



EL COMPORTAMIENTO HÍDRICO DEL RÍO EBRO EN SU RECORRIDO POR ARAGÓN

A. Ollero (1), M. Sánchez (1), J. A. Losada (2)
y C. Hernández (1)

(1) *Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.*

(2) *Oficina de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrográfica del Ebro*

Resumen. Se repasan los rasgos más destacados del comportamiento del río Ebro en su recorrido por Aragón, recurriendo a la estación de aforo más representativa de ese tramo, Zaragoza, pero sin olvidar algunos datos aportados por otros aforos aragoneses o próximos a esta comunidad autónoma. El repaso a esos elementos hídricos sirve para definir el régimen fluvial del Ebro y para esbozar la especial relevancia que los episodios extremos, tanto crecidas como estiajes, tienen en el funcionamiento de este río.

Palabras clave: Río Ebro, Aragón, régimen fluvial, crecidas, estiajes, irregularidad interanual, caudaloidad.

Abstract. The main aspects of the running of the Ebro river along its course in Aragón are re-examined, using the most representative gauging station in this section (Zaragoza), but without forgetting some data from other stations, either in Aragón or located close to this Autonomous Community. Re-examining these hydrologic elements allow us to define the fluvial behaviour of the river Ebro and to outline the special significance that incidents, flood and drought conditions alike, have in how the river behaves.

Key words: Ebro river, Aragón, fluvial regime, flood, low water, flow.

1. LA CUENCA

El Ebro (Iber, Hiberus, Wadi Ibro) es uno de los grandes ríos de la península a la que da nombre, contando con una extensa cuenca vertiente de 85.000 km². Administrativamente, el territorio de ésta cuenca pertenece a nueve comunidades autónomas, correspondiendo a Aragón casi el 50% (49'5%) de su superficie.

Diversos rasgos tanto del medio físico como de las actividades realizadas por el hombre en la cuenca del Ebro inciden de forma muy directa en el comportamiento hidrológico de los ríos que la drenan. Se configuró durante el Terciario y el Cuaternario, a partir de la orogenia alpina que levantó la Cordillera Ibérica, los Pirineos, la Cordillera Costero-catalana y los Montes Vascos. El contraste topográfico y litológico entre esas alineaciones montañosas, cuyas cumbres sirven de divisoria a la cuenca, y el amplio sector correspondiente a la Depresión del Ebro, constituye un elemento diferenciador de sectores dentro de la amplia cuenca.

Las precipitaciones registradas en la cuenca se cifran en 600 mm. anuales, si bien hay profundas diferencias en distintos ámbitos territoriales. Noroeste, Norte y cumbres occidentales de la Ibérica recogen e incluso superan los 800-1000 mm. al año, dada la influencia atlántica que

reciben y las altitudes a las que se ubican. En el extremo opuesto, apenas se llega a 350 mm. anuales en el denominado “triángulo árido” (Zaragoza-Fraga-Caspe). El total anual de precipitación varía ostensiblemente entre distintos años. La mayor parte de estas precipitaciones son en forma de lluvia, teniendo importancia tanto la cantidad de nieve como su permanencia en Pirineos y algún sector de la Ibérica. El máximo es de otoño-invierno en la zona de influencia mediterránea, y de invierno-primavera, en la de influjo atlántico, coincidiendo de forma generalizada un marcado descenso de precipitaciones en verano.

Las altas temperaturas estivales y los vientos de gran frecuencia y, a menudo, considerable intensidad (cierzo, bochorno, tramontana) acentúan el déficit hídrico que afecta a gran parte del interior de la cuenca.

La presencia, densidad y tipología de la cubierta vegetal condicionan procesos como infiltración y escorrentía. En la cuenca del Ebro las zonas arboladas se han ido reduciendo a las áreas de montaña, donde incluso existen amplios espacios no arbolados, y algunos sotos de ribera. Los datos del Censo Agrario de 1999 fijan en el 65% del territorio considerado rural la superficie no labrada de la cuenca del Ebro, repartida entre 1'7 millones de hectáreas arboladas, 1'4 millones de has de pastos permanentes y 2'4 millones de has de pasto no permanente y matorral improductivo.

