

# COMENTARIO AL ARTICULO: "AVENIDAS MAXIMAS DE LOS RIOS ESPAÑOLES" DE ANTONIO GETE ALONSO DE YLERA Y FRANCISCO JAVIER ONCINS MINDAN, PUBLICADO EN EL NUMERO DE FEBRERO DE 1978

Por Fernando SAENZ RIDUEJO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El trabajo de Gete y Oncins es muy interesante y muy oportuno, dado que viene a llenar un vacío que se estaba dejando sentir en el dimensionamiento rápido de estructuras hidráulicas.

No tenía sentido, en efecto, el que entre la multitud de fórmulas empíricas disponibles para cálculo de avenidas sólo hubiera entre las de difusión más amplia dos específicamente adaptadas a nuestros ríos (González Quijano, para el Guadalete, y Zapata, para el NE), y ambas elaboradas hace cerca de medio siglo, cuando el número de datos y la fiabilidad de los mismos eran mucho menores que en la actualidad.

La trascendencia de las fórmulas propuestas por los autores, es enorme, porque aunque se diga que cada caso particular exigirá un estudio independiente, en la práctica, aun en proyectos de envergadura, cuando se trate de ríos sin aforos propios, siempre se tenderá a recurrir a cuencas y zonas próximas. Quiere ello decir que cualquier inexactitud o error deslizado en las mismas será importante, pues repercutiría en gran cantidad de proyectos que a buen seguro han de tomar estas fórmulas como pauta.

Por eso nos permitiríamos sugerir a los autores que no consideraran su estudio como cerrado, sino que lo perfeccionasen a la vista de las sugerencias que los compañeros fueran dando al contrastarles con la realidad concreta de cada zona. El ideal es que este trabajo se asumiera por un organismo de tipo nacional, como Unesa, o mejor aún como el Centro de Estudios Hidrográficos, el cual acabará dando un cierto carácter oficial a las fórmulas finalmente resultantes.

En ese espíritu de colaboración nos permitimos hacer algunas observaciones que, aunque en algún caso expresen cierta discrepancia de criterio, se basan siempre en la amistad hacia los autores y en el interés por su trabajo.

## 1. El exponente 0,5. Ambito de validez de las fórmulas

Una vez decidido por los autores la adopción de una fórmula del tipo  $Q = CS^x$ , en que  $x$  es constante y las variaciones regionales se expresan por el coeficiente  $C$ , el problema que se plantea es la determinación de  $x$ .

Los autores han elegido  $x=0,5$  de acuerdo con la fórmula de Myer. Estamos conformes en que dicho valor se adapta bien a la envolvente de los máximos observados a lo largo del cauce de aquellos de nuestros grandes ríos que tienen cabeceras con fuerte pendiente, grandes lluvias y considerables escorrentías, y unas cuencas medias compuestas por amplias mesetas de escasa escorrentía que añaden a la cuenca gran superficie sin aportar gran cosa a las puntas de avenida.

El problema surge cuando se quiere aplicar estas fórmulas no a las estaciones del cauce principal o a los afluentes más ricos de las cabeceras, sino a los afluentes de las zonas medias, con escasa pendiente y superficie media. Entonces se observa que los valores obtenidos por Gete y Oncins son con frecuencia mayores que los reales, especialmente para pequeños periodos de retorno. Un ejemplo típico es el del río Jalón, que drena la extensa planicie de la antigua cuenca Calatayud-Teruel. En Cetina le corresponderían para diez años de periodo de retorno 800 metros cúbicos/s, de acuerdo con el coeficiente  $G = 20$  fijado por los autores para la cuenca del Ebro. En realidad las avenidas registradas por el C.E.H. en treinta y seis años no han llegado en sus puntas instantáneas ni a la mitad de ese valor.

Realmente para cuencas muy pequeñas, el valor del exponente  $x$  debe valer 1, como en el método racional usado para cálculo de alcantarillas en carreteras y urbanizaciones. El valor correspondien-

te de  $G$  oscilaría entre 5 y 15, según zonas y periodos de retorno. Para cuencas intermedias, hasta 1.000 kilómetros cuadrados, los exponentes más adecuados varían entre 0,6 y 0,75. Para cuencas mayores el exponente se acerca más al 0,5 de Myer.

En definitiva, creemos que para cuencas pequeñas, sobre todo si corresponden a arroyos secundarios, las fórmulas propuestas sólo deben aplicarse después de un cuidadoso estudio.

## 2. Zonificación de España

Los autores, a la vista de los resultados obtenidos, deciden la división de España en cuatro grandes zonas, a las que aplican unos coeficientes medios para cada periodo de retorno.

