 15'.

** Larga curva de agotamiento.

*** La larga curva de agotamiento se mantiene en niveles relativamente elevados otras 4 horas más.

Estos tiempos base en ningún caso, dentro de los 17 analizados, superan el día de duración. Tan solo uno supera las 10 horas, en tanto que en 7 ocasiones el tiempo base está en cinco horas o menos. Esta duración tan corta de los episodios de crecida recuerda en buena medida al comportamiento de barrancos y ramblas mediterráneas.

Evidentemente, será necesario analizar más ríos y más estaciones de aforo para afianzar algunas de las afirmaciones que parecen esbozarse en esta aproximación inicial al análisis del tiempo base de las crecidas que hace posible la información recogida en los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica. Cabe insistir en que dicha información todavía está pendiente de verificación, por lo que no tiene carácter oficial, y ha sido gentilmente puesta a nuestra disposición desde la Confederación Hidrográfica del Júcar.

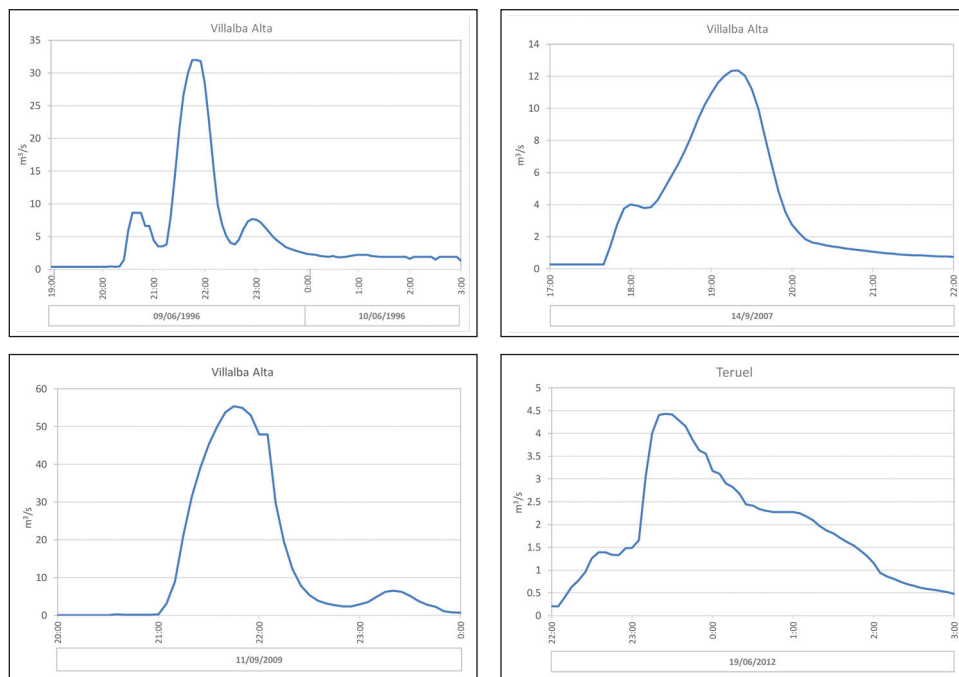


Figura 7. Hidrogramas de crecidas con breve tiempo base y con desproporción muy acusada entre el caudal máximo instantáneo y el caudal medio diario.

Fuente: SAIH-Júcar (datos no consolidados). Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las crecidas fluviales tienen una gran importancia no solo desde el punto de vista hidrológico o como agentes modeladores del territorio y el paisaje. También, debido al riesgo de inundación, que pueden conllevar asociado, adquieren relevancia desde una perspectiva social y económica. Por todo ello, no resulta extraño que sea muy amplia la literatura científica dedicada a este fenómeno que forma parte del comportamiento habitual de los cursos fluviales tanto de caudal continuo como efímeros.