El incremento de la población, la creciente urbanización y la evolución de los hábitos sociales y de los procesos de producción han aumentado la demanda de agua, convirtiéndose en los factores humanos que influyen, en mayor grado, en el comportamiento hídrico de la cuenca del Ebro. En ella se censan 2'8 millones de habitantes (2001), con una densidad de 32 hab/km², de los que el 60'8% es población urbana, existiendo 5 núcleos de más de 100.000 habitantes. La Confederación Hidrográfica del Ebro (C.H.E.) ha estimado en 730 hm³ el volumen de agua necesaria para el abastecimiento urbano-industrial del conjunto de la cuenca, durante el año 2002. Entre las tierras labradas en la cuenca del Ebro, 778.248 hectáreas están censadas como de regadío fijo o eventual, cuya demanda de agua supera los 6.300 hm³ al año.

Además de la importante demanda de agua para usos consuntivos, no puede olvidarse otra ligada a usos no consuntivos como la producción de energía eléctrica o las piscifactorías.

2. EL RIO EBRO

El Ebro es el cauce principal de la red fluvial que drena esta cuenca. Sus 950 km de longitud desde el pico Tres Mares sólo son superados por el Tajo, y su aportación hidrológica al mar sólo es inferior a la del Duero, dentro de los límites de la Península Ibérica. Pero, ante todo, el Ebro es un gran río por su importancia ambiental y territorial, por su riqueza como ecosistema y por su papel en la configuración de un eje socioeconómico y cultural de primer orden (Ollero, 1993). Su recorrido aragonés (317 km) se sitúa dentro del curso medio, que se desarrolla desde las Conchas de Haro hasta el embalse de Riba-roja.

A su paso por Aragón, el Ebro presenta dos grandes tramos muy bien diferenciados por sus caracteres hidromorfológicos: un curso de meandros libres o divagantes hasta el azud de Alforque y a partir de ese punto un tramo de meandros encajados

El Ebro de meandros libres es un curso fluvial original y muy valioso a escala peninsular e incluso continental. De sus 346,5 km de longitud (desde Logroño), 177 km son aragoneses. En ellos el cauce salva 94 m de desnivel, por lo que su pendiente media es de tan sólo el 0,53 por mil. Se analiza con mayor detalle en otro trabajo de esta misma publicación.

Tabla 1. Longitud y pendiente del cauce del Ebro por grandes tramos (Ollero, 1994)

tramo	long. cauce km	cota superior m.s.n.m.	cota inferior m.s.n.m.	desnivel m	pendiente m/km
ALTO EBRO	227,7	2.179	441	1.738	7,63
EBRO MEDIO	565,5	441	70	371	0,66
BAJO EBRO	156,8	70	0	70	0,45
TOTAL EBRO	950	2.179	0	2.179	2,29

El Ebro de meandros encajados se abre paso entre plataformas terciarias de vertientes escarpadas. Al menos desde finales del Pleistoceno inferior tenemos constancia de la existencia de un Ebro que discurría describiendo importantes sinuosidades. El cauce actual traza curvas de gran amplitud de onda alcanzando una longitud de 140 km, una pendiente media del 0,50 por mil y un índice de sinuosidad de 2,38 (Ollero, 1994). En este tramo de meandros encajados pueden distinguirse dos sectores. En el superior, de 37,5 km, el río salva sus 18 m de desnivel en los azudes de Alforque, Cinco Olivas, Alborge, los dos de Sástago, Gertusa, Menuza y Escatrón. La capacidad geomorfológica de la corriente es efectiva sólo al pie de cada azud, ya que en el resto del cauce la pendiente es mínima. Destaca por ello la abundancia de islas, algunas de gran tamaño, debidas a las rupturas de pendiente provocadas por los azudes y situadas aguas abajo de éstos. A partir del azud del Monasterio de Rueda en Escatrón, el Ebro, que mantiene el curso de meandros encajados de elevada sinuosidad, se integra en dos embalses sucesivos, Mequinenza y Riba-roja, perdiendo sus características fluviales. En estos 102,5 km el Ebro aragonés ya no funciona como un río, sino como un lago de continuas fluctuaciones, dejando ver en estiaje la típica banda de desierto ecológico. El embalse de Mequinenza, que entró en servicio en 1966, es el mayor de toda la cuenca tanto por su capacidad (1.534 hm³, de los cuales 1.338 hm³ útiles) como por superficie inundada: 7.720 ha. La calidad de sus aguas es preocupante, ya que en los distintos reconocimientos limnológicos efectuados desde 1973 alcanza siempre niveles que lo califican como eutrófico o hiper-eutrófico.

3. FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO

La aportación del Ebro al Mediterráneo se ha visto mermada considerablemente en las últimas décadas por causas tanto naturales como humanas. Así, si hasta los años setenta del siglo XX el Ebro vertía anualmente una media de unos 18.000 hm³, en la actualidad apenas se alcanzan los 12.000 hm³. La, en líneas generales, baja pluviometría registrada en los últimos 25 años, así como el incremento de embalses y regadíos en toda la cuenca, que han provocado aumentos en la evaporación, son responsables del descenso hídrico que, junto con la retención del 90% de los sedimentos en los embalses, puede llevar a una rápida desaparición del Delta del Ebro.

El Ebro “se hace varón” con la llegada del complejo Aragón-Arga, que casi duplica su **caudal**, en las proximidades de Castejón de Navarra. Pero desde la estación de aforo de esa localidad, donde el caudal medio anual¹ se cifra en 230,7 m³/s y el caudal específico asciende a 9,16 l/s/km², hasta Zaragoza, el Ebro no recibe aportes importantes (Queiles, Huecha, Arba y Jalón

¹ Los datos de aforo han sido tomados de la última actualización de la página www.chebro.es de la Confederación Hidrográfica del Ebro

apenas contribuyen en conjunto con 25 m³/s), mientras se derivan considerables volúmenes (canales de Tauste, 7,6 m³/s, e Imperial de Aragón, 23 m³/s). Como consecuencia, en Zaragoza el caudal medio anual es más bajo que el de Castejón, concretamente 216,5 m³/s, y el caudal específico ha descendido a 5,35 l/s/km². En suma, va aumentando progresivamente la superficie de cuenca marcada por la aridez y las escasas aportaciones de los afluentes son contrarrestadas por las crecientes necesidades de riego. Además de al modesto Huerva, el Ebro recibe en Zaragoza al Gállego, y éste sí introduce una inyección de caudal apreciable, unos 35 m³/s que van a compensar las pérdidas, incluidas las que se registran en la Presa de Pina, y consigue elevar el caudal del Ebro en Sástago (240 m³/s) ligeramente por encima del de Castejón. Sin embargo, el caudal específico sigue en declive, situándose en 4,9 l/s/km², ya que la superficie de cuenca en Sástago asciende ya a 48.974 km².

Tabla 2. Caudaloidad del río Ebro

	Castejón	Zaragoza	Sástago
Módulo m ³ /s	230,7	216,5	240
Módulo l/km ² /s	9,16	5,35	4,9
Aportación hm ³	7275,3	6827,5	7568,6

El **régimen hidrológico** es pluvio-nival con máximo en febrero, mínimo en agosto y disimetría en las curvas de ascenso y descenso, prolongándose las aguas altas en primavera y las bajas en otoño (Fig. 1). La influencia pluvial oceánica desde la cabecera del Ebro y el Pirineo occidental es la que produce los notables caudales invernales, además de la mayor frecuencia de crecidas en dicha estación.

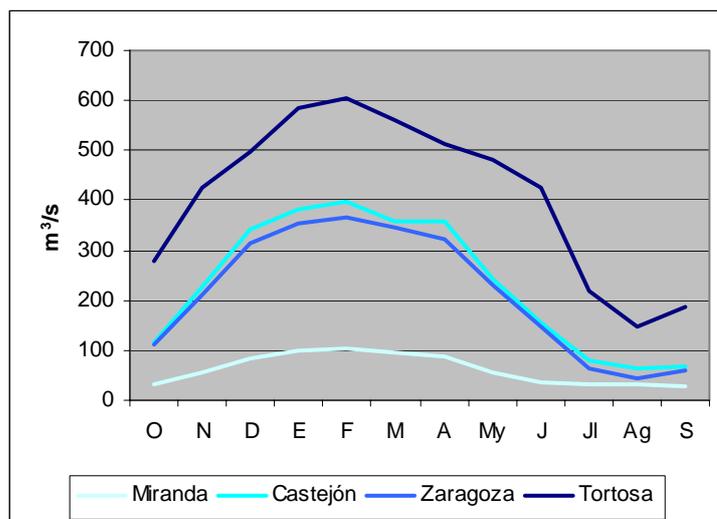


Fig. 1. Curvas de variación estacional de caudal en las principales estaciones de aforo del río Ebro.