La zona A, de avenidas más intensas, comprende a grandes rasgos: de una parte, Galicia, con todo el Sil, y de otra, el Guadalquivir y el Guadalete, no quedando claro en el mapa de los autores si incluyen también el Eo, por el Norte, y el Tinto y el Odiel, por el Sur; se le dan los valores  $G_{100} = 55$  y  $G_{1000} = 80$ . Cabe señalar, que si el estudio se extendiera a toda la Península, esta zona abarcaría la mayor parte de Portugal, adquiriendo así una continuidad que ahora no tiene. Cobraría además un sentido meteorológico, al cubrir el área más afectada por los temporales atlánticos y un sentido geológico al abarcar en buena parte la E que forman los terrenos impermeables, graníticos y primarios, del oeste de la Península. En esta zona deberían incluirse también algunas subcuencas de las del Duero y el Tajo, como es el caso de la del Tera. Es significativo que esta zona incluya las dos en que se han elaborado las fórmulas mencionadas de Zapata y González Quijano, con las cuales, para cuencas grandes, coincide razonablemente.

Respecto a González Quijano, se mantiene con diferencias inferiores

## COMENTARIO AL ARTICULO: "AVENIDAS MAXIMAS DE LOS RIOS ESPAÑOLES"

al 15 por 100 en más o menos para cuencas entre 500 y 3.000 km<sup>2</sup>, y respecto a Zapata, para cuencas entre los 3.000 y 50.000 km<sup>2</sup>. Las grandes diferencias existentes entre los coeficientes dados por Gete y Oncins para esta zona A y para el resto de la España peninsular, muestran a las claras el gran error por exceso que cometemos generalizando indebidamente al resto de España el uso de las fórmulas de Zapata y González Quijano.

La zona B incluye las cuencas del Tajo, el Guadiana, por la vertiente atlántica, y las de Mijares y Palancia, por la mediterránea. Creemos que

cerca de sus cabeceras, las cuencas del Tajo y la del Guadiana tienen amplias zonas en que los valores adoptados ( $G_{100} = 40$ ,  $G_{1000} = 58$ ) resultan demasiado grandes. Concretamente para las cuencas del Henares (1) se han publicado fórmulas que conducen a valores mucho más bajos. A continuación damos un cuadro en que se aplica la fórmula Gete-Oncins para diez y cien años a las estaciones estudiadas por J. Saiz. Puede verse que los valores de este autor se adaptan mejor a los coeficientes  $G_{10} = 10$  y  $G_{100} = 16$ .

Por otra parte, hay dos áreas que

En lo que a los ríos del Pirineo Oriental respecta, nuestra impresión, después de haber trabajado en casi todos ellos, es que las fórmulas pueden dar valores escasos, sobre todo para algunos de los ríos litóral de Barcelona y Gerona. Refiriéndonos sólo a datos publicados por organismos oficiales, citaremos el estudio de las avenidas de 1962 publicado por el C.E.H. (5), que asigna a aquellas avenidas un periodo de retorno de setenta años, y llega a caudales que convertidos en valores del coeficiente  $G$  oscilan entre 55 y 75. En un punto de la Riera de Rubí, con 119 km<sup>2</sup>, se registraron 618 m<sup>3</sup>/s, y en otro del Ripoll, 978 m<sup>3</sup>/s en 225 Km<sup>2</sup>.

Por otra parte, en las crecidas de septiembre de 1971, en el río Tordera y cuencas próximas, se alcanzaron caudales superiores a  $40 \sqrt{S}$ , según estudios realizados por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

Son, por lo tanto, valores equivalentes a los del Miño, es decir, a los mayores del grupo A. Propondríamos dividir en dos zonas esa unidad artificiosa que es el "Pirineo Oriental", incluyendo en la zona A las cuencas del Llobregat para arriba y dejando todo lo situado por debajo en la zona C. Cobra así la zonificación un sentido más claro desde los puntos de vista pluviométrico y litológico.

En la cuenca del Ebro existen amplias zonas en las que los valores proporcionados por los coeficientes dados por los autores son excesivos. Ya hemos citado la cuenca del Jalón y lo mismo puede decirse de todas las cuencas contiguas de la margen derecha y de los barrancos que bajan de los Monegros en la margen izquierda. Todos ellos podría englobados en un coeficiente  $G_{100} = 10$ . Probablemente en cambio haya otros afluentes pirenaicos que superen el valor medio adoptado.

En la cuenca del Duero prácticamente no existe esa cabecera con fuertes escorrentias que en otros ríos justifica, ya desde el comienzo,

Estación	Cuenca (Km <sup>2</sup> )	Gete-Oncins		J. Saiz	
		Q <sub>10</sub> (G 22)	Q <sub>100</sub> (G 40)	Q <sub>10</sub>	Q <sub>100</sub>
Espinillos	4.031	1.397	2.540	396	697
Humanes	2.597	1.121	2.038	395	678
Bujalaro	1.036	708	1.287	232	381
Palmaces	275	365	663	119	203
Alcorlo	365	420	764	201	306
Beleña	519	501	913	291	519

deberían ser añadidas a esta zona. La primera es la cuenca del Turia, que, quizá por error, figura incluida en la zona D, que es la de menores avenidas máximas estudiada por los autores. Asignan éstos al Turia el coeficiente  $G_{100} = 19$ , que daría en Valencia (cuenca de 6.400 km<sup>2</sup>) una crecida  $Q_{100} = 1.580$  m<sup>3</sup>/s, cuando sabemos que en las inundaciones de 1958 se alcanzó una cifra próxima a los 4.000 m<sup>3</sup>/s. Se conseguiría de esta forma dar a la zona B una conexión que ahora en el mapa de los autores no existe.

