

## Las crecidas del Ebro medio en el comienzo del siglo XXI

M. Sánchez Fabre<sup>1,2</sup>, D. Ballarín Ferrer<sup>1,2,3</sup>, D. Mora Mur<sup>2,3</sup>, A. Ollero Ojeda<sup>1,2</sup>, R. Serrano Notivoli<sup>1,2</sup>, M.A. Saz Sánchez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. C. Pedro Cerbuna 12, 50.009 Zaragoza.

<sup>2</sup> IUCA. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales, Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza.

<sup>3</sup> MASTERGEO, S.L. C. Sagitario 8, 50.012 Zaragoza.

[msanchez@unizar.es](mailto:msanchez@unizar.es), [danielfb@unizar.es](mailto:danielfb@unizar.es), [dmoramur@gmail.com](mailto:dmoramur@gmail.com), [aollero@unizar.es](mailto:aollero@unizar.es), [rs@unizar.es](mailto:rs@unizar.es), [masaz@unizar.es](mailto:masaz@unizar.es)

**RESUMEN:** Durante los últimos años el río Ebro ha experimentado importantes eventos de crecida, varios de ellos con carácter extraordinario en el Ebro Medio. Todos han provocado la inundación de un sector de la amplia llanura aluvial que el río posee en su tramo medio, abriendo un importante debate social sobre las medidas más adecuadas para paliar los efectos de estos episodios de crecida. En este trabajo se hace un repaso por los eventos de crecida acaecidos en los años transcurridos del siglo XXI, incluyendo el muy reciente de febrero-marzo de 2015. Se analizan sus causas, evolución hidrológica y principales efectos. Se parte de los datos climáticos de la Agencia Estatal de Meteorología y de la Confederación Hidrográfica del Ebro y los registros hidrológicos del Sistema Automático de Información Hidrológica de la propia Confederación. Se establece la comparación entre los diferentes eventos de crecida, tanto a nivel de su evolución hidrológica como del territorio cubierto por el desbordamiento.

**Palabras-clave:** crecidas fluviales, llanura de inundación, ordenación del territorio, cuenca del Ebro.

### 1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Los cursos fluviales tienen en las crecidas uno de los rasgos que definen su comportamiento natural. Cuando adquieren un carácter extraordinario estas crecidas conllevan desbordamientos. El agua ocupa una parte de la llanura de inundación y cubre campos, explotaciones ganaderas, zonas industriales y áreas urbanizadas, al tiempo que se disipa su energía y aporta componentes beneficiosos para los suelos. El tipo y el volumen de afecciones producidos por dichas inundaciones dependen, frecuentemente, de una excesiva exposición de bienes y personas, más que de ningún otro factor. Esa exposición se ha ido incrementando en las orillas de muchos ríos ante la sensación de falsa seguridad que la baja frecuencia de crecidas, la construcción de embalses, o la ejecución de diferentes tipos de defensas (motas, diques) han producido.

En las últimas décadas se han mejorado los sistemas de alerta temprana y, en algunos casos, se han definido planes de gestión de crecidas en numerosas cuencas de países con recursos económicos. Esto ayuda a mitigar los efectos de las crecidas pero, en ningún caso, puede eliminarlas. Por otro lado, esta hipotética eliminación sería uno de los peores síntomas ambientales que podría presentar un curso fluvial.

El seguimiento y análisis de las crecidas, sobre todo cuando estas adquieren rango de extraordinarias, se debe esencialmente a los daños socioeconómicos que provocan y a su importante papel hidrológico. Su presencia en la Península Ibérica ha sido objeto de estudio desde hace ya varias décadas, siendo muy frecuentes y de grandes proporciones en los ríos de la vertiente mediterránea. Por ello, son muchos los trabajos centrados en su estudio (Camarasa y Mateu, 2000; Chastagnaret y Gil Olcina, 2006; Tarolli et al., 2012; Terranova y Gariano, 2014). Aunque los efectos de las inundaciones están generalizados en toda la cuenca del Ebro, los eventos de crecida recientes con mayores afecciones se han centrado en los afluentes pirenaicos (García Ruiz et al. 1983 y 2001; Beguería et al., 2003; López-Moreno et al., 2006; Acín et al., 2012; Marquínez et al., 2014) y el Ebro Medio (Ollero, 1992; Ollero et al., 2004; Losada et al., 2004; Bescós y Camarasa, 2004; Espejo et al. 2008). Esto refuerza la conveniencia de aplicar la Directiva Europea 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, traspuesta a nuestro país por el Real Decreto 903/2010. En ella se señala la conveniencia de realizar en los plazos establecidos la evaluación preliminar por riesgo de inundación, los mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo de inundaciones, todo ello para concluir con la elaboración de Planes de gestión del riesgo de inundación a nivel de demarcaciones hidrográficas.

El objetivo esencial de este trabajo es analizar las crecidas del Ebro Medio durante el inicio del siglo

XXI haciendo especial hincapié en su comportamiento hidrológico y comparando las superficies de la llanura de inundación que han cubierto sus aportaciones. La secuencia de cada crecida se expresa y estudia a partir de los hidrogramas de crecida y la extensión de la inundación de diferentes eventos se aborda con cartografías útiles para determinar la bondad de los mapas de peligrosidad y frecuencia de inundaciones del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables SNCZI-IPE.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

El río Ebro dispone de una amplia cuenca (85.001 km<sup>2</sup>) y de un largo cauce (930 km), el mayor entre los ríos mediterráneos de la Península Ibérica. Dicho cauce presenta morfologías cambiantes a lo largo de su recorrido, estando definido su tramo medio por su carácter meandriforme. Los meandros aparecen encajados tanto entre Haro y Logroño como aguas abajo de La Zaida. Pero entre Logroño y la Zaida adquieren una acentuada sinuosidad convertidos en meandros libres o divagantes, morfología que caracteriza el cauce a lo largo de más de 345 km de recorrido. Este tramo del Ebro constituye uno de los ejemplos europeos más significativos de meandros libres (Ollero, 1992). El río discurre trazando grandes curvas por el interior de una amplia llanura de inundación, cuya anchura media es de 3,2 km, llegando en algunos tramos hasta un máximo de 6 km. En este tramo medio el índice de sinuosidad medio del río es de 1,505 y la pendiente media es muy baja (0,67 m/km).

El actual cauce meandriforme, los meandros temporalmente abandonados y diversos sectores de esta amplia llanura se ven cubiertos por las aguas durante los episodios de crecida, esencialmente cuando estas adquieren un carácter extraordinario. Es por ello que este estudio se centra principalmente en este tramo medio del río Ebro (Figura 1) que mantiene cierto dinamismo hidromorfológico, aunque sensiblemente inferior al que tuvo hasta los años ochenta del siglo XX.