La **irregularidad interanual** del Ebro es claramente más baja que la de los ríos mediterráneos, pero aún así apreciable. El coeficiente de irregularidad supera el valor 6 en los aforos de Reinosa, Castejón, Zaragoza y Tortosa, e incluso llegan a 7'8 en el aforo de Miranda, disponiéndose en todos los casos, excepto Reinosa, de series de más de 50 años para evaluarlo. En la figura 2 se observa la tendencia decreciente de los caudales desde los años sesenta en el aforo de la capital aragonesa, tendencia que se confirma en todos los aforos del Ebro y de su cuenca. Resulta también expresivo apreciar como en las dos últimas décadas (80 y 90) el número de años en que el caudal medio anual supera el módulo, calculado para el conjunto de las serie aforada, es muy inferior al alcanzado en décadas anteriores, especialmente las de los años 60 y 70 en las que la mayor parte de los años tienen un caudal medio anual superior al citado módulo. (Frutos et al., en prensa).

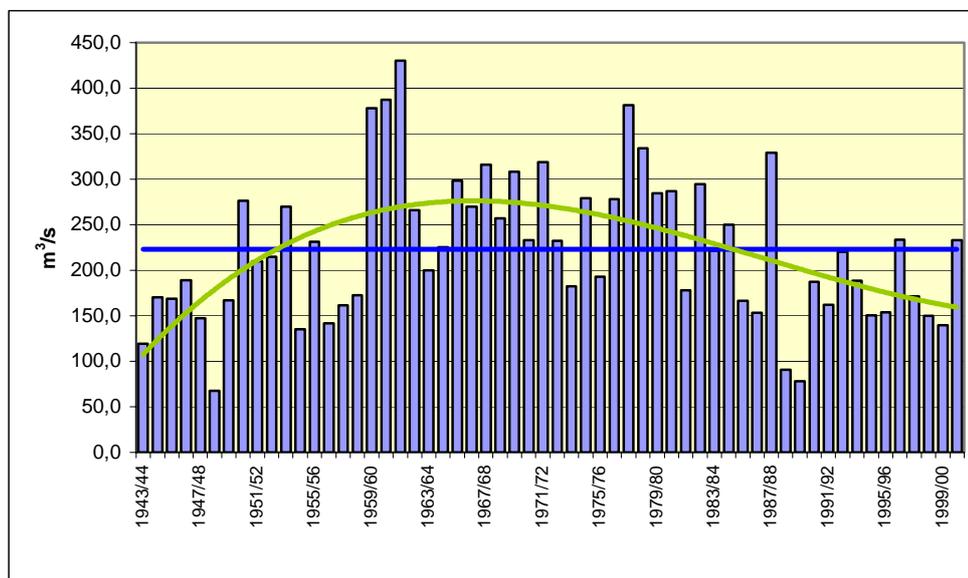


Fig. 2. Caudales medios anuales desde 1943/44. Irregularidad interanual en Zaragoza. Fuente: CHE. Elaboración propia

Los **estiajes**, causados por la combinación en el tiempo de tres elementos principales: la debilidad de los aportes pluviales, la potencia de la evapotranspiración y las necesidades de riego, acontecen en el Ebro desde finales de junio a la primera quincena de octubre. Se han podido estudiar con los datos diarios del aforo de Zaragoza (Fig.3).

Antes de 1960 los estiajes eran marcados y duraderos, siempre en verano. En la década de los años cuarenta hubo una media de 114 días de estiaje al año, destacando el año hidrológico 1948-49 con 148 días. Los años cincuenta, más lluviosos, presentan una media de 40 días por año, destacando la ausencia de estiajes en 1959-60 y la presencia de sólo 2 en 1953-54. A partir de 1960, con la regulación efectiva de Yesa y la coincidencia de varios años de excepcional pluviometría, los estiajes se hacen más esporádicos. Es muy significativo el hecho de que en quince años, entre 1970 y 1985, prácticamente no hubo estiajes. La regulación había conseguido claramente sus objetivos y los sobrantes de riego circulaban por el río en verano. Sin embargo,

desde 1985 algunas prolongadas sequías han ganado la batalla a la capacidad de regulación en la cuenca, reapareciendo los estiajes prolongados y profundos. Además, aunque en su mayor parte siguen registrándose en verano, aparecen también estos procesos extremos de aguas bajas en primavera y otoño. Los resultados extraídos del análisis de la gráfica coinciden en sus líneas esenciales con los que en otros trabajos hemos podido reconocer en la estación de Castejón, aguas arriba de la llegada del Ebro a nuestra comunidad autónoma. Por su parte, en comparación con los de Zaragoza, los estiajes en Sástago suelen ser algo más cortos gracias a la aportación del Gállego, y se acentúan al final del verano.

