

Análisis estadístico de caudales de crecida para la subcuenca de El Burguillo (río Alberche, Cuenca del Tajo)

Statistical analysis of flood discharges in the El Burguillo subbasin (Alberche River, Tajo Basin)

A. Díez Herrero y J. de Pedraza Gilsanz

Dpto. de Geodinámica, Fac. CC. Geológicas, U. Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

ABSTRACT

A statistical analysis of flood discharges has been carried out in the El Burguillo subbasin (Alberche River, Tajo Basin, Central Spain), using parametric methods with only local data. Three series of peak discharges and nine statistics models (distribution function + parameters estimation method) were utilized in order to obtain the 27 possible combinations of flood probability results. Besides, a temporal study of the flood frequency and its relation with some synoptic meteorological situations was made. The best statistic model for these series is the combination of a Generalized Extreme Value distribution (GEV) and the Moments method (MOM). The flood events are located between October and May, and they could be mainly related to Atlantic northwest frontal systems slowly transported by the westerlies. The SCS methodology to obtain the curve number needs more corrections than a simple application of the regional multiplicative factor, because its value varies with the return period.

Key words: *Statistical analysis, curve number, flood discharges, Alberche River.*

*Geogaceta, 21 (1997), 97-99
ISSN: 0213683X*

Introducción y objetivo

Entre las diferentes técnicas que existen para el estudio hidrológico de las crecidas, una de las más utilizadas es el análisis estadístico de caudales (Ferrer, 1992). Dentro de este grupo de métodos se distinguen las técnicas no paramétricas (aproximaciones gráficas) y las paramétricas, que tratan de definir un modelo estadístico con: elección del tipo de distribución, método de ajuste de parámetros y cuantiles, y procedimiento de utilización de datos locales y regionales.

El objetivo del presente trabajo es estimar los cuantiles correspondientes a caudales de avenida con diferentes períodos de retorno para el río Alberche en la subcuenca del embalse de El Burguillo (Ávila), utilizando métodos estadísticos paramétricos con datos locales. Paralelamente se trata de precisar la distribución temporal de los eventos registrados en su conjunto, y en relación con la magnitud de sus caudales. Una mayor información sobre el área de estudio puede consultarse en el trabajo previo Díez y Pedraza (1996).

Como consecuencia de la comparación de los resultados con los obtenidos mediante el análisis hidrometeorológico

(Díez y Pedraza, 1996) se realizará una calibración empírica del umbral de escorrentía que permitirá en el futuro estimar los cuantiles en subcuencas sin datos de aforo o donde éstos son insuficientes para abordar el análisis estadístico de caudales.

Metodología

Para el análisis estadístico de caudales se parte de la adquisición y selección de los datos de aforo existentes para la cuenca, fundamentalmente las series anuales de caudales máximos de entrada al embalse de El Burguillo (estación I11). Tres son las series anuales de caudales disponibles: máximos medios diarios (Q_m) registrados en la Confederación Hidrográfica del Tajo (43 datos entre 1941/2 y la actualidad); máximos instantáneos (Q_i) medidos igualmente por la C.H. del Tajo (16 datos entre 1941/2 y la actualidad); y máximos medios diarios (Q_m) registrados por la Dirección de Movimiento de Energía de la compañía Unión Fenosa (62 datos entre 1930/31 y 1992/93).

El modelo estadístico elegido utilizará diferentes combinaciones de funciones de distribución y métodos de ajuste de

parámetros y cuantiles, siempre usando únicamente datos locales. En concreto se han ensayado, para cada una de las tres series anuales, nueve combinaciones de las funciones de distribución GEV, Gumbel, LPIII y SQRT-ET, con los estimadores de momentos (MOM), momentos ponderados (PWM), máxima verosimilitud (ML) y máxima verosimilitud con sesgo fijo. Para el cálculo de los parámetros de las funciones y los cuantiles correspondientes se utilizó el paquete informático LEYES (CEH, 1991) para ordenador personal.

La caracterización temporal de los episodios de crecida en la subcuenca utiliza la serie anual de caudales máximos diarios de Unión Fenosa, a partir de la cual se realizan análisis de frecuencias de su reparto mensual y estacional, tanto en conjunto como definiendo unos intervalos entre los cuantiles.

