

# La ratio $Q_T/Q_b$ : un nuevo método hidrológico-hidráulico de fundamento geomorfológico para el estudio de la inundabilidad en territorios amplios

A. Díez-Herrero (1) y J. Garrote (2)

- (1) Instituto Geológico y Minero de España (MEC). Correo electrónico: [andres.diez@igme.es](mailto:andres.diez@igme.es)  
(2) INYPSA. Unidad de Medio Ambiente y Geología.

## Abstract

### The ratio $Q_T/Q_b$ : a new hydrological-hydraulic method based on geomorphological aspects for the flood hazard analysis at large territories

Relationship between flood discharge of a given return period ( $Q_T$ ) and bankfull discharge ( $Q_b$ ) is a quantitative index of inundability for a fluvial reach and it can work as a first approach for risk analysis over wide areas. The ( $Q_T/Q_b$ ) ratio combines hydrological analyses employed in the estimation of both discharges and hydraulic methods for bankfull discharge estimation. This approach is based on geomorphologic analysis, because the bankfull stage is defined by the fluvial channel features and deposits. Application of this ratio showed a great success in the flood risk analysis project for Civil Defense of Castilla-La Mancha, that allows to validate its interest for other areas.

**Palabras clave:** inundabilidad, caudal, cauce, geomorfología

**Key words:** flood hazard, discharge, channel, Geomorphology

## 1. INTRODUCCIÓN

A la hora de realizar los estudios y cartografías de inundabilidad en un territorio, un planteamiento técnico clásico sería estimar los caudales circulantes para diversos periodos de retorno o frecuencias (empleando criterios y métodos hidrológicos convencionales) y posteriormente estimar áreas inundables, calados y velocidades mediante métodos hidráulicos.

Sin embargo, la aplicación de estas técnicas en nuestro país a ámbitos espaciales grandes (por ejemplo, en planes comarcales, provinciales o autonómicos), que superen los miles de kilómetros cuadrados de extensión, plantea una serie de problemas, tanto técnicos como logísticos: frecuentemente no se dispone de base topográfica detallada para la modelación hidráulica y se ha detectado

una falta de validez de los modelos hidrológicos e hidráulicos clásicos en determinados sectores del territorio, como las zonas torrenciales o allí donde existe una rápida evolución de las formas fluviales.

Por ello se hace preciso explorar nuevos métodos y técnicas, que permitan tener una visión preliminar de la inundabilidad en estos territorios amplios, para luego centrar o priorizar los estudios de detalle en las zonas más conflictivas o problemáticas. El objetivo de este trabajo es proponer y ensayar un nuevo método que cumple estas premisas: la relación o ratio entre los caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno ( $Q_T$ ) y el caudal de cauce lleno ( $Q_b$ ), como un indicador cuantitativo de la probabilidad de inundación en un determinado punto de la red fluvial.

## 2. METODOLOGÍA PROPUESTA

Una inundación, según la definición de la nueva Directiva Europea 2007/60/CE, es el anegamiento de terrenos normalmente secos. Para el caso de las inundaciones asociadas a las corrientes fluviales, este anegamiento implica que el río o arroyo, una vez superada la capacidad de evacuación de su cauce natural, desborde e inunde las márgenes.

### 2.1. El caudal de bancos llenos

La capacidad de desagüe de un cauce natural viene dada por el caudal que cabe entre los elementos morfológicos denominados bancos de orilla (*banks*, en terminología anglosajona). Por ello, este caudal se denomina en la literatura científica como “de bancos llenos” (*bankfull discharge*,  $Q_b$ ). Cualquier caudal que supere éste, produciría el anegamiento de las márgenes, normalmente ocupadas por una zona más o menos plana, denominada llanura de inundación o inundable.

El caudal de bancos llenos recibe otros nombres, o tiene otros términos y definiciones asociados, como es el caso de: Caudal formador o generador ( $Q_G$ ), Caudal de desbordamiento (CEDEX, 1994), y Máxima crecida ordinaria.

Son numerosos los trabajos científicos que han tratado de asimilar su valor al de diferentes cuantiles de periodos de retorno. Sin embargo, estudios realizados para las corrientes fluviales de la península Ibérica ponen de manifiesto la enorme variabilidad de estos valores en función de las características geomorfológicas de la corriente y del régimen de alimentación e hidrológico de la misma. A este respecto, los trabajos llevados a cabo por el CEDEX (1994 y 2007) tratan de acotar y cuantificar la variabilidad de valores en los ríos españoles, proponiendo fórmulas para su estimación.