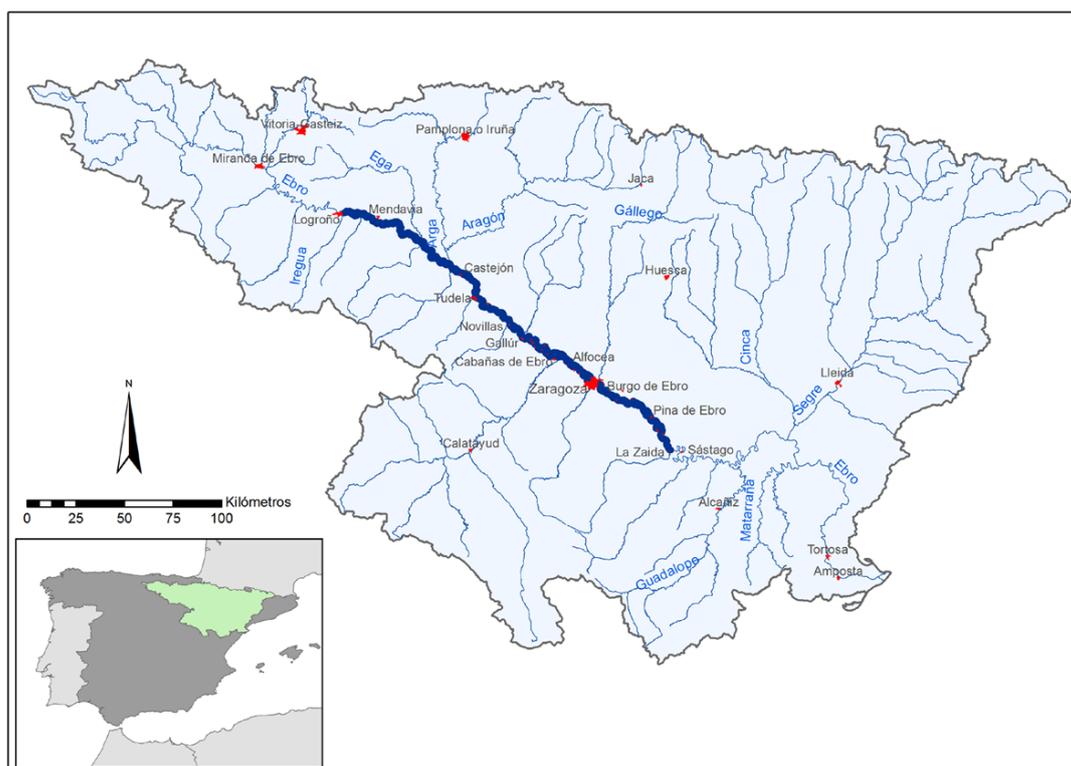


Figura 1. Mapa de situación. Fuente SIT-Ebro. Elaboración propia.

Hidrológicamente este Ebro Medio, además de por las crecidas y sus efectos, está definido por un régimen pluvio-nival, con máximo en febrero y un estiaje estival bien marcado. La influencia pluvial oceánica mantiene alto el caudal durante el invierno, una de las épocas con alta frecuencia de crecidas; por su parte, las lluvias primaverales unidas al deshielo de las cabeceras pirenaicas provocan numerosas crecidas en esta estación. Esos afluentes pirenaicos realizan las mayores aportaciones al Ebro, destacando los complejos Aragón-Arga y Segre-Cinca.

Son muy numerosas las crecidas históricas documentadas que han producido el desbordamiento de Ebro Medio: febrero de 1643, septiembre-octubre de 1787, enero de 1871, septiembre de 1874, marzo de 1878 y marzo de 1930. Durante la segunda mitad del siglo XX e inicios del XXI se han registrado crecidas extraordinarias en febrero de 1952, diciembre de 1959, enero de 1961, noviembre de 1966, febrero de 1978, diciembre de 1980, enero de 1981 y febrero de 2003 (Ollero et al. 2004). Se quedó muy cerca del umbral de crecida extraordinaria en

la de marzo-abril de 2007 (Espejo et al., 2008) y se considera extraordinaria la de febrero-marzo de 2015.

Las márgenes del Ebro sólo conservan bosques de ribera en orillas convexas, además de en islas del centro del cauce. Dichos bosques sólo cubren actualmente en torno al 4,5% de la llanura de inundación, habiéndose reducido su extensión de forma muy considerable desde mitad del siglo XX. Los sotos existentes no tienen continuidad longitudinal, sino que aparecen aislados y desconectados entre sí.

### **3. DATOS Y MÉTODOS**

El Sistema de Información del Anuario de Aforos, editado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y el Sistema Automático de Información Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro (SAIH-Ebro) aportan los datos hidrológicos necesarios para analizar el desarrollo de las diferentes crecidas. Se han utilizado los registros de las principales estaciones de aforo ubicadas en este tramo medio del Ebro: Logroño, Mendavia, Castejón y Zaragoza. En algún caso se han usado también registros correspondientes a aforos de los principales afluentes del Ebro en este sector medio.

Del Anuario de Aforos se han extraído datos de caudal máximo instantáneo anual del Ebro en Zaragoza (9011) desde mitad del siglo XX hasta 2015. Del SAIH-Ebro se han empleado datos de caudal medio diario desde el 1 de enero de 2000 hasta abril de 2015 en el aforo de Zaragoza (A011). Además, datos de caudal medio diario y horario de los episodios de crecida que han alcanzado el carácter de extraordinarios.

Del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI-IPE) se ha obtenido la información de la superficie con peligro de inundación para el periodo de retorno de 10 años en el Ebro Medio.

El Sistema de Información Territorial de la Confederación Hidrográfica del Ebro (SIT-Ebro) recoge información sobre el territorio cubierto por el desbordamiento del Ebro en las crecidas de 2003 y 2013. Dicha información está disponible en la página web de la Confederación.

Finalmente, Landsat-8 captó imágenes de la inundación producida por el desbordamiento del Ebro en febrero-marzo de 2015. La tomada el día 3 de marzo resulta especialmente clarificadora, por corresponderse con un momento posterior al pico de la crecida, cubre un amplio sector del Ebro Medio, concretamente el que se extiende entre Novillas y La Zaida. También se han consultado los mapas de la zona inundada por el evento de crecida de 2015 elaborados por el Servicio de Gestión de Emergencias “COPERNICUS” de la Comisión Europea. Recogen el incremento del área inundada entre los días 2 y 27 de marzo.

Tanto el Sistema del Anuario de Aforos como el SAIH-Ebro admiten una fácil descarga de los datos en formato EXCEL o CSV. Esto ha facilitado llevar a cabo el tratamiento de los registros y elaborar gráficas que muestran la evolución de los caudales máximos instantáneos anuales así como la distribución temporal de los caudales medios diarios que superan el umbral de crecida en Zaragoza. También, la reconstrucción de los hidrogramas de las principales crecidas para su posterior análisis.