Los ámbitos a los que hacen referencia esos abundantes trabajos sobre crecidas son diversos en cuanto a la amplitud de los territorios estudiados, si bien a nivel global se puede decir que este elemento característico del comportamiento de los cursos fluviales ha sido analizado en cualquier región del planeta. Son numerosos los trabajos dedicados a las crecidas e inundaciones a escala europea (Barredo, 2007; Kundzewicz et al., 2012) y mediterránea (García-Ruiz, 2011; Tarolli et al., 2012; Castejón y Romero, 2014; Llasat et al., 2014; Olcina et al., 2016; Magdaleno, 2017; Benito et al., 2020; Camarasa-Belmonte, 2021; Romero-Díaz, 2021), territorios donde quedaría englobada la cuenca del río Alfambra.

En ese mismo ambiente mediterráneo y dentro de la Península Ibérica, siguen siendo abundantes las publicaciones relativas a las crecidas, lo cual no puede sorprender dado su gran impacto ambiental y

socioeconómico (Camarasa-Belmonte y Segura-Beltran, 2001; Segura-Beltran, 2009; Pino et al., 2016; Camarasa-Belmonte, 2016; Sánchez Fabre y Ollero, 2017; Gil Guirado et al., 2021). Sanchis-Ibor et al. (2017) analizan los cambios tanto hidrológicos como geomorfológicos experimentados por el río Palancia. En el apartado hidrológico, además de señalar una progresiva disminución en la disponibilidad de caudal, aspecto al que también hacen referencia en relación con diversos ríos mediterráneos otros trabajos mencionados en este párrafo, expresan una disminución en la frecuencia de las inundaciones en el río Palancia, que explican por una combinación de causas naturales y antrópicas. Camarasa-Belmonte (2021), a partir del análisis de datos cincominutales en diferentes ramblas mediterráneas, también concluye un descenso de los recursos, pero un incremento del riesgo de inundaciones, asociado tanto a cambios ambientales como a la acción antrópica sobre el ciclo hidrológico.

Tampoco debe olvidarse el interés que siempre han despertado las crecidas en otras zonas próximas a la de este trabajo, como es la cuenca del Ebro (Ollero, 1992; García-Ruiz et al., 2001; López Moreno et al., 2010, 2011; Sánchez-Fabre et al., 2017; Serrano-Notivoli et al., 2017; Balasch, 2019; Ollero et al., 2021).

Esta amplia literatura científica sobre las crecidas se ocupa de aspectos muy diversos de este fenómeno hidrológico: su relación con las precipitaciones (Castejón y Romero-Díaz, 2014), su frecuencia y magnitudes, el peligro a menudo convertido en riesgo que suponen, las causas y los efectos de este riesgo, etc. Mucho menos frecuente es el análisis de los componentes temporales de las crecidas, más allá de los periodos de retorno. Algunos trabajos han analizado el tiempo de concentración (Amiri et al., 2019), pero está prácticamente inédito el análisis de los tiempos de ascenso y los tiempos base de las crecidas, salvo en algunos estudios dedicados a algún evento específico donde se recalca la importancia del tiempo de ascenso y el tiempo base en los efectos de las crecidas (Espejo et al., 2008; Castejón y Romero-Díaz, 2014; Serrano-Notivoli et al., 2014). Esto no es extraño dada la falta de datos, hasta hace relativamente poco tiempo, con la desagregación temporal suficiente, al menos horaria, que se necesita para analizar esos componentes temporales de las crecidas y de su representación gráfica a través de hidrogramas. Solo en algunas publicaciones recientes se han podido incluir series de hidrogramas elaborados con registros horarios (Ollero et al., 2021), quinceminutales o cincominutales (Camarasa-Belmonte, 2021), que permiten un estudio muy pormenorizado de la evolución de los episodios de crecida.

En el presente trabajo ha sido posible manejar registros de caudal del río Alfambra, pertenecientes al SAIH-Júcar, tomados con una frecuencia cincominutal. Eso ha permitido comprobar la enorme oportunidad que la disponibilidad de estos datos de los SAIH supone para estudiar tanto el tiempo de ascenso como el tiempo base de las crecidas. No debe olvidarse la importancia que estos dos componentes temporales tienen para poder responder y gestionar los efectos de los fenómenos de crecida e inundaciones.

La constatación de esta oportunidad que los datos de los SAIH ofrecen para un mejor conocimiento de las crecidas se ha realizado en este caso en el río Alfambra. Se trata de un río con poca disponibilidad de caudal y elevada irregularidad interanual, donde las crecidas son numerosas y de muy diferente magnitud. El pico de algunas multiplica el valor del módulo anual por más de 50 veces e incluso, en el aforo de Teruel, de 100.