### 2.2. El caudal máximo para diferentes periodos de retorno

Su estimación puede abordarse por diferentes metodologías, como el análisis regional de la estimación de frecuencias de caudales punta (Mediero y Jiménez, 2007). Pero cuando se trata de obtener para un territorio amplio y no para una determinada localización, y comprendiendo cuencas no aforadas, quizás lo más factible es emplear los métodos hidrometeorológicos (p.e. racional) y las funcionalidades de los sistemas de información geográfica para calcular la distribución espacial de las abstracciones iniciales e intensidades de precipitación, y su agregación (Jiménez, 2007).

### 2.3. La ratio o relación entre el $Q_T$ y los $Q_b$

Esta ratio es un perfecto indicador de la probabilidad y magnitud del desbordamiento que se producirá en cada punto de la red fluvial. Ya fue empleada para medir la peligrosidad asociada a las inundaciones en diferentes países o regiones del Mundo (Miller, 1997), y reproducido en muchos de los libros más difundidos sobre riesgos naturales (Ayala y Olcina, 2002).

## 3. APLICACIÓN A LA INUNDABILIDAD EN CASTILLA-LA MANCHA

En el marco del proyecto RICAM (Análisis del riesgo de inundación para el Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones en Castilla-La Mancha), se aplicó el método propuesto para todo el ámbito territorial de dicha comunidad autónoma (79.226 km<sup>2</sup>). A partir de las fórmulas propuestas por el CEDEX (2007) y en los puntos de aforo que satisfacían los requisitos de calidad de los datos, los valores de periodo de

retorno del caudal  $Q_b$  oscilan entre 3,5 y 6,3 años (Díez et al., 2008), con un valor promedio equivalente al caudal de 5 años de periodo de retorno. A continuación se seleccionaron en la red fluvial de la región un total de 19.655 puntos de cálculo de las ratios  $Q_{500}/Q_5$ ,  $Q_{100}/Q_5$  y  $Q_{50}/Q_5$ , ubicados de forma equidistante en función del orden jerárquico de la corriente (entre 1 y 5 km). Los cálculos de los caudales se hicieron mediante el método racional modificado, utilizando una macro desarrollada al efecto para la aplicación ArcInfo (Garrote, 2007). Como información de partida se empleó un MDE 100x100 m, los valores de umbral de escorrentía del mapa 1x1 km de Ferrer (2003), y los datos de intensidades de precipitación obtenidos a partir del programa Maxplu,

interpolados para obtener una capa de datos con continuidad espacial.

El tratamiento estadístico de los resultados permite establecer cinco grandes categorías o intervalos en las ratios, que para el caso de la  $Q_{500}/Q_5$ , tienen sus límites en valores de 4,5, 5,75, 11,5 y 20 (Fig. 2). Estos valores puntuales se enlazaron con la red lineal a partir de la relación espacial entre los elementos, utilizando la clasificación jerárquica de la red como elemento de control para evitar el enlace erróneo de datos puntuales de un orden sobre elementos lineales de otro orden debido a su proximidad espacial. Esta representación gráfica permite una identificación intuitiva de las zonas de mayor probabilidad de desbordamiento, y en las cuales conviene hacer estudios más detallados y específicos (Fig. 1).

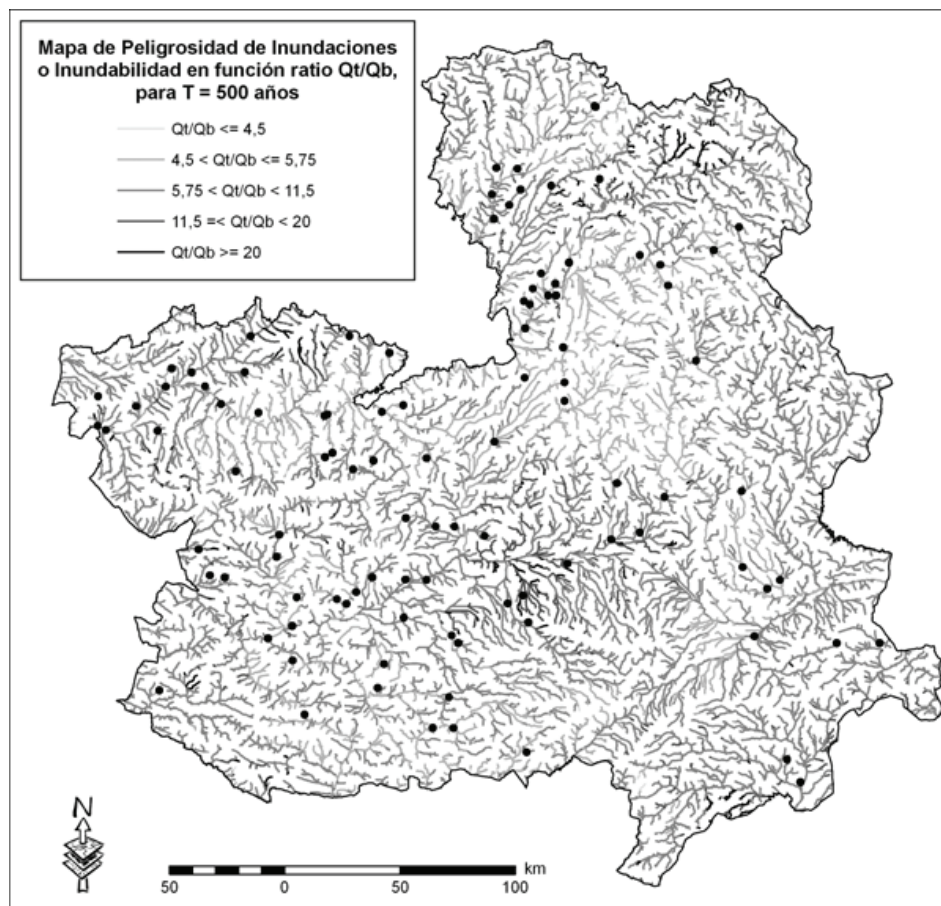


Fig. 1. Mapa de los valores de la ratio  $Q_{500}/Q_5$  en la red fluvial de Castilla-La Mancha, con indicación de los principales eventos de inundaciones históricas documentados (puntos).

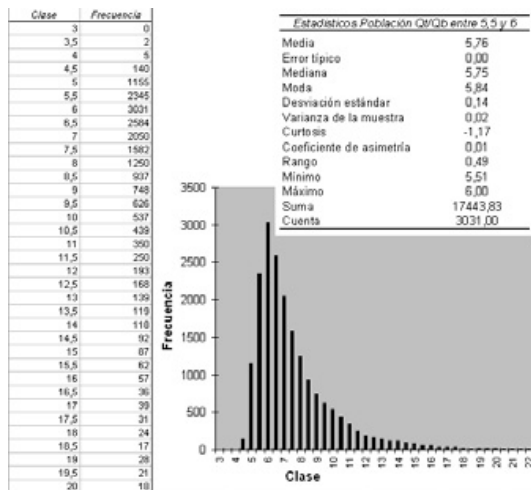


Fig. 2. Cálculos estadísticos para el establecimiento de las clases del mapa.

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La metodología propuesta, a la vista de los resultados del ensayo realizado en Castilla-La Mancha y otros en realización para el parque natural del Posets-Maladeta y el centro de la península Ibérica, se muestra como un procedimiento rápido, eficaz e intuitivo para detectar las zonas con problemas de inundabilidad por desbordamiento fluvial.

No obstante, tiene que ser considerado únicamente como un método de carácter prospectivo y preliminar válido para amplias extensiones de territorio.

Además, la estimación de los caudales tiene una serie de incertidumbres y simplificaciones que conviene tener en cuenta: la adopción de un único valor del periodo de retorno del  $Q_b$  (5 años); el uso del método racional para la estimación de caudales; y el establecimiento de los intervalos de las ratios con sólo un criterio estadístico.

#### Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el IGME (MEC) y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Los autores desean agradecer la colaboración del resto de los miembros del equipo del proyecto. Igualmente la

cesión desinteresada del mapa de umbral de escorrentía a Montserrat Ferrer (Tecnosylva).

#### REFERENCIAS

- Ayala, F.J. y Olcina F. J. (2002). *Riesgos naturales*. Ariel, Barcelona. 1512 pp.
- CEDEX (1994). *Aspectos prácticos de la definición de la máxima crecida ordinaria*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (MOPTMA), inédito, Madrid.
- CEDEX (2007). *Instrucción de planificación hidrológica*. Versión 5.4, Madrid, marzo de 2007, inédita.
- Díez, A., Garrote, J., Baíllo, R., Laín, L., Lorente, M., Mancebo, M.J. y Pérez, F. (2008). Análisis del riesgo de inundación para planes autonómicos de protección civil: RICAM. En Galindo, I., Laín, L. y Lorente, M. (Eds.): *La gestión de los riesgos geológicos*, IGME y Consorcio de Compensación de Seguros, Las Palmas.
- Ferrer, M. (2003). *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección*. Cuadernos de Investigación C48. CEDEX, Madrid, 346 pp.
- Garrote, J. (2007). *cal\_area.aml*; script de ArcInfo para la obtención de las variables necesarias para el cálculo de caudales según el método racional modificado. Inypsa, marzo de 2007, Madrid, inédito.
- Jiménez, A. (2007). Caudales máximos en régimen natural. *Jornadas sobre Gestión de Zonas Inundables*, Gijón 12 y 13 de noviembre de 2007. Dirección General del Agua (Ministerio de Medio Ambiente).
- Mediero, L. y Jiménez, A. (2007). Regional Analysis for frequency estimation of annual flood peaks in ungauged basins of Spain. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9.
- Miller, J.B. (1997). *Floods. People at Risk, Strategies for Prevention*. Department of Humanitarian Affairs, United Nations, New York and Geneva.