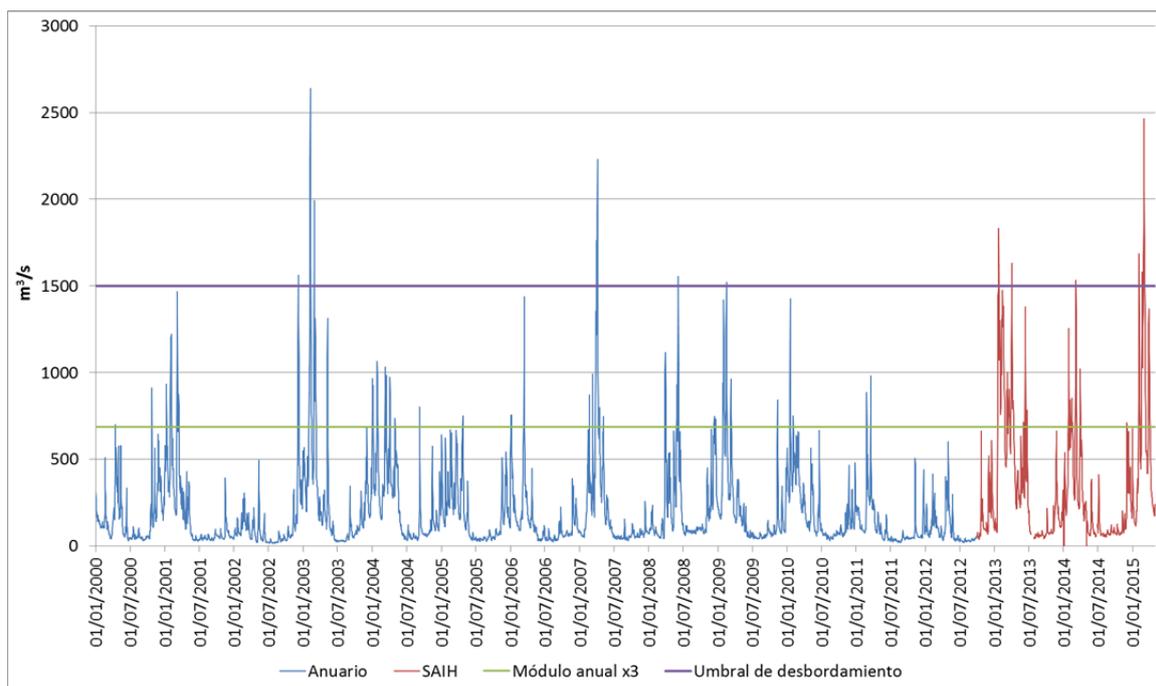
Las capas con las superficies inundadas descargadas de SIT-Ebro y las imágenes de Satélite nos permiten efectuar una comparación de los sectores de la llanura de inundación cubiertos por la lámina de agua en diferentes episodios de crecida. Por su parte, la cartografía de peligro de inundaciones del SNCZI-IPE nos deja apreciar la relación de las zonas inundadas con las previstas para frecuencias relativamente bajas.

### **4. LOS EPISODIOS DE CRECIDA EN EL COMIENZO DEL SIGLO XXI**

El tramo medio del río Ebro ha sido afectado con cierta frecuencia por crecidas e inundaciones. Los caudales máximos instantáneos desde 1945 a 2011 han alcanzado muchos años valores superiores al umbral de desbordamiento. Concretamente en Zaragoza se supera este umbral casi en dos de cada tres años, se alcanzan los 2000 m<sup>3</sup>/s uno de cada tres años y se superan los 2500 m<sup>3</sup>/s una vez cada seis o siete años. Esto, en definitiva, supone que la mayor parte de los años el río Ebro se desborda en su tramo medio, ocupando algún sector de su llanura de inundación.

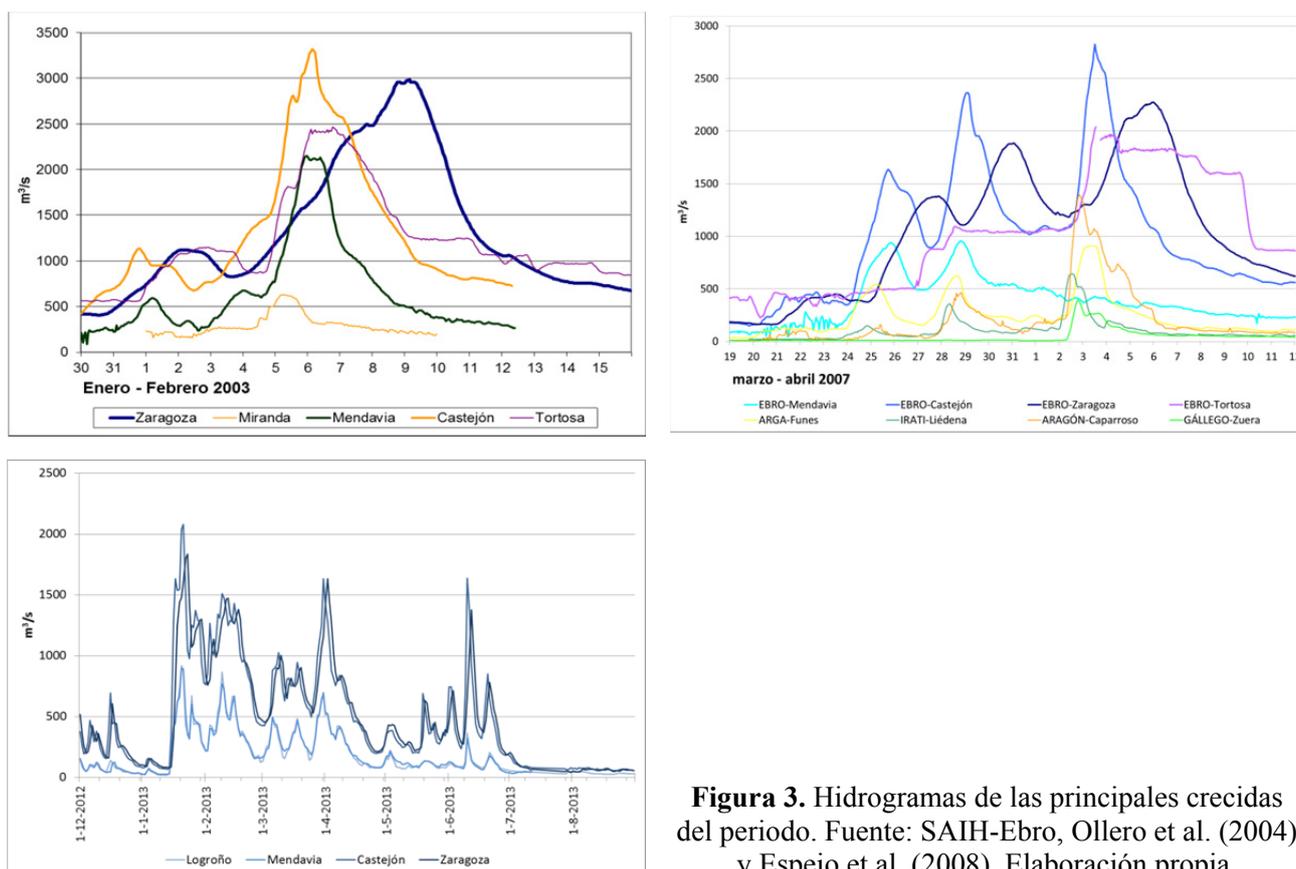
El análisis de los caudales medios diarios del Ebro en Zaragoza nos permite detectar muy claramente los eventos de crecida más importantes acaecidos entre los años 2000 y 2015 (Figura 2). Se han tomado los datos del Anuario de Aforos desde el 1 de enero de 2000 hasta finalizar el año hidrológico 2011-2012 y datos del SAIH-Ebro, pendientes de verificación, desde el comienzo del año hidrológico 2012-2013 hasta abril de 2015. En la gráfica se señala el valor que resulta de multiplicar por tres el módulo anual, ya que podría considerarse como un referente de la producción de crecidas habituales u ordinarias. También se ha indicado el umbral de desbordamiento que, en este sector próximo a Zaragoza estaría en torno a los 1.500 m<sup>3</sup>/s.