En esas crecidas se aprecia una gran falta de concordancia entre algunos valores de caudal máximo instantáneo anual y los registros de caudal medio diario obtenidos en la fecha de esas máximas instantáneas. En un elevado porcentaje de los 68 casos analizados el caudal medio diario supone menos del 25 % del valor del pico de la crecida (en Villalba Alta, el 35,29 % de los casos; en Teruel, el 47 %). Incluso en diversas ocasiones llega a suponer menos del 10 % (Villalba Alta, 11,76 %, Teruel, 20,59 %).

Para poder explicar ese contraste entre estos dos tipos de valores (máxima instantánea anual - caudal medio diario) y, por tanto, constatar o no nuestra hipótesis de que la breve duración del tiempo base de estos episodios de crecida es su causa directa, era necesario contar con datos de mayor desagregación que la diaria. Es decir, era imprescindible disponer de los registros del SAIH-Júcar, que llegan a ofrecer una información cincominutal. Lamentablemente, la serie todavía es corta para el aforo del Alfambra en Teruel (2009-2020), pero junto a la de Villalba Alta (1990-2020) permite hacer una primera aproximación precisa a la duración del tiempo base de las crecidas.

No obstante, se han podido analizar con sumo detalle 17 eventos de crecida que han permitido confirmar dicha hipótesis. En ninguno de esos casos el tiempo base se ha acercado al día de duración. Solo en uno se han superado las 10 horas, en otros 8 las 5 horas y en 7 ocasiones el tiempo base de la crecida ha sido de 5 horas o inferior, hasta de apenas 2 horas en algún caso. Esta constatada rapidez de las crecidas del Alfambra debe ser un aspecto a considerar también en su gestión (Ollero, 2014; Olcina et al., 2016).

Por otro lado, el estudio de las máximas instantáneas anuales entre 1990 y 2020 muestra que en su mayor parte estos registros no son coincidentes en las dos estaciones de aforo del Alfambra. Esto ya se había vislumbrado al comparar todo el conjunto de máximas instantáneas anuales, pero se aprecia mejor al establecer el paralelismo entre los registros de estos últimos treinta años. Esta falta de coincidencia parece evidenciar que muchas de las crecidas del río Alfambra no afectan a toda la cuenca, sino solo a uno de sus sectores, bien al tramo alto, que discurre por las sierras de Gúdar-Maestrazgo, cuyo funcionamiento se refleja en el aforo de Villalba Alta, o bien al tramo que recorre la depresión de Alfambra-Teruel, a lo largo del cual el Alfambra no recibe ningún afluente con caudal continuo.

Además de las conclusiones que aluden al comportamiento hidrológico general del río Alfambra y al funcionamiento de sus crecidas, también se pueden extraer algunas respecto al método de análisis utilizado. La primera es constatar algo ya sabido, que queda muy evidente en este trabajo: la enorme complementariedad entre los datos del Sistema del Anuario de Aforos y los de los SAIH para analizar las crecidas. En segundo lugar, la absoluta necesidad de estos registros de los SAIH, al menos horarios, para determinar con precisión los componentes temporales de este fenómeno hidrológico (tiempo base, tiempo de ascenso, tiempo de descenso, tiempo de respuesta).

Las expuestas hasta aquí serían unas primeras conclusiones a la espera del estudio de más casos. Así, se considera conveniente que este trabajo:

- Se ampliase a toda la cuenca alta del Turia, incluyendo las estaciones de aforo tanto del Alfambra como del Guadalaviar y la del río Turia en Teruel. Es evidente que sería muy interesante poder ampliarlo a otros ríos ibéricos de la margen derecha del Ebro y, cómo

no, poder comparar sus resultados con los que se pudieran obtener en otras cuencas del ámbito mediterráneo.