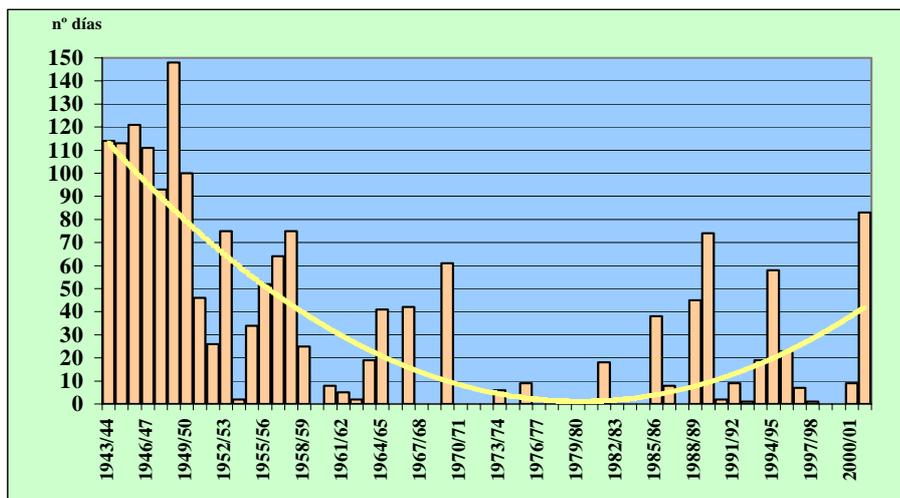


Fig. 3. Número de días de estiaje ($Q < 30 \text{ m}^3/\text{s}$) en cada año desde 1943 en el aforo de Zaragoza. Elaboración propia a partir de datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro

Algunos de los episodios de estiaje no sólo muestran un nivel muy bajo de los caudales del Ebro, sino también la permanencia de esta situación durante periodos de tiempo muy prolongados. Quizás el más acentuado de todos los constatados durante el periodo 1943/44 a 2000/2001 sea el acaecido durante el año 1950. Se inició a finales de junio y se prolongó hasta finales del mes de octubre. En Castejón se totalizaron 122 días de estiaje sólo interrumpido durante 3 jornadas (del 10 al 12 de agosto). En Zaragoza se contabilizaron 123 días de estiaje fragmentados en dos bloques por el ligero ascenso de caudal, que superó el umbral de estiaje, de los días 11 y 12 de agosto. Un número de días muy significativo presentó registros de caudal comprendidos entre 15 y 20 m^3/s , prácticamente la mitad de los valores donde se sitúa para estas dos estaciones de aforo el umbral de estiaje (marcado en la figura 4 con una línea color naranja) (Fig. 4).

Las **crecidas** del Ebro presentan una alta frecuencia, de manera que por término medio 1,2 veces al año el río se desborda. Son fundamentalmente invernales y proceden de todos los sectores altos de la cuenca, destacando por su volumen las de origen pirenaico, aportadas por el Aragón, y las que derivan de largos procesos lluviosos en el Alto Ebro. Las más peligrosas son aquéllas en las que coinciden en el tiempo los aportes de Aragón y Ebro. El Gállego y el Ebro, en cambio, no suelen coincidir, además de que los aportes en crecida del río pirenaico no suelen ser suficientes para hacer superar al Ebro sus umbrales de desbordamiento.