Se puede apreciar que todos los años hay una o varias crecidas ordinarias y que en la mitad de los años se alcanza, al menos una vez, un caudal que supera el nivel de desbordamiento provocando la inundación de algunos sectores de la llanura de inundación. Sobresalen, ordenados por sus registros del pico de la crecida, el episodio de febrero de 2003, precedido por otro en diciembre de 2002, el de febrero-marzo de 2015, el de marzo-abril de 2007, el de enero de 2013 que se llegó a prolongar hasta abril, y los de junio de 2008, marzo de 2014 y enero de 2009. Cerca de ese umbral que hemos señalado y por tanto, con desbordamientos muy puntuales, están las crecidas de marzo de 2001, marzo de 2006 y enero de 2010.



**Figura 2.** Distribución de los caudales medios diarios del río Ebro en Zaragoza. Fuente: Sistema de Información del Anuario de Aforos (MAGRAMA) y SAIH-Ebro. Elaboración propia.

Las precipitaciones producidas por situaciones atmosféricas dominadas por bajas presiones tanto en superficie como esencialmente en altura, a las que se asocian frentes que atraviesan sucesivamente la Península Ibérica, están detrás de estas crecidas fluviales. Estas precipitaciones unas veces son más intensas y otras más prolongadas en el tiempo, pero alcanzan un volumen importante en una parte o en la totalidad de la cuenca. Además, durante estas situaciones atmosféricas hay fases de advección cálida que impulsan la fusión de la nieve acumulada o caída en fases anteriores de la propia situación atmosférica.

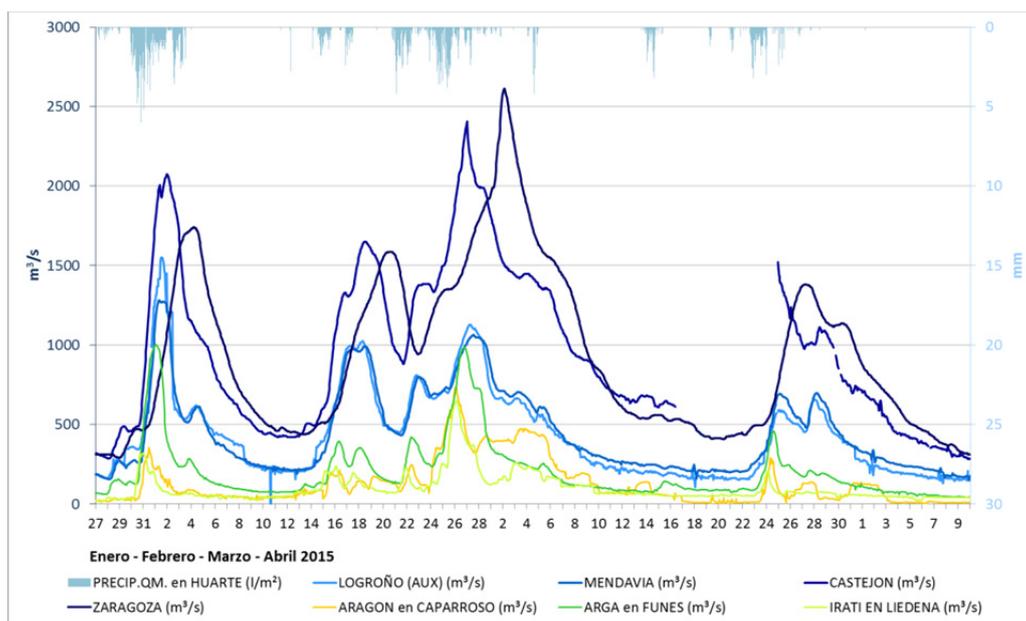


**Figura 3.** Hidrogramas de las principales crecidas del periodo. Fuente: SAIH-Ebro, Ollero et al. (2004) y Espejo et al. (2008). Elaboración propia.

Ollero et al. (2004) asocian la crecida de 2003 a la presencia en superficie de un anticiclón centrado en las Azores y núcleos de bajas presiones, bastante profundos, localizados en el norte de Italia-Centro Europa-Noruega, con frentes asociados; por su parte, en altura dominio de bajas presiones con centro en los Países Escandinavos y con una gota fría centrada al SW de la Península Ibérica. Espejo et al. (2008) analizaron la complejidad atmosférica del evento de crecida del 2007, llegando a diferenciar tres fases que dieron como respuesta tres picos de crecida. Simplificando, la presencia de diferentes depresiones rodeando la Península Ibérica hizo que múltiples frentes la atravesaran, fundamentalmente desde el Norte. Las precipitaciones, que en distintos momentos fueron en forma de nieve, se desplazaron desde la cabecera de la cuenca del Ebro hasta su desembocadura. En la segunda y la tercera de esas fases, hubo momentos con advección cálida que produjo una importante fusión nival para sumar a la escorrentía producida por las lluvias.

La reciente crecida de febrero-marzo de 2015 se relaciona con una situación de persistentes lluvias en la zona de mayor influencia Atlántica de la cuenca del Ebro debido al mantenimiento del paso de sucesivos sistemas frontales y la persistencia de vientos de NW que, cargados de humedad, acabaron generando un volumen considerable de precipitaciones. Estas se concentraron esencialmente en tres momentos: últimos días de enero y primeros de febrero (Huarte: 180 mm), mitad de febrero y desde el día 21 de febrero hasta principios de marzo (Huarte: 175,4 mm). Algunas estaciones de la Comunidades Foral de Navarra registraron el mes de febrero más lluvioso en los más de 150 años de los que se dispone de datos. Como en ocasiones anteriores, las temperaturas registradas durante algunos días permitieron la fusión de una parte del importante manto nivoso que se había acumulado durante el invierno y también durante el transcurso de este episodio atmosférico e hidrológico.

Es difícil encontrar pautas comunes en el desarrollo de las crecidas del Ebro en su tramo medio, ya que cada evento se manifiesta de forma diferente (Espejo, 2008; Viglione et al., 2010). Esto se constata en las figuras 3 y 4 que recogen los hidrogramas de los episodios de inundación más destacados de principios del siglo XXI. Los que representan las crecidas de 2003 y 2007 fueron ya analizados por Ollero et al. (2004) y Espejo et al. (2008) por lo que su referencia aquí es menos detallada.



**Figura 4.** Hidrograma de la crecida de 2015. Fuente: SAIH-Ebro. Elaboración propia.

Casi todos coinciden en la existencia de varios picos de crecida, si bien en el episodio de 2007 estos son progresivamente más elevados, en tanto que en el de 2013 el mayor caudal corresponde al primero de los picos obtenidos. El hidrograma de 2015 (Figura 4) puede interpretarse que integra varios eventos de crecida, puesto que tras el pico de comienzos de febrero el caudal se reduce a valores por debajo de los umbrales de crecida, situación que vuelve a repetirse tras el pico de principios de marzo. Se ha representado este largo periodo que integra varias crecidas por considerar que es interesante apreciar el mantenimiento de caudales elevados durante un periodo de tiempo muy prolongado. Así, el desarrollo del evento principal de crecida se podría extender desde mitad de febrero hasta, aproximadamente el 19 de marzo. En este caso si podemos afirmar que como en 2007 los picos de la crecida son progresivamente más elevados.