Por otra parte, hay algunas cuencas tributarias del Duero, como son las del Esla y Tormes, cuyos coeficientes están más cerca de los valores asignados a la zona B que a los de la C.

En el Esla, en Ricobayo, se han registrado crecidas con periodicidad próxima a la centenaria, que se han evaluado en 5.500 m<sup>3</sup>/s, que para una cuenca de unos 17.000 km<sup>2</sup> corresponde a  $G = 42$ . Ver (2) y (3).

La zona C es un gran cajón de sastre en que se incluyen cuencas

tan dispares como son la cantábrica, el Duero, el Ebro y las del Pirineo Oriental. Al conjunto de ellas se les asignan unos valores medios  $G_{100} = 28$  y  $G_{1000} = 40$ .

Creemos que las cuencas de la vertiente cantábrica, con características propias bien definidas, tienen valores algo más altos y podrían ser desglosadas del resto.

Los autores han analizado en esta vertiente un único río, el Nalón, al que dan un valor  $G_{100} = 30$ . Ateniéndose a los estudios de la presa de La Barca (4), en que se llegó a un valor  $Q_{500} = 1.500$  m<sup>3</sup>/s para una cuenca de 1.168 km<sup>2</sup>, resultaría en el río Narcea un valor  $G_{500} = 44$ , al que corresponderían valores del orden de  $G_{100} = 34$ ,  $G_{1000} = 48$ .

Por nuestra parte, podemos decir que de acuerdo con los datos que tenemos del Nervión, para este río podría aceptarse un valor  $G_{100} = 32$ .

Proponemos, en definitiva, que la vertiente cantábrica se desglose del resto de la zona C, dándole unos valores medios englobados en la fórmula  $G_T = 4 + 14 \log T$ .

## COMENTARIO AL ARTICULO: "AVENIDAS MAXIMAS DE LOS RIOS ESPAÑOLES"

los valores altos del coeficiente G. Allí desde las altimesetas por las que deambula el Rituerto hasta los llanos por los que se secan la Esgueva o el Valderaduey, las avenidas se laminan antes de llegar al cauce principal. En cambio, son los afluentes de la cuenca media Tormes, Esla, Huebra y Agueda los que, ya cerca de la frontera, elevan el valor de G. El mejor estudio existente del Duero, de nuestro compañero Rodríguez Marquina (2), fija el caudal centenario del Duero antes de la incorporación del Esla en 3.000 m<sup>3</sup>/s, que para 46.000 km<sup>2</sup>, corresponden a un valor  $G_{100} = 15$ . Ver también (3).

La zona D también es muy amplia, y cubre áreas dispares. Aparte de la cuenca del Turia, cuyo traspaso a la B hemos propuesto, existen otras comprendidas entre las estribaciones de Sierra Nevada y el mar en las que probablemente se queden cortos los coeficientes adoptados  $G_{100} = 19$  y  $G_{1000} = 27$ . La Comisaría de Aguas del Sur de España recomienda el uso de las fórmulas  $Q_{100} = 27,27S^{0,537}$  para  $S > 25$  km<sup>2</sup> y  $Q_{100} = 20S^{0,682}$  para  $S < 25$  km<sup>2</sup>. Los valores de ambas dan, para una amplia gama de S, diferencias inferiores al 10 por 100 respecto a la  $Q_{100} = 32S^{0,5}$ .

En definitiva, propondríamos a los autores la modificación de su mapa de división en zonas, aunque al igual que ellos, también pensemos que puede ser mejorable.

### 3. Otros temas

Respecto a la fórmula propuesta por los autores para correlacionar las puntas de avenidas en las máximas diarias tenemos que decir que en los casos en que hemos hecho dicha correlación, en las cuencas del Ebro y sus afluentes, los valores que hemos obtenido han sido más próximos a los de Fuller.

Otro tema sobre el que queremos llamar la atención es sobre las fórmulas que han empleado para la extrapolación por Gumbel. Los autores consideran  $Q = 0,7797 y +$

$(M - 0,45\sigma)$ , que es el valor correspondiente a una serie infinitamente larga. Ven Te Chow ha definido los valores correspondientes a una serie de n años:  $Q_i = M + \frac{\sigma}{S_n} (y - y_n)$  siendo  $y_n = 0,5772$  y  $S_n = 1,2826$  cuando n tiende a  $\infty$ . Para  $n = 25$  (que puede ser un valor medio de las series de años disponibles en las distintas estaciones de aforos) vale  $y_n = 0,5309$  y  $S_n = 1,0915$  (6). Ello origina valores del orden del 10 por 100 mayores que los que corresponderían a n infinito.

En cualquier caso, ninguno de los dos efectos citados es importante, siendo además de signo contrario sus posibles influencias.

## CONTESTACION DEL AUTOR

Hemos de agradecer, en primer lugar, las palabras de Fernando Sáenz, y el magnífico espíