

# Aplicación de los criterios del reglamento de dominio público hidráulico en la creación de nuevas infraestructuras en España

*Application of the Spanish criteria for the water management policy in the creation of new infrastructure*

Jesús Mateo Lázaro<sup>1</sup>, José Á. Sánchez Navarro<sup>1</sup>, Vanesa Edo Romero<sup>1</sup> y Jorge Castillo Mateo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50.009 Zaragoza, España. jesmateo@unizar.es

<sup>2</sup> Departamento de Matemáticas. Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50.009 Zaragoza, España.

## ABSTRACT

*A description of the criteria adopted in Spain for the building of infrastructure in the public water domain is presented. These criteria are contemplated in Spanish legislation which, in relation to flood risk management, address two main aspects to be regulated, (1) the increase or creation of risk in the infrastructure environment whose analysis is based on the concept of the main stream channel, and (2) the risk of the infrastructure to be created for users, whose analysis is based on the concept of the area of preferential flow. In other words, two aspects are analyzed, risks to third parties and the risks themselves. The development of the topic is illustrated with an example, the building of a 110 m bridge over the Jalon River, which crosses the valley downstream of the town of Sabiñán. Therefore, examining in detail the risk increase that the construction of the new bridge could cause on urban areas was required. The main section of the analysis consists in the hydraulic study of a stretch of river in flood situation, which is carried out with the IBER software. Spanish CEDEX and Universities of Coruña and Barcelona collaborated in the creation of this software.*

**Key-words:** Infrastructure in rivers, flood management, IBER, Shallow water Models, Saint Venant equations.

## RESUMEN

*Se presenta una descriptiva de los criterios que en España se vienen adoptando en la implantación de infraestructuras en el dominio público hidráulico. Estos criterios se contemplan en el Real Decreto 9/2008 y en el Proyecto de RD de 2016 que, en materia de gestión de riesgos de inundación, abordan dos aspectos principales a regular, (1) el aumento o creación de riesgo en el entorno de la infraestructura cuyo análisis se basa en el concepto de vía de intenso desagüe y (2) el riesgo para los propios usuarios de la infraestructura que se pretende crear, cuyo análisis se basa en el concepto de zona de flujo preferente. En otras palabras, se analizan dos aspectos, los riesgos a terceros y los riesgos propios. El desarrollo de la temática del artículo se ilustra con un ejemplo, la implantación de un puente de 109 m sobre el río Jalón, que cruza el valle aguas abajo de la localidad de Sabiñán. El apartado principal del análisis consiste en el estudio hidráulico de un tramo de río en situación de crecidas, que se lleva a cabo con el software IBER, en cuya creación han colaborado el CEDEX y las Universidades de La Coruña y Barcelona.*

**Palabras clave:** Infraestructuras en DPH, Gestión de inundaciones, IBER, Modelado 2D, Saint Venant 2D.

*Geogaceta*, 61 (2017), 51-54  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 14 de julio de 2016  
Revisión: 3 de noviembre de 2016  
Aceptación: 25 de noviembre 2016

## Introducción

En España, cualquier actuación en el entorno de los ríos necesita ser autorizada por el organismo encargado de su gestión, una agencia del Agua o Confederación Hidrográfica. En cualquier caso, la legislación española marca los criterios hidrológicos, hidráulicos y ambientales a valorar en la implantación de las nuevas infraestructuras que interactúan con los ríos. Estos criterios están desarrollados por en el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 abril. Por otra parte, aun-

que no ha entrado en vigor todavía, ya se aplican los criterios del Proyecto de Real Decreto que en breve tiempo sustituirá al anterior y que es más restrictivo.

Respecto a las infraestructuras nuevas y su relación con el riesgo de inundación conviene tener en cuenta lo que en la legislación citada se entiende por vía de intenso desagüe, zona de flujo preferente y zonas inundables.

Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir sobreelevación mayor que 0,3 m respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con la misma avenida considerando

toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.