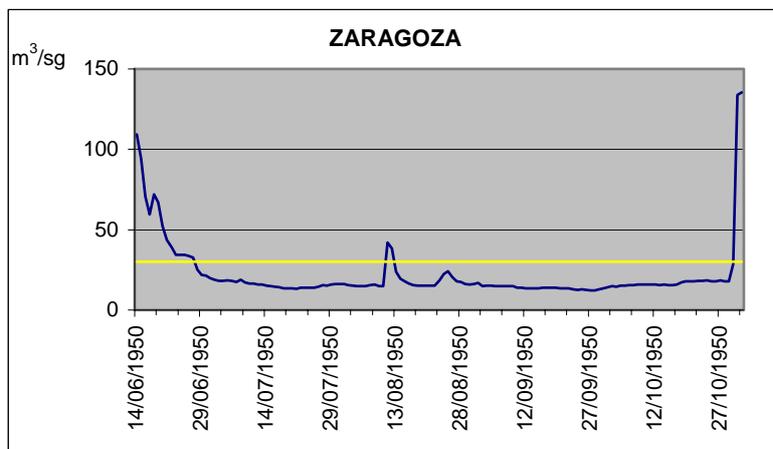


Fig. 4. Estiaje de 1950 en Zaragoza. Fuente:Che. Elaboración propia.

Las crecidas históricas más graves fueron las de febrero de 1643, septiembre de 1787, enero de 1871 y enero de 1874, con inundaciones generalizadas, rotura de puentes y numerosas pérdidas humanas. Entre las avenidas extraordinarias del siglo XX destacan la de marzo de 1930 y, sobre todo, la de enero de 1961, con 4.950 m³/s de caudal punta en el aforo de Castejón, 4.130 m³/s en Zaragoza y 4.160 m³/s en Sástago (Fig. 5). Las últimas crecidas extraordinarias han tenido lugar en noviembre de 1966, febrero de 1978, diciembre de 1980, enero de 1981 y febrero de 2003. Se había asistido en las últimas décadas a una disminución del número de crecidas ordinarias, laminadas por los sistemas de regulación, pero la reciente avenida de febrero de 2003 ha demostrado que el riesgo pervive. La magnitud y evolución de ésta crecida de 2003 (Fig. 6) pudo seguirse en tiempo real a través de las mediciones efectuadas por el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la cuenca del Ebro y publicadas en la página web de la Confederación Hidrográfica.

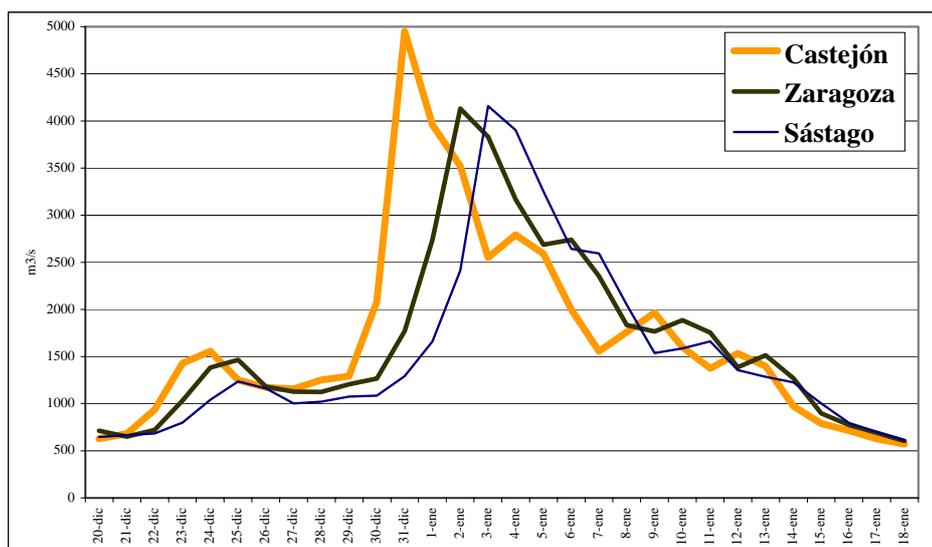


Fig. 5. Hidrograma de la crecida de enero de 1961 (Ollero, 1996).

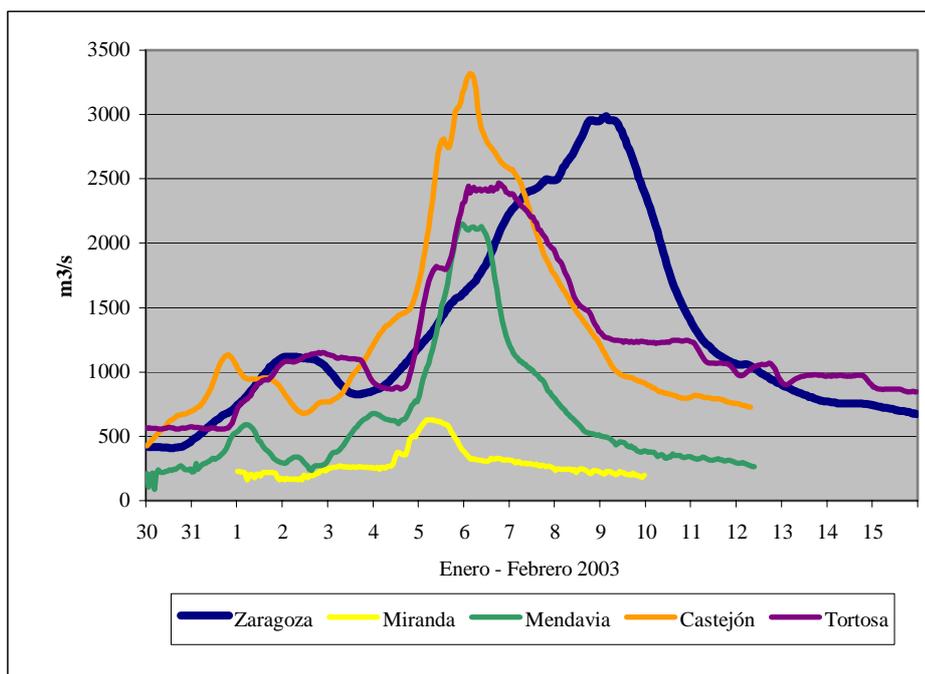


Fig. 6. Hidrograma de la crecida de febrero de 2003 (Ollero, Pellicer y Sánchez, en prensa)

En todo el Ebro medio de meandros libres, entre Logroño y La Zaida, se producen importantes desbordamientos por la falta de encajamiento del cauce, lo cual lamina las crecidas aplanando el hidrograma aguas abajo. Es por ello que la punta de crecida es siempre más baja en Zaragoza que en Castejón. La mayor parte de las localidades ribereñas se levantan sobre terrazas del Ebro a resguardo de las inundaciones. Los núcleos instalados en zonas de máximo riesgo por inundabilidad y erosión de márgenes son Pradilla, Boquiñeni, Alcalá, Cabañas, Pina y Gelsa. En Zaragoza unas 100.000 personas habitan en terreno inundable por crecidas del Ebro periodo de retorno superior a 40 años. En el tramo de meandros encajados, aguas abajo de Alforque, las crecidas y los consiguientes desbordamientos simplemente elevan la corriente y sólo inundan algunas orillas convexas.

La Fig. 7 representa los caudales máximos instantáneos anuales registrados en Zaragoza en el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1943/44 y 2002/03. El rasgo más relevante es la clara tendencia decreciente observada en la serie, especialmente en las décadas de los años 80 y 90, si bien en esta última hay dos o tres años con valores elevados.

A partir de esos máximos instantáneos anuales se ha aplicado el ajuste de Gumbel para obtener los caudales punta de crecida esperados para diversos periodos de retorno en Miranda (58 años desde 1942), Mendavia (49 años desde 1950), Castejón (53 años desde 1948), Zaragoza (60 años de la serie completa 1943-2003) y Tortosa (47 años de la serie 1951-2002). Los resultados se recogen en la Tabla 3.