- Se completase con el estudio de la duración del tiempo base no solo de las crecidas que presentan una desproporción muy acentuada entre los caudales máximos instantáneos anuales y los medios diarios, sino también de aquellas en las que el contraste entre ambos tipos de registros no sea tan marcado. Estos últimos deberían presentar tiempos base mucho más prolongados para reafirmar nuestras actuales conclusiones.
- Se extendiera al análisis de los tiempos de ascenso y descenso. Los ejemplos analizados han mostrado curvas de ascenso completadas en apenas una o dos horas.
- Incluyera el examen de la estacionalidad de las crecidas de diferentes intensidades y de la evolución de su frecuencia en las series temporales disponibles.
- Incorporase la representación gráfica de los hidrogramas de los episodios de crecida, que fuera el punto de partida de su posible tipificación tanto desde el punto de vista de su evolución temporal como de su distribución territorial.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro reconocimiento al profesor Joan Mateu por su dedicación a la geografía y su magisterio siempre dispuesto a compartir sus amplios conocimientos.

Nuestro agradecimiento a la Confederación Hidrográfica del Júcar, al SAIH-Júcar y, en particular, a D. Gregorio de Julián Pérez, por atender amable y diligentemente nuestra solicitud de datos cinemáticos de los aforos de la cuenca alta del Turia.

REFERENCIAS

- Amiri, B. J., Gao, J., Fohrer, N., & Adamowski, J. (2019). Regionalizing time of concentration using landscape structural patterns of catchments. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 67, 135-142. <https://doi.org/10.2478/johh-2018-0041>
- Antequera, M., Aparicio, J. V., Peña, M., Escovà, R., Devis, I., & González, F. (2008). Los sistemas de riego de la cuenca hidrográfica del Alfambra. En Hermosilla, J. (dir.). *Las vegas tradicionales del Alto Turia* (pp. 111-146). Universitat de València / Conselleria de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana.
- Balasch, J. C., Pino, D., Ruiz-Bellet, J. L., Tuset, J., Barriendos, M., Castelltort, X., & Peña J. C. (2019). The extreme floods in the Ebro River basin since 1600 CE. *Science of the Total Environment*, 646, 645-660. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.325>
- Barredo, J. I. (2007). Major flood disasters in Europe: 1950-2005. *Natural Hazards*, 42, 125-148. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9065-2>

- Benito, G., Sánchez-Moya, Y., Medialdea, A., Barriendos, M., Calle, M., Rico, M., Sopena, A., & Machado, M. J. (2020). Extreme floods in small mediterranean catchments: long-term response to climate variability and change. *Water*, 12, <https://doi.org/10.3390/w12041008>
- Camarasa-Belmonte, A. M. (2016). Flash floods in Mediterranean ephemeral streams in Valencia region (Spain). *Journal of Hydrology*, 541(A), 99-115. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.019>
- Camarasa-Belmonte, A. M. (2021). Flash-flooding of ephemeral streams in the context of climate change. *Cuadernos de Investigación Geográfica - Geographical Research Letters*, 47, 121-142. <https://doi.org/10.18172/cig.4838>
- Camarasa-Belmonte, A. M. & Segura-Beltran, F. (2001). Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain. *Catena*, 45(3), 229-249, [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00146-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00146-1)
- Castejón, G. & Romero-Díaz, M. A. (2014). Inundaciones en la región de Murcia en los inicios del siglo XXI. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XIX(1102), <https://doi.org/10.1344/b3w.0.2014.26085>
- Cuadrat, J. M., Saz, M. A., & Vicente, S. M. (Eds., 2007). *Atlas climático de Aragón*. Zaragoza: Servicio de Información y Educación Ambiental, Gobierno de Aragón.
- Del Valle, J., Ollero, A., & Sánchez Fabre, M. (2007). *Atlas de los ríos de Aragón*. Zaragoza: Prames.
- Espejo, F., Domenech, S., Ollero, A., & Sánchez-Fabre, M. (2008). La crecida del Ebro de 2007: procesos hidrometeorológicos y perspectivas de gestión del riesgo. *Boletín de la A.G.E.*, 48, 129-154. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/716>
- García-Ruiz, J. M., Beguería, S., López-Moreno, J. I., Lorente, A., & Seeger, M. (2001). *Los recursos hídricos superficiales del Pirineo aragonés y su evolución reciente*. Logroño: Geoforma Ediciones.
- García-Ruiz, J. M., López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Lasanta T., & Beguería, S. (2011). Mediterranean water resources in a global change scenario. *Earth Science Reviews*, 105(3-4), 121-139. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.006>
- Gil Guirado, S., Olcina, J., & Pérez Morales, A. (2021). Grandes inundaciones en la ciudad de Murcia a través de la documentación histórica: medidas de defensa y contexto socioeconómico. *Estudis d'Historia Agraria*, 33, 33-62. <https://doi.org/10.1344/eha.2021.33.33-62>
- Guillén, M. P. (2001). *Las cuencas fluviales turolenses*. Tesis doctoral (inédita). Universidad de Zaragoza.
- Gutiérrez, M. & Peña Monné, J. L. (1976). Glacis y terrazas en el curso medio del río Alfambra (prov. de Teruel). *Boletín Geológico y Minero*, 87, 561-570.
- Kundzewicz, Z. W., Pińskwar, I., & Brakenridge, G. R. (2012). Large floods in Europe, 1985-2009. *Hydrological Sciences Journal*. <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2012.745082>
- López-Moreno, J. I., Beguería, S., & García-Ruiz, J. M. (2010). Trends in high flows in the central Spanish Pyrenees: response to climatic factor or to land-use change? *Hydrological Sciences Journal*, 51(6), 1039-1050. <http://dx.doi.org/10.1623/hysj.51.6.1039>
- López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Morán-Tejeda, E., Zabalza, J., Lorenzo-Lacruz, J., & García-Ruiz, J. M. (2011). Impact of climate evolution and land use changes on water yield in the Ebro basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 311-322. <http://doi.org/10.5194/hess-15-311-2011>