La zona de flujo preferente está constituida por la unión de la vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años, se puedan producir graves daños, y que son las que satisfacen alguno de los criterios siguientes: a) calado superior a 1 m; b) velocidad superior a 1 m/s; c) que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

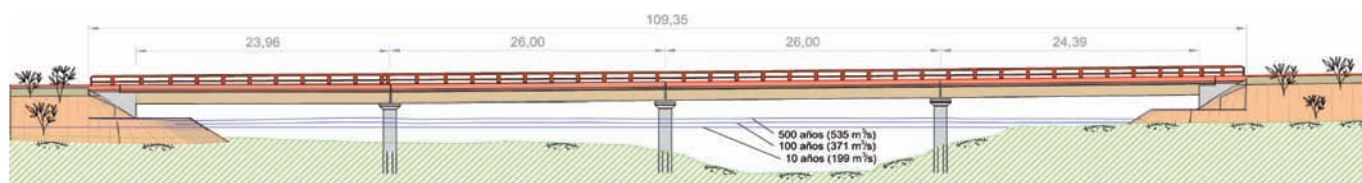


Fig. 1.- Sección longitudinal del puente de la alternativa número 3 que es la que cumple, desde el punto de vista hidráulico, los requisitos y criterios del RD 9/2008 y del Proyecto de Real Decreto.

Fig. 1.- Longitudinal section of the bridge in alternative 3 that, from a hydraulic point of view, meets the criteria of the Spanish water legislation.

Se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles del agua teóricos en avenidas con período de retorno de 500 años, atendiendo a la geomorfología, a criterios hidrológicos e hidráulicos, a las series de avenidas históricas y a documentos o evidencias históricas de las mismas.

Cuando se crean infraestructuras nuevas o se definen usos del suelo en los planeamientos municipales. Los aspectos que pretende regular la legislación son dos: (1) el aumento o creación de riesgo en el entorno de la infraestructura cuyo análisis de basa en el concepto de vía de intenso desagüe y (2) el riesgo para los propios usuarios de la infraestructura que se pretende crear, cuyo análisis se basa en los conceptos de zona de flujo preferente y de zonas inundables.

Para entender mejor la aplicación de la legislación descrita y de sus criterios, más

adelante se desarrolla un ejemplo para la construcción de un nuevo puente sobre el río Jalón en Sabiñán (Zaragoza), perteneciente a la variante de carretera que consta de un tramo de 1,5 km de longitud y discurre por el oeste del municipio.

El estudio hidráulico incluye 4 casos, el río en la situación actual sin puente, y 3 alternativas de puente: (1) puente de 3 vanos de 26 m cada uno y dos pares de pilas, (2) como la anterior más un cajón de 10 m, y (3) Igual a la primera añadiendo otro vano

T (años)	MCO	25	100	500
Q (m³/s)	175	261	371	535

Tabla I.- Caudal (Q), Periodos de Retorno (T) y Máxima Crecida Ordinaria (MCO).

Table I.- Discharge (Q), Return Period (T) and Maximum Ordinary Flood (MCO).

de 26 m y una pareja de pilas, 4 vanos en total. En el estudio hidráulico se comprueba que solamente la alternativa 3 cumple todos los criterios del Real Decreto y por lo tanto la que se debe realizar.

En la figura 1 se representa la sección longitudinal de esta estructura junto con las láminas de agua para diferentes periodos de retorno. Este puente tiene una longitud de 109 m y está dividido en 4 vanos, 2 centrales de 26 m cada uno, en los que se sitúa el cauce, y dos en los extremos, de unos 24 m y limitados por los estribos. Las pilas son 3 pares separadas 4 m, con cimentación por pilotes. Serán con cantos redondeados determinando secciones circulares para mejorar el comportamiento hidráulico.