Por último, la comparación entre los métodos hidrometeorológicos (Díez y Pedraza, 1996) y los resultados del análisis estadístico para la calibración empírica se realizó variando el valor del umbral de escorrentía (en un rango entre 10 y 100 mm) en las entradas a primeros. Los caudales obtenidos se compararon con los del análisis estadístico mediante funcio-

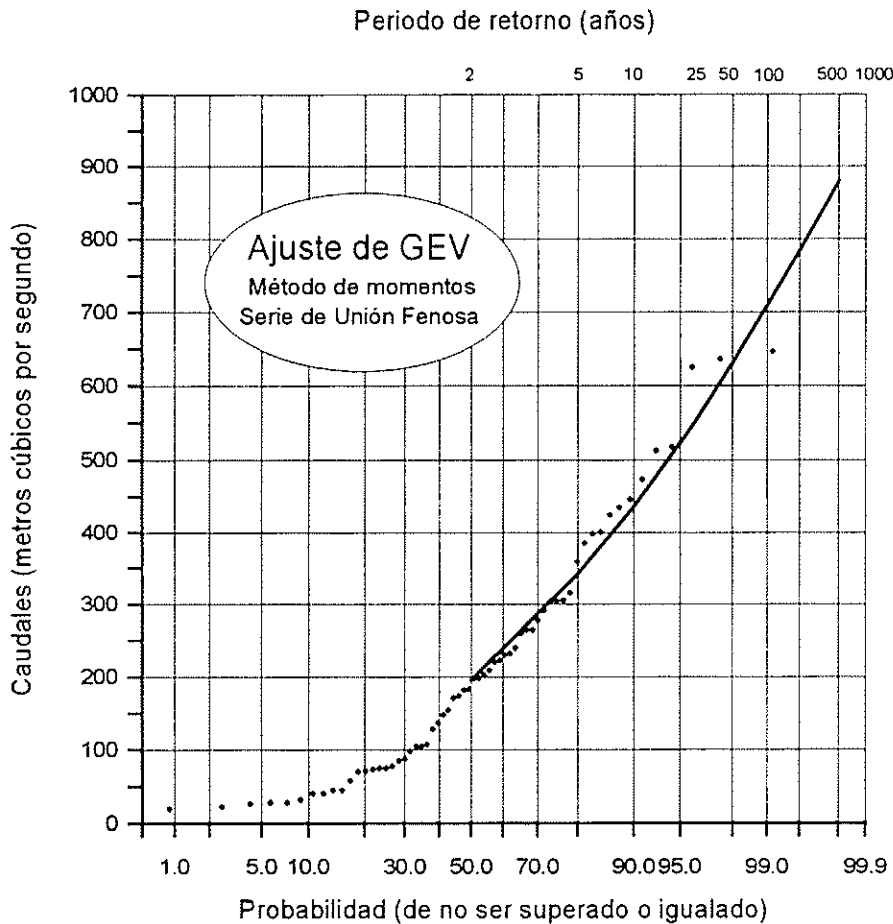


Fig. 1.- Gráfica de la función de distribución GEV con estimación de parámetros por momentos para la serie anual de caudales máximos diarios de Unión Fenosa.

Fig. 1.- Fitted graph of the GEV distribution function with parameters estimation through moments method, for the annual series of maximum daily discharges came from Unión Fenosa company.

nes de mínimos cuadrados, de cuyo valor más bajo se obtiene el umbral óptimo que mejor ajusta ambos resultados; esta calibración se realiza tanto para un valor medio como para los diferentes períodos de retorno considerados.

Resultados y discusión de los mismos

Los cuantiles resultantes de los diferentes cruces entre las combinaciones que definen el modelo estadístico y las series anuales de caudales, quedan recogidos en la Tabla I. La bondad del ajuste de las distintas funciones de distribución se realizó con un simple cálculo de mínimos cuadrados implementado en una hoja de cálculo y mediante una comprobación visual sobre las propias gráficas. Pudo comprobarse que las combinaciones idóneas para todas las series son la función GEV con ajuste de parámetros por Momentos o Momentos Ponderados (Fig. 1). Se calcularon con la serie de Unión

Fenosa (máximos medios diarios ó Q_c) unos cuantiles para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años, de 195, 342, 436, 549, 630, 708, 783 y 879 m^3/s , respectivamente. Los valores de máximos instantáneos (Q_i) correspondientes a la serie de la C.H. Tajo son de 325, 613, 815, 1083, 1292, 1507, 1731 y 2040 m^3/s , para esos períodos de retorno.

Todos los eventos de caudales máximos anuales registrados se localizan en los meses comprendidos entre octubre y mayo, ambos inclusive (Tab. 2). El histograma de frecuencias presenta forma de campana simétrica, ligeramente bimodal (modas en diciembre-enero y marzo). Considerando las frecuencias por intervalos, la bimodalidad es más acusada para los eventos de menor magnitud ($Q < T_2$), ya que presenta dos modas bastante separadas, correspondientes a diciembre y abril, cuando no se registra ningún evento. Por el contrario, los eventos de

caudales mayores están notablemente centrados y son unimodales, sobre todo para aquéllos comprendidos en el intervalo $[T_2, T_{10}]$, con una moda entre enero y febrero.

Comparando los cuantiles obtenidos por los diferentes métodos en parejas equivalentes, esto es, valores máximos instantáneos (Q_i con Q_p HEC-1 y Q_p racional) y medios diarios (Q_c con $Q_{2.1}$ HEC-1) por separado, se puede comprobar la disparidad existente entre los caudales resultantes, que en ocasiones llegan a duplicarse. Ello se debe fundamentalmente a las condiciones de humedad inicial, consideradas como «normales» para la situación media en el cálculo del umbral de escorrentía para los métodos hidrometeorológicos (Díez y Pedraza, 1996). Este hecho, puesto ya de manifiesto por Témez (1978, 1991), ha dado lugar a la aparición de un factor multiplicador medio del umbral de escorrentía (coeficiente de humedad inicial o C_m) con variabilidad geográfica a nivel nacional entre valores de 1 y 2.5 (Témez, 1987).

La metodología de comparación entre los resultados del análisis estadístico y los del método racional ha servido para calibrar empíricamente el umbral de escorrentía en cuencas afloradas, y posteriormente aplicar el correspondiente C_m regional medio, al umbral en aquéllas que carecen de datos de caudales. Procediendo de semejante manera, se ha estimado dicho coeficiente de humedad inicial para la subcuenca de El Burguillo, haciendo coincidir los resultados del análisis estadístico con aquéllos de los cálculos hidrometeorológicos para diferentes valores del umbral de escorrentía. Los valores medios del C_m que mejor ajustan ambos resultados para la comparación de caudales punta son 1.87 (Q_i versus Q_p racional) y 1.66 (Q_i versus Q_p HEC-1); y 1.75 para la calibración entre caudales medios diarios (Q_c y $Q_{2.1}$ HEC-1). Estos datos son muy homogéneos, y coherentes con el valor asignado por Témez (1987) para esta región, próximo a 2, por lo que pueden considerarse válidos.

Sin embargo, se ha observado en la calibración empírica una considerable variabilidad del umbral de escorrentía óptimo con el período de retorno considerado (T). Esta variación, diferencia entre la función de distribución elegida en el análisis estadístico y la definida por los cuantiles de los cálculos hidrometeorológicos, se ajusta a su vez a una función de tipo «power», $\text{Log}(C_m) = a \cdot \text{Log}(T) + b$; donde a y b son parámetros que equivalen a $[0.13, 0.19]$ y $[2.38, 2.72]$, respectiva-

T_{500} (m ³ /s)	Serie anual de caudales			
	I	II	III	
M o d e l o e s t a d í s t í c o	1	1800	2040	1125
	2	981	1426	879
	3	697	1317	789
	4	-	3879	1737
	5	885	1719	942
	6	833	1828	963
	7	704	1701	899
	8	2876	2820	1290
	9	1238	1992	1488

Tabla 1.- Valores de los caudales para el cuantil de período de retorno de 500 años (T_{500}) obtenidos al confrontar las nueve combinaciones del modelo estadístico con las tres series anuales de datos.