El hidrograma más simple es el de la crecida de 2003, a la que corresponde el mayor pico de caudal del periodo analizado. Su dinámica fue analizada por Ollero et al. 2003. En ella, aunque puede interpretarse la existencia de un pico secundario, anterior al principal, éste queda completamente eclipsado por la trayectoria que posteriormente dibuja la curva de ascenso hasta llevar al auténtico pico de la crecida.

Como rasgo común de todas las crecidas del Ebro Medio puede señalarse la rapidez con la que se desarrollan tanto las curvas de ascenso como las de descenso, si bien esto parece algo inherente al propio fenómeno de las crecidas. Eso sí, excepto en 2013, en los otros tres casos se aprecia que la curva de ascenso es algo menos brusca en el aforo de Zaragoza que en los anteriores. Este hecho se debe a la laminación natural que las crecidas experimentan entre Castejón y Zaragoza. Así, otro rasgo común es que los picos principales siempre son más elevados en Castejón que en el aforo de Zaragoza, inmediatamente aguas abajo.

También ha sido así en la crecida de 2015, aunque no se refleja en el pico principal del hidrograma, debido a problemas de medición que la Confederación Hidrográfica del Ebro ha detectado en la estación de Castejón. Concretamente al paso de una parte del caudal por un lateral de la estación, de modo que no era contabilizado. La CHE ha evaluado este caudal no contabilizado en unos 250 m<sup>3</sup>/s, marcándose un máximo todavía no oficial de 2.650 m<sup>3</sup>/s en Castejón.

A partir de aquellos hidrogramas en los que se ha representado la evolución del caudal de afluentes del Ebro, se aprecia un gran paralelismo entre las curvas de caudal del Ebro y las de alguno de sus principales afluentes pirenaicos. Estos, junto a los afluentes riojanos y vascos de la margen izquierda, son los que conducen las mayores aportaciones, también durante las crecidas, al Ebro medio. En este sentido, las grandes crecidas registradas en el Ebro medio están muy frecuentemente asociadas a las del conjunto Aragón-Arga.

El hidrograma de la crecida de 2015 confirma, a la vista del yetograma que incorpora, esa tremenda relación entre las precipitaciones y el brusco incremento de caudal. Se reconoce claramente que cada uno de los eventos de crecida integrados en la gráfica y cada uno de los picos está relacionado con una fase de precipitaciones de cierta intensidad.

## **5. CONSECUENCIAS DE LAS CRECIDAS**

Los efectos que provocan estas crecidas que desbordan el cauce y ocupan una parte de la llanura de inundación del río son múltiples y diversos.

Los que afectan al medio natural tienen un evidente sentido positivo, ya que las crecidas forman parte de la dinámica de los ríos y, por tanto, son evidencias de naturalidad. La erosión en las márgenes del cauce, la sedimentación en diversos tramos del mismo, las variaciones de localización de la línea de máxima velocidad de las aguas, en definitiva, la reactivación de procesos geomorfológicos fluviales son signos de vitalidad de los ríos. Diversos ecosistemas del corredor ribereño se benefician de estos cambios, igual que lo hace el acuífero con la recarga que entra desde la zona inundada.

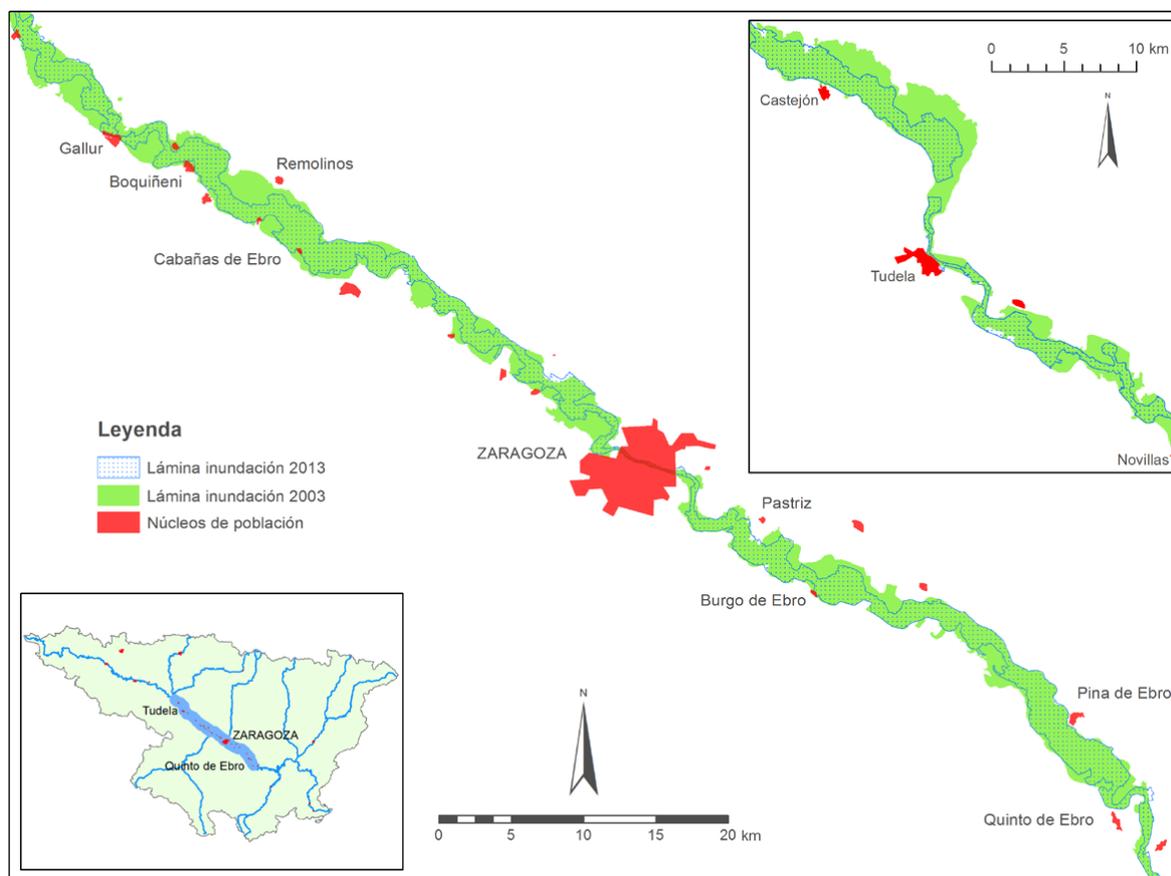
El signo negativo de las afecciones de las crecidas se ubica en el ámbito económico y social (Barredo, 2009). Las crecidas de mayor magnitud, con categoría de extraordinarias o cerca de ese umbral, ocupan sectores amplios de la llanura aluvial del Ebro medio afectando a infraestructuras, áreas urbanizadas, campos de cultivo y granjas. Entre las infraestructuras son las carreteras, los sistemas de regadío, puentes y los propios sistemas de defensa (motas, diques, etc.) las más afectadas. En las cuatro señaladas como las mayores del periodo estudiado (2003, 2007, 2013 y 2015) se ha repetido la imagen de carreteras inundadas y cortadas, puentes superados por el nivel del agua, acequias rotas y defensas destruidas, algunas de estas últimas no por el río sino como parte de una gestión que intentaba evitar la entrada de agua en diversas poblaciones. Durante la crecida de 2015 quedaron cortadas las carreteras A-126, A-127 y A-1017, así como la autopista autonómica ARA-A-1 que sufrió importantes daños.