Para definir las zonas urbanas y urbanizables susceptibles de ser sometidas a

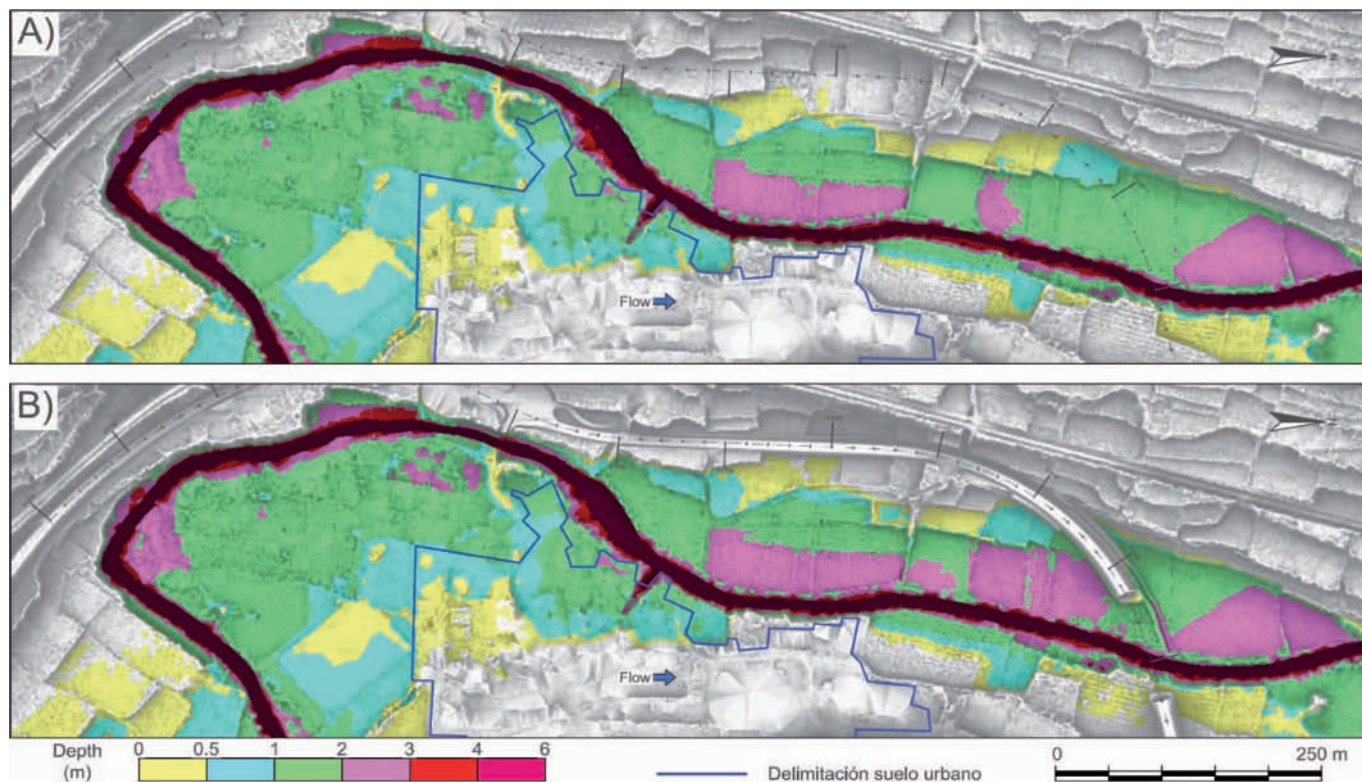


Fig. 2.- Simulación de la crecida de 100 años (371 m³/s) para A) situación actual sin puente y B) con el puente de la alternativa 3. Los colores corresponden a las profundidades de agua o calado señaladas en la leyenda. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Simulation of the 100 year-flood (371 m³/s) for A) current state without bridge and B) with the bridge of alternative 3. The colours correspond to water depths shown in the legend. See color figure in the web.

riesgo de inundación, en especial con la creación del nuevo puente, se ha consultado Planeamiento de Sabiñán.

La modelización hidráulica se ha realizado con el programa IBER (Cea y Bladé, 2015), basado en ecuaciones de mecánica de fluidos denominadas de aguas someras, *shallow water* en inglés, también conocidas como *2D-Saint Venant equations*. El cálculo numérico se ha realizado con malla no estructurada para todos los casos estudiados.

Para valorar los riesgos de crecida primero hay que determinar los caudales de referencia. En España se dispone de la cobertura CAUMAX (CEDEX, 2011), pero se recomienda aplicar criterios de precaución y contraste de resultados con otros

métodos (Mateo-Lázaro *et al.*, 2013, 2014, 2015, 2016a y b).