Table 1.- Flood discharges values corresponding to a return period of 500 years (T_{500}) for different statistical models and the three data series.

mente. Tal hecho, nada extraño considerando la naturaleza de las funciones que subyacen bajo el cálculo del coeficiente de humedad inicial, debe indicar que existen variables no consideradas en la estimación y que su influencia deja notarse con el período de retorno siguiendo un patrón fijo. Su justificación física podría relacionarse con la diferente naturaleza de las precipitaciones que dan lugar a episodios de crecida de distinto período de retorno: menos intensas y más dilatadas en el tiempo para mayores T, y más intensas y con menor capacidad de infiltración para menores períodos de retorno.

Conclusiones

El modelo estadístico que mejor se ajusta al análisis de los caudales registra-

Número (Porcentaje)	Intervalos de caudales en función de los cuantiles						TOTAL mensual
	$Q < T_2$	$T_2 < Q < T_5$	$T_5 < Q < T_{10}$	$T_{10} < Q < T_{25}$	$T_{25} < Q < T_{50}$	$T_{50} < Q$	
Octubre	2 (3.2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (3.2)
Noviembre	4 (6.4)	2 (3.2)	0 (0)	1 (1.6)	0 (0)	0 (0)	7 (11.3)
Diciembre	6 (9.7)	4 (6.4)	0 (0)	1 (1.6)	0 (0)	0 (0)	11 (17.7)
Enero	4 (6.4)	4 (6.4)	3 (4.8)	1 (1.6)	0 (0)	0 (0)	12 (19.3)
Febrero	0 (0)	4 (6.4)	2 (3.2)	0 (0)	1 (1.6)	0 (0)	7 (11.3)
Marzo	5 (8.1)	4 (6.4)	0 (0)	1 (1.6)	0 (0)	1 (1.6)	11 (17.7)
Abril	7 (11.3)	0 (0)	1 (1.6)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	8 (12.9)
Mayo	3 (4.8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.6)	4 (6.4)
TOTAL int.	31 (50)	18 (29)	6 (9.7)	4 (6.4)	1 (1.6)	2 (3.2)	62 (100)

Tabla 2.- Número de eventos de crecida y porcentaje correspondiente respecto al total según una distribución mensual y en función de distintos intervalos establecidos con los cuantiles.

Table 2.- Number of flood events and percentages according to a monthly distribution and for the different intervals of the flood frequencies.

dos en la estación de aforos de El Burguillo, parece ser el que combina una función de distribución del tipo GEV con un método de cálculo de parámetros y cuantiles con estimación de Momentos.

Los pequeños eventos de crecida en esta subcuenca se producen asociados a precipitaciones otoñales y primaverales, que están relacionadas con situaciones sinópticas frontales atlánticas de procedencia noroccidental junto a la existencia de masas de aire cálido-húmedo cerca de la Península. Los eventos intermedios están excepcionalmente centrados en los meses invernales, correspondientes a situaciones frontales atlánticas prolongadas durante varios días (incluso semanas) reforzadas por efecto orográfico en la parte meridional de la cuenca. Finalmente, los caudales excepcionales suelen asociarse a precipitaciones invernales tardías o primaverales, con situaciones frontales atlánticas, que generan nevadas seguidas de intensas y prolongadas lluvias.

No se considera suficiente ajustar el valor de umbral de escorrentía obtenido con las tablas del S.C.S. mediante el coeficiente de humedad inicial propuesto por Témez; resultados más ajustados, que

contienen toda la variabilidad que subyace para diferentes períodos de retorno, se consiguen aplicando un factor multiplicador diferente según el período de retorno a considerar.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la desinteresada cesión de los datos de caudales a la Confederación Hidrográfica del Tajo y a la Compañía Unión Fenosa; igualmente a Miguel Ángel Sanz Santos su colaboración en el tratamiento informático de los datos, y al personal del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX sus sugerencias y aportaciones.

Referencias

CEH (1991): *Paquete informático LEYES*, CEDEX (MOPT).
 Díez, A. y Pedraza, J. de (1996): *Geogaceta*, 21: 111-114.
 Ferrer, J. (1992): *Monografía CEDEX*, 26.
 Témez, J.R. (1978, 1987): *D. Gral. de Carreteras*, MOPU.
 Témez, J.R. (1991): *XXIV Congr. I.A.H.S.*, vol. A: 33-40.