Especialmente relevante es la incidencia que las inundaciones tienen en las zonas urbanas. Son muchas las poblaciones del tramo medio del río Ebro ubicadas a orillas del cauce principal de este río o muy próximas a él. De forma recurrente alguna de estas poblaciones se ven afectadas por las inundaciones a pesar de disponer de motas y diques de defensa. Si en la crecida del 2003 fue preciso evacuar a los vecinos de Pradilla de Ebro durante 48 horas, en 2015 más de 1000 personas han sido evacuadas de Pradilla, Monzalbarba, Alfocea, Movera, Alfajarín y, sobre todo, Boquiñeni. También en la ciudad de Zaragoza el agua ha penetrado en garajes, zonas deportivas y áreas de recreo. Sin duda, la protección de zonas urbanas debe ser una de las prioridades en la gestión de las crecidas. Esta protección implica el refuerzo de las defensas en las poblaciones existentes y la imposibilidad de construir nuevas urbanizaciones en áreas con peligro de inundación.

También son muchas las hectáreas de cultivo anegadas por estas crecidas del Ebro Medio. En 2003 se estimó que 25.000 hectáreas habían sido inundadas y en 2015 en torno a 19.000 ha. En este último caso llama la atención el tiempo prolongado en el que la lámina de agua ha permanecido en algunos campos de cultivo, como consecuencia de la prolongación del periodo de lluvias y aguas altas durante varios meses, pero también en buena medida porque las motas no han permitido el retorno de las aguas desbordadas al cauce principal. En todo caso, en estas dos crecidas hay que considerar que algunas de las fincas agrícolas inundadas no lo han sido por el flujo superficial del Ebro sino por el ascenso del nivel freático.

La extensión del territorio inundado ha sido uno de los grandes debates abiertos a raíz de la reciente crecida de 2015. Si todas las crecidas extraordinarias tienen un fuerte impacto social, esta última lo ha tenido también desde el punto de vista de los medios de comunicación, desde donde se han recabado opiniones tanto de los afectados como de diversos colectivos de agricultores y ganaderos, gestores de la administración,

técnicos y científicos. Esencialmente por parte de diversos colectivos de afectados se ha extendido la idea de que la superficie inundada por esta última crecida superaba la correspondiente a la crecida de 2003, incluso alcanzando ésta mayor caudal pico. La existencia de cartografía de las áreas cubiertas por las inundaciones de 2003 y 2013, elaborada por la CHE a partir de vuelos e imágenes satélite, así como de imágenes del Satélite Landsat 8 de la crecida de 2015 ayudan a aclarar la situación. En estas cartografías e imágenes se observa que existe una proporcionalidad entre el volumen de los caudales y la superficie inundada, confirmándose lo que las cifras ya mostraban.