En la tabla I está el caudal obtenido para distintos periodos de retorno. Para calcular la máxima crecida ordinaria (MCO) primero se ha establecido el periodo de retorno asociado y posteriormente se ha determinado el caudal.

El río Jalón (Ministerio de Medio Ambiente, 2011) está en la región 93 con coeficiente de variación 1,36 con el que se obtiene un periodo de retorno de 6,8 años. Con el ajuste de los datos de CAUMAX se obtiene la función logarítmica natural de entorno local, que da la descarga de la MCO:

$$Q = 64,018 * \ln(T) + 51,964$$

Aplicando la función logarítmica, se obtiene un caudal de 175 m<sup>3</sup>/s para el periodo de retorno de la MCO.

### Estudio hidráulico

El río Jalón está calculado en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), por lo que se han recopilado las poligonales DPH, servidumbre y zona de flujo preferente, y las coberturas DEM del SNCZI: Terreno (Lidar, con GRID de 1 m), calado T10, T50, T100, T500, y velocidad T100. Con este material se ha estudiado un tramo de 2,2 km de valle para las alternativas propuestas.

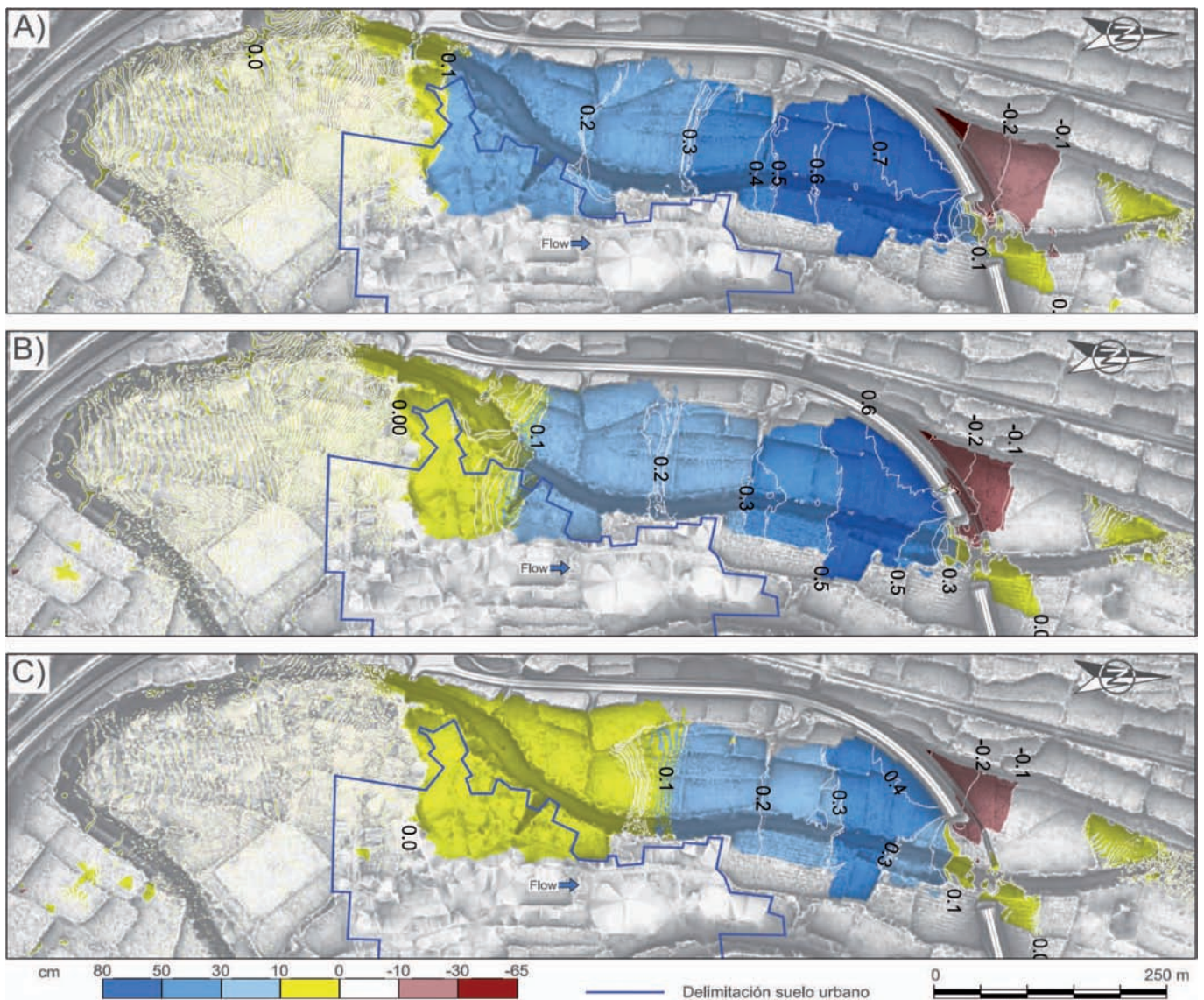


Fig. 3.- Evaluación comparativa de calados entre el estado actual sin puente y las 3 alternativas estudiadas, correlativamente sub-figuras A, B y C. Los colores de la leyenda indican la diferencia en cm, y las curvas de nivel de los dibujos en color blanco son cada 10 cm. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- Benchmarking with water depth between the un-bridged current state and the 3 alternatives studied in sub-figures A, B and C. The legend colours indicate the differences in cm, and the contour lines of the drawings are represented in white every 10 cm. See color figure in the web.

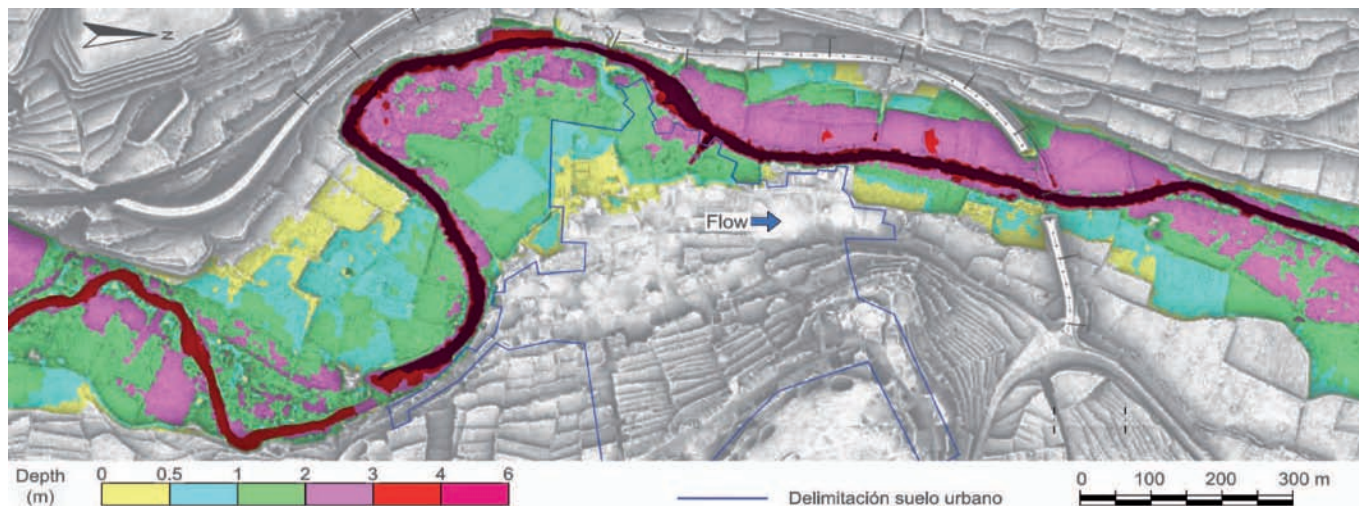


Fig. 4.- Comprobación de las áreas inundables con el calado de la crecida de 500 años en la alternativa 3.

Fig. 4.- Checking of the flooded areas with the water depth of the 500 years flood in alternative 3.

Calibración y validación del modelo

Se ha calibrado el modelo T100 con el coeficiente de rugosidad de Manning, comparando el Water\_Level deducido del SNCZI con el de calibración, resultando  $n=0,05$  para el caso general y 0,1 como condición de contorno en la franja de aguas abajo para igualar niveles. Los residuos obtenidos son: Bias o sesgo de 24 cm y desviación 23 cm para todo el tramo.