- Lozano, M. V. (1988). *Estudio geomorfológico de las Sierras de Gúdar (prov. De Teruel)*. Tesis doctoral (inédita). Universidad de Zaragoza.
- Llasat, M. C., Marcos, R., Llasat-Botija, M., Gilbert, J., Turco, M., & Quintana-Seguí, P. (2014). Flash flood evolution in North-Western Mediterranean. *Atmospheric Research*, 149, 230-243. <http://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.05.024>
- Magdaleno, F. (2017). Experimental floods: A new era for Spanish and Mediterranean rivers? *Environmental Science and Policy*, 75, 10-18. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.011>
- Morell, J. (1999). *Les revingudes de la conca alta del Turia*. Memoria de licenciatura (inédita). Universitat de València.
- Morell, J. (2001). El factor de la precipitación en la formación de avenidas en la cuenca alta del Turia. *Geographicalia*, 40, 47-74.
- Olcina, J., Saurí, D., Hernández, M., & Ribas A. (2016). Flood policy in Spain: a review for the period 1983-2013. *Disaster Prevention and Management*, 25(1). <http://doi.org/10.1108/DPM-05-2015-0108>
- Ollero, A. (1992). *Los meandros libres del río Ebro (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Ollero, A. (2014). *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones. Manual para gestores*. Zaragoza: Contrato de río del Matarraña, ECODE.
- Ollero, A., García, J. H., Ibisate, A., & Sánchez-Fabre, M. (2021). Updated knowledge on floods and risk management in the middle Ebro river; The “Anthropocene” context and river resilience. *Cuadernos de Investigación Geográfica - Geographical Research Letters*, 47, 73-94. <http://doi.org/10.18172/cig.4730>
- Peña Monné, J. L., Gutiérrez, M., Ibáñez, M. J., Lozano, M. V., Rodríguez, J., Sánchez Fabre, M., & Yetano, M. (1984). *Geomorfología de la provincia de Teruel*. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses.
- Peña Monné, J. L., Pellicer, C. F., Julián, A. A., Chueca, C. J., Echeverría, M. T., Lozano, M. V., & Sánchez Fabre, M. (2002). *Mapa geomorfológico de Aragón, escala 1:200.000*. Zaragoza: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- Pérez Cueva, A. J. (2008). Medio físico y regadíos fluviales en el Alto Turia turolense. En Hermsilla, J. (dir.). *Las vegas tradicionales del Alto Turia* (pp. 93-104). Universitat de València / Conselleria de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana.
- Pino, D., Ruiz-Bellet, J. L., Balasch, J. C., Romero-León, L., Tuset, J., Barriendos, M., Mazon, J., & Castellort, X. (2016). Meteorological and hydrological analysis of major floods in NE Iberian Peninsula. *Journal of Hydrology*, 541(A), 63-89. <http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.02.008>
- Romero-Díaz, M. A. (2021). Flood in Spain's Mediterranean Region: causes and effects. *Cuadernos de Investigación Geográfica - Geographical Research Letters*, 47, 3-12. <http://doi.org/10.18172/cig.5058>
- Sánchez Fabre, M. (1989). *Estudio geomorfológico de la Depresión Alfambra-Teruel-Landete y sus rebordes montañosos*. Tesis doctoral (inédita). Universidad de Zaragoza.
- Sánchez Fabre, M. (1993). Aportación al estudio hidrológico del río Alfambra (prov. de Teruel). *Geographicalia*, 30, 347-360.
- Sánchez Fabre, M. (2018). Valoración y clasificación de la irregularidad interanual: aplicación en la cuenca del Ebro. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 38 (1), 137-160.