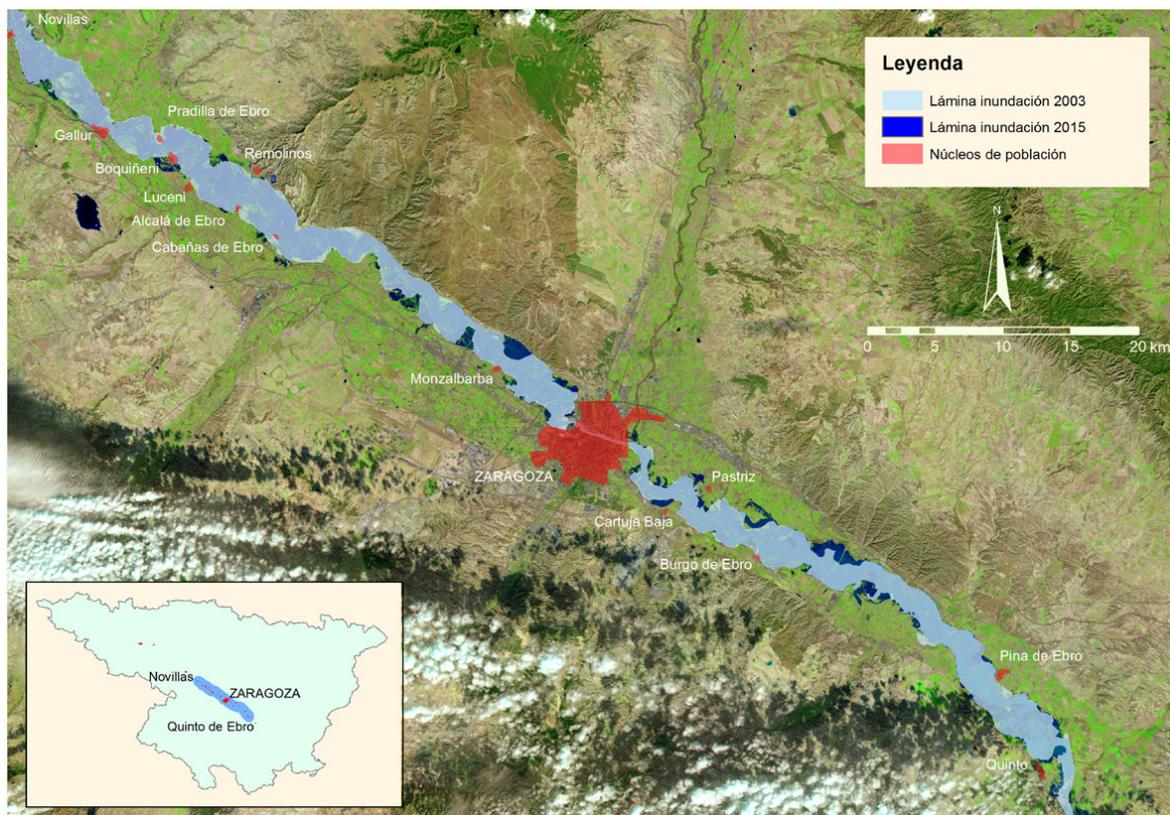


**Figura 5.** Láminas de inundación de las crecidas de 2003 y de 2013. Fuente: CHE. Elaboración propia.

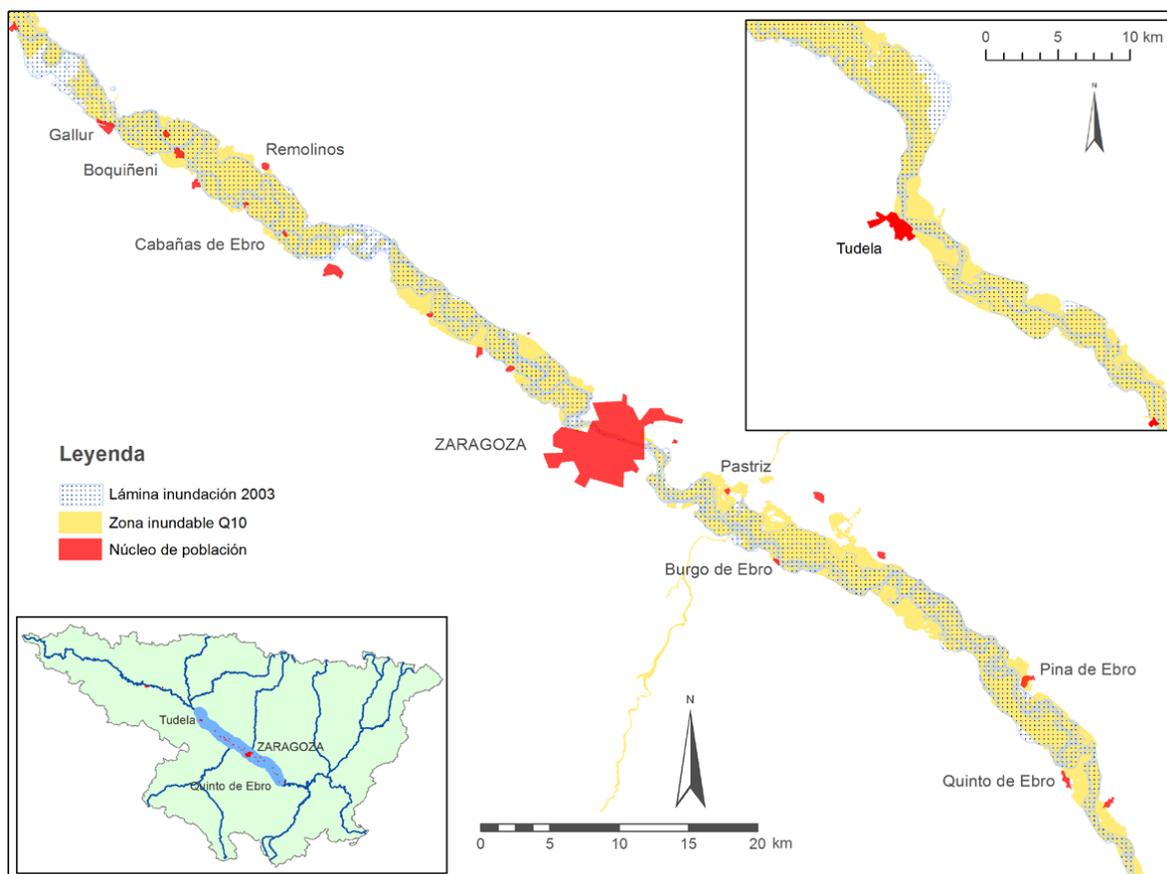
Las crecidas de 2003 y 2015 son las que han inundado una mayor extensión de la llanura del Ebro medio, sensiblemente por encima de la cubierta en 2013 (Fig. 5). La crecida de 2015 ha inundado algún punto que no se había anegado en 2003, concretamente en Boquiñeni, al sur de Torres de Berrellén, cerca de Utebo, Alfocea, Cartuja Baja y Villafranca de Ebro, en este último caso posiblemente debido a la acción de barrera de la autopista aragonesa. Sin embargo, son más amplios los sectores que sí fueron ocupados por las aguas en 2003 y no lo han sido en 2015: norte de Gallur, proximidades de Pradilla, sur de Alcalá de Ebro, norte de Torres de Berrellén, oeste de La Alfranca, sur de Pina de Ebro, zona de Gelsa, etc. (Fig. 6). De ahí que la superficie total inundada fuera claramente superior en el 2003 que lo ha sido en 2015.

Además, la cartografía elaborada para cumplir la Directiva Europea 2007/60/CE, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, recopilada en el SNCZI-IPE, permite comprobar que ninguna de estas crecidas ha rebasado los límites señalados en ella como susceptibles de inundación en un periodo de retorno de 10 años. Sólo hay dos puntos en los que se hayan superado estos límites de forma excepcional y tanto por las crecidas del 2003 como por la de 2015 (aguas arriba de Gallur y aguas arriba de la confluencia del río Jalón) (Fig. 7).

La amplitud de los daños económicos de las grandes crecidas en el Ebro medio tiene mucho que ver con el incremento de la vulnerabilidad y de la exposición. Cada vez es mayor el número de urbanizaciones, caminos y carreteras, granjas, conducciones de agua y eléctricas, bienes de diverso tipo ubicados en la zona de afección de las crecidas. Estas instalaciones se realizan fundamentalmente cuando transcurren varios años sin que el río manifieste su capacidad de inundación que, inherente a su funcionamiento, siempre estará presente. En Serrano-Notivoli et al. (2014) se muestran algunos ejemplos, en otros sectores de la cuenca del Ebro, donde se evidencia que el aumento de los daños económicos por riadas está asociado a ese incremento de la exposición al riesgo.



**Figura 6.** Láminas de inundación de las crecidas de 2003 y 2015. Fuente: CHE y Landsat 8 (USGS-NASA). Elaboración propia.



**Figura 7.** Relación entre la zona con peligro de inundación con retorno de 10 años (SNCZI) y la lámina de inundación de las crecidas de 2003 (CHE). Fuente: CHE y SNCZI-IPE. Elaboración propia.

Tras la crecida extraordinaria del 2003, el amplio debate social impulsó la necesidad de elaborar un Plan Medioambiental del Ebro que combinase objetivos de protección y reducción de riesgos con los de conservación del sistema fluvial. El evento de 2007 refrescó la conveniencia de ese Plan medioambiental en el que, tras amplio debate, se proponían medidas como la creación de espacios de alivio para las crecidas o de retirada de algunas motas para dar mayor espacio al río. Sin embargo, tras la crecida de 2015 parece haberse olvidado el avance que este Plan suponía y se ha pretendido incluso derogar normas que impiden la realización de determinadas intervenciones en espacios naturales protegidos. Sin duda, la causa principal es la presión llevada a cabo por grupos de afectados, sobre todo agricultores y ganaderos, para que se efectúe el dragado del cauce. Dragado que técnicos y científicos rechazan por el enorme impacto ambiental que supone, por su ineficacia ante la dinámica erosivo-sedimentaria del río Ebro y por el elevado coste económico que conllevaría. Estos continúan ratificándose en la propuesta, emitida hace tiempo, de que la única forma eficaz de mitigar los efectos de las crecidas es dando espacio al río, incluso retranqueando algunas de las motas existentes y que no defienden a las poblaciones, y planteando una ordenación de la llanura de inundación en la que se establezcan orlas en las orillas del río donde sólo se puedan realizar usos muy concretos, sobre los que las crecidas no puedan imprimir grandes daños. También, puesto que ha evidenciado su utilidad en las crecidas de las últimas décadas, potenciar el SAIH-Ebro como el recurso técnico más útil del que se dispone para prevenir crecidas y minimizar sus daños.

Otro documento que debe ser referente para la gestión de las crecidas es el Proyecto de Plan de Gestión del Riesgo de Inundación, hecho público por la Demarcación Hidrográfica del Ebro en 2014.

## **6. CONCLUSIONES**

Puesto que las crecidas son un rasgo destacado del comportamiento hidrológico de los ríos, no es extraño que el río Ebro las experimente con cierta frecuencia y con diferentes magnitudes, produciendo en bastantes casos el desbordamiento del río en su tramo medio y provocando en esas ocasiones afecciones de diferente índole y consideración.