Casos estudiados

Se han calculado estos escenarios: (1) T100 para estado actual. (2) T100 para las tres alternativas propuestas. (3) T500 para alternativa 3, la idónea.

Comparativo (benchmarking)

Se han comparado las coberturas T100-calado de cada alternativa respecto a la situación actual sin puente, obteniéndose la sobreelevación. En la figura 2 está su distribución y en la tabla II el resumen de resultados.

En la alternativa 3 la sobreelevación es poco significativa en áreas urbanas y urbanizables que no sobrepasa 10 cm. En otras áreas es inferior a 30 cm y, solo localmente, en el entorno de aguas arriba del puente, se superan 30 cm sin llegar a 50 cm. Aguas abajo hay una disminución local inferior a 30 cm.

Conclusiones

De acuerdo con la tabla II, la alternativa 3 cumple estrictamente los parámetros de referencia, por lo que se deduce que no se

ocupa la vía de intenso desagüe con terraplenes o estribos”, lo que a su vez equivale a decir que las posibles afecciones a terceros están dentro de lo razonado por la legislación.

Además, la legislación permite: “Podrán ubicarse pilas dentro de la vía de intenso desagüe sin incremento significativo de la inundabilidad”. En todas las alternativas se ubican pilas, y sin incremento significativo de la inundabilidad en la alternativa 2 y especialmente en la 3 como se deduce de los valores de la tabla II. También “En caso de que pueda verse afectada la seguridad de las personas y bienes o el posible desarrollo urbanístico, la sobreelevación máxima será inferior a 10 cm”. En la figura 3 se observa que para la alternativa 3 se cumple estrictamente este requisito en el suelo delimitado como urbano y urbanizable.

En la figura 4 se comprueba que con la crecida de 500 años, los usuarios de la infraestructura no se verán afectados desde el punto de vista del riesgo por inundación.

alternativa	urbano	urbanizable	no urbanizable	
			caso general	caso puntual
1	20	10	40	80
2	15	0	30	68
3	8	0	20	47
RD 9/2008	10	10	30	50

Tabla II.- Incremento (en cm) de calado en cada alternativa en relación al estado actual sin puente.

Table II.- Increment (in cm) of depth water for each alternative in comparison with the current state without bridge.

Por último, cabe señalar que podría ser interesante la incorporación, dentro de la aplicación SNCZI, de una vía de intenso desagüe junto con el resto de zonificaciones.

Agradecimientos

Se señala reconocimiento expreso a editores y revisores, Dr. Casas y anónimo. Por otra parte, este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el Grupo de Investigación “Análisis de Cuencas Sedimentarias Continentales” del Gobierno de Aragón y Fondos FEDER a quienes se transmite gratitud.

Referencias

Cea, L. y Bladé, E. (2015). *Water Resources Research* 51-7, 5464–5486.  
 CEDEX (2011). *Mapa de caudales máximos Memoria Técnica*. CEDEX. Madrid. 73 p.  
 Mateo-Lázaro, J., Sánchez-Navarro, J.A., García-Gil, A. y Edo-Romero, V. (2013). *Geogaceta* 53, 117–120.  
 Mateo-Lázaro J., Sánchez-Navarro J.A., García-Gil A. y Edo-Romero V. (2014). *Environmental Earth Sciences* 71(6), 2925-2939.  
 Mateo-Lázaro J., Sánchez-Navarro J.A., García-Gil A. y Edo-Romero V. (2015). *Journal of Hydrology* 524, 507–521.  
 Mateo-Lázaro, J., Sánchez-Navarro, J.A., García-Gil, A. y Edo-Romero, V. (2016a). *Journal of Hydrology* 538, 598–608.  
 Mateo-Lázaro, J., Sánchez-Navarro, J.A., García-Gil, A., Edo-Romero, V. y Castillo-Mateo, J. (2016b). *Engineering Geology* 214, 11-19.  
 Ministerio de Medio Ambiente (2011). *Guía Metodológica para desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*. 350 p.