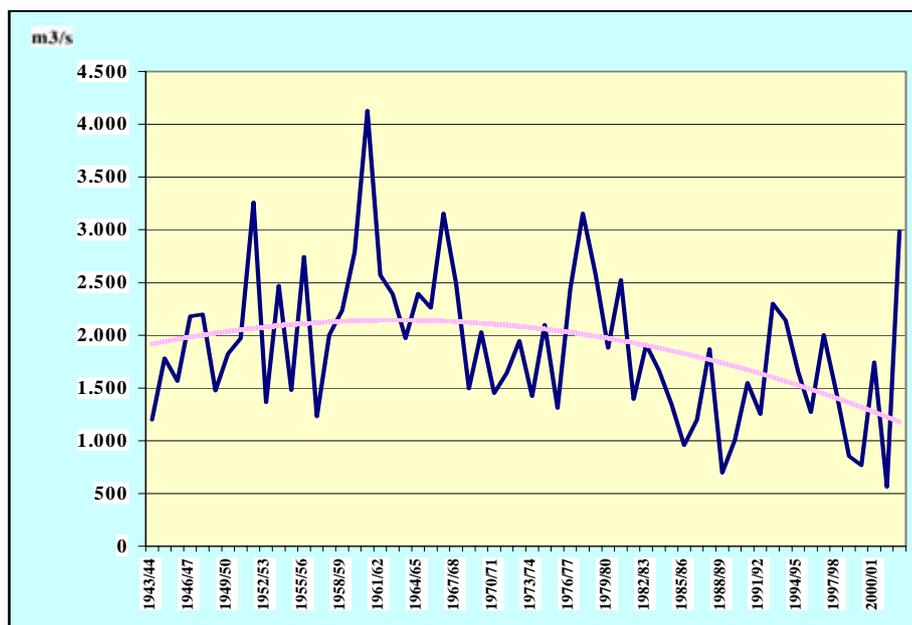


Fig. 7. Caudales máximos instantáneos anuales en Zaragoza (serie 1943-2003).
Fuente C.H.E. Elaboración propia.

Tabla 3. Caudales (m^3/s) esperados para diferentes periodos de retorno.
Elaboración propia a partir de datos facilitados por la C.H.E.

	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
Miranda	621,6	971,8	1203,8	1496,8	1714,2	1840,5	1930,0	2428,6
Mendavia	890,3	1247,9	1484,6	1783,7	2005,5	2134,5	2225,8	2734,7
Castejón	2022,1	2815,0	3340,1	4003,4	4495,5	4781,5	4984,0	6112,7
Zaragoza	1786,5	2451,0	2891,1	3450,8	3864,1	4104,4	4274,4	5222,5
Tortosa	1862,1	2803,7	3427,2	4215,0	4799,3	5139,0	5379,4	6719,8

Bibliografía

- Comision Nacional de Proteccion Civil (1985): *Estudio de inundaciones históricas. Mapa de riesgos potenciales. Cuenca del Ebro*. 4 vols. Dirección General de Obras Hidráulicas.
- Cuadrat, J.M. (2003): *El agua y sus usos en la Cuenca del Ebro*. Colección Padre Ebro, 4. Heraldo de Aragón. 90 págs. Zaragoza.
- Davy, L. (1975): *L'Ebre, étude hydrologique*. Thèse d'Etat. Université de Lille III, 803 p.

- Frutos, L.M.; Ollero, A. y Sánchez, M. (en prensa): Caracterización del Ebro y su cuenca y variaciones en su comportamiento hidrológico. En Gil Olcina, A. (Dir.): *Alteración de los regímenes fluviales peninsulares (1901-2000)*. Cajamurcia.
- Ollero, A. (1992): *Los meandros libres del Ebro medio (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, 1.138 págs. + cartografía.
- Ollero, A. (1994): *Síntesis geográfica y socioeconómica del Eje del Ebro. Plan Hidrológico*. Informe inédito. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Ollero, A. (1996): *El curso medio del Ebro: geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 311 p., Zaragoza.
- Ollero, A. (1996): Ecogeografía del río Ebro. En Cal, P. de la y Pellicer, F. (Coords., 2002): *Ríos y ciudades. Aportaciones para la recuperación de los ríos y riberas de Zaragoza*, 135-157, Institución Fernando el Católico.
- Ollero, A.; Pellicer, F. y Sánchez, M. (2003): La crecida del Ebro de febrero de 2003. Artículo en la web de la Asociación de Geógrafos Españoles desde el 19 de febrero.
- Ollero, A.; Pellicer, F. y Sánchez, M. (en prensa): La crecida del Ebro de febrero de 2003 en el curso medio del Ebro: análisis de su evolución espacio-temporal. En Faus, M.C. (coord.): *Homenaje al Profesor Antonio Higuera*, Univ. de Zaragoza.
- Omedas, M. (2003): *El Ebro ¿un proyecto con futuro?*. Col. Padre Ebro, 2. Heraldo de Aragón. 125 págs. Zaragoza.
- Valle, J. Del (2003): *Funciones y usos del agua en la Cuenca del Ebro*. Ed. Prames. 171 p. Zaragoza.