- En los 15 años transcurridos del siglo XXI, el caudal del río Ebro ha superado en diferentes ocasiones el umbral de inundación en su tramo medio: diciembre 2002, febrero-marzo 2003, marzo-abril de 2007, junio 2008, enero 2009, enero y abril 2013, marzo 2014 y febrero-marzo 2015.
- Con todo no es el periodo en el que se han alcanzado los mayores caudales punta, puesto que desde 1945/46 a 1983/84 casi todos los años hubo en Zaragoza registros por encima del umbral de desbordamiento. Incluso entre los años 1957/58 y 1967/68, así como entre 1973/74 y 1980/81 casi todos los años se dieron registros por encima de los 2000 m<sup>3</sup>/s.
- Estos eventos de crecidas e inundaciones están asociados con fases en las que se acumulan volúmenes importantes de precipitaciones, bien a partir de intensidades elevadas o bien por prolongarse durante bastantes semanas. Además, la subida de la temperatura durante algún momento del episodio de crecida desencadena fusión nival que colabora al incremento de los caudales.
- El desarrollo de estas crecidas no presenta un patrón único, ya que cada una tiene alguna peculiaridad. Ahora bien, sus hidrogramas permiten apreciar que frecuentemente son eventos complejos, con varios picos de crecida y en los que las curvas de ascenso se completan de manera rápida.
- Los efectos de las crecidas e inundaciones son múltiples y de distinto carácter. Desde el punto de vista hidro-geomorfológico estos episodios tienen un sentido positivo al reactivar y renovar el sistema fluvial. Son signo de una buena dinámica natural.
- El signo negativo está en las afecciones económicas y sociales. Allí provocan grandes pérdidas en infraestructuras, zonas urbanizadas, agricultura y ganadería. Estos daños económicos se han incrementado en las últimas riadas pero no como consecuencia de una mayor extensión de la inundación, sino por una mayor exposición, a veces no exenta de imprudencia y osadía.
- La extensión de la superficie inundada es, durante los episodios del comienzo del siglo XXI, proporcional a los picos de crecida y al volumen total de agua circulante en la avenida. Así, se puede constatar gracias a las cartografías efectuadas por la CHE y a imágenes Landsat 8.
- Además, la cartografía de las zonas con peligro de inundaciones del SNCZI-IPE refrendan que salvo en unos pocos lugares y con carácter puntual, el desbordamiento de estas crecidas no ha superado los límites definidos para crecidas con periodo de retorno de 10 años.
- Las crecidas en el Ebro medio se van a seguir produciendo en el futuro. Por ello, hay que diseñar Planes de Gestión, como el borrador definido por la CHE. En estos planes hay que conjugar la minimización de los daños con la conservación de la calidad ambiental de los ríos.
- Hay que desechar medidas costosas, tanto desde el punto de vista medioambiental como económico, e ineficaces: dragados, defensas estructurales... Se debe apostar por dar mayor espacio al río y efectuar la ordenación de la llanura de inundación. Algunas medidas estructurales podrían llegar a entenderse únicamente para la defensa de poblaciones.

- Sería deseable ejecutar las acciones que contempla el Plan Medioambiental del Ebro y seguir confiando plenamente en el SAIH-Ebro como herramienta de prevención.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Acín, V., Ballarín, D., Brufao, P., Domenech, S., Espejo, F., González-Hidalgo, J.C., Granado, D., Ibisate, A., Marcén, C., Mora, D., Nadal, E., Ollero, A., Sánchez-Fabre, M., Saz, M.A., Serrano-Notivoli, R. (2012): "Sobre las precipitaciones de octubre de 2012 en el Pirineo aragonés, su respuesta hidrológica y la gestión de riesgos", en *Geographicalia*, 61, 101-108.
- Barredo, J.I. (2009): "Normalised flood losses in Europe: 1970-2006". *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 9, 97-104.
- Beguiría, S., López-Moreno, J.I., Lorente, A., Seeger, M. y García-Ruiz, J.M. (2003): "Assessing the effect of climate oscillations and land-use changes on streamflow in the Central Spanish Pyrenees". *Ambio*, 32 (4), 283-286.
- Bescós, A. y Camarasa, A. M. (2004): "La creciente ocupación antrópica del espacio inundable y el aumento de la vulnerabilidad en las poblaciones del bajo Arga (Navarra)". *Boletín de la A. G. E.*, 37, 101-117.
- Camarasa, A. y Mateu, J. (Coords.) (2000): "Las inundaciones en España en los últimos 20 años. Una perspectiva geográfica". *Serie Geográfica*, 9. Universidad de Alcalá de Henares.
- Chastagnaret, G. y Gil Olcina, A. (2006): "Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo occidental". Casa de Velázquez y Universidad de Alicante.
- Espejo, F. (2008): "Hacia una tipología de inundaciones en la Cuenca del Ebro en función de sus causas atmosféricas". *Geographicalia*, 53, 73-100.
- Espejo, F., Domenech, S., Ollero, A. y 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.
- García-Ruiz, J.M., Puigdefábregas, J. y Martín-Ranz, M.C. (1983): "Diferencias espaciales en la respuesta hidrológica a las precipitaciones torrenciales de noviembre de 1982 en el Pirineo Central". *Estudios Geográficos*, 170-171, 291-316.
- García-Ruiz, J.M., Beguiría, S., López-Moreno, J.I., Lorente, A. y Seeger, M. (2001): "Los recursos hídricos superficiales del Pirineo aragonés y su evolución reciente. Logroño, Geoforma Ediciones.
- López-Moreno, J.I., Beguiría, S. y García-Ruiz, J.M. (2006): "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.
- Losada, J.A., Montesinos, S., Omedas, M., García Vera, M.A. y Galván, R. (2004): "Cartografía de las inundaciones del río Ebro en febrero de 2003: trabajos de fotointerpretación, teledetección y análisis SIG en el GIS-Ebro". Conesa, C., Álvarez, Y. y Martínez, J.B. (Eds.) *Medio ambiente, recursos y riesgos naturales: análisis mediante tecnología SIG y teledetección*. Universidad de Murcia, 207-218.
- Marquínez, J., Fernández-Iglesias, E., Arnal, J.M. y Moreno, M.L. (2014): "Reactivación del cauce histórico del río Ésera por la avenida de junio de 2013 (Pirineo Central). XIII Reunión Nacional de Geomorfología, 115-118.
- Ollero, A. (1992): *Los meandros libres del Ebro medio (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*. Tesis doctoral. Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Univ. Zaragoza.
- Ollero, A., Pellicer, F. y Sánchez-Fabre, M. (2004): "La crecida de febrero de 2003 en el curso medio del Ebro: análisis de su evolución espacio-temporal". En Faus, M.C.(ed) *Aportaciones geográficas en homenaje al Profesor Antonio Higuera Arnal*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza, 143-55.
- Serrano-Notivoli, R., Mora, D., Ollero, A., Sánchez-Fabre, M. y Saz, M.A. (2014): "Respuesta hidrológica al evento de precipitación de junio de 2013 en el Pirineo Central". *Investigaciones Geográficas*, 62, 5-21.
- Tarolli, P., Borga, M., Morin, E. y Delrieu, G. (2012): "Analysis of flash flood regimes in the North-Western and South-Eastern Mediterranean regions". *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 12, 1255-1265.
- Terranova, O.G. y Gariano, S.L. (2014): "Rainstorms able to induce flash floods in a Mediterranean-climate region (Calabria, southern Italy)". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 2423-2434.
- Viglione, A., Chirico, G.B., Komma, J., Woods, R., Borga, M. y Blöschl, G. (2010): "Quantifying space-time dynamics of flood event types". *Journal of Hydrology*, 394, 213-229.