- Sánchez Fabre, M., Peña Monné, J. L., & Moya, C. (1986). Aportación al conocimiento del régimen fluvial de los ríos Alfambra y Guadalaviar o Turia a su paso por Teruel. *Teruel*, 76, 27- 49.
- Sánchez Fabre, M. & Moya, C. (2011). La cuenca del río Alfambra: análisis de las variables del medio físico que inciden en su comportamiento hidrológico. *Teruel*, 93(1), 7-40.
- Sánchez Fabre, M., Ollero, A., Mora, D., Del Valle, J., & Ballarín, D. (2013). *Los ríos de la provincia de Teruel*. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses.
- Sánchez Fabre, M. & Ollero, A. (2017). La crecida de junio de 1933 del río Turia en Teruel: estimación y puesta en valor. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 75, 75-100. <http://doi.org/10.21138/bage.2493>
- Sánchez Fabre, M., Ollero, A., Moreno, M. L., Losada, J. A., Sánchez Puertas, R., Serrano Notivoli, R. (2017). Évolution hydrologique et inondations récentes dans l'Èbre moyen. *Sud-Ouest Européen*, 44, 97-116. <http://doi.org/10.4000/soe.3474>
- Sanchis-Ibor, C., Segura-Beltrán, F., & Almonacid-Caballer, J. (2017). Channel forms recovery in an ephemeral river after gravel mining (Palancia River, Eastern Spain). *Catena*, 158, 357-370. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.012>
- Segura-Beltran, F. (2009). Geomorfología, inundaciones y alteración antrópica del espacio inundable: el caso del río Girona (Alacant, octubre de 2007). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 49, 83-103.
- Serrano-Notivoli, R., Mora, D., Ollero, A., Sánchez-Fabre, M., & Saz, M. A. (2014). Respuesta hidrológica al evento de precipitación de junio de 2013 en el Pirineo central. *Investigaciones Geográficas*, 62, 5-21. <http://doi.org/10.14198/INGEO2014.62.01>
- Serrano-Notivoli, R., Mora, D., Ollero, A., Sánchez-Fabre, M., Sanz, P., & Saz, M. A. (2017). Floodplain occupation and flooding in the Central Pyrennees. *Cuadernos de Investigación Geográfica - Geographical Research Letters*, 43(1), 309-328. <http://doi.org/10.18172/cig.3057>
- Simón, J. L. (1984). *Compresión y distensión alpinas en la Cadena Ibérica oriental*. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses.
- Tarolli, P., Borga, M., Morin, E., & Delrieu, G. (2012). Analysis of flash flood regimes in the North-Western and South-Eastern Mediterranean regions. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1255-1265. <http://doi.org/10.5194/nhess-12-1255-2012>

Cómo citar este artículo:

Sánchez Fabre, M., Ollero Ojeda, A., & Ballarín Ferrer, D. (2022). Aproximación al análisis del tiempo base y distribución espacial de los episodios de crecida del río Alfambra (Cuenca del Turia). *Cuadernos de Geografía*, 108-109 (2), 833-854.

<https://doi.org/10.7203/CGUV.109.23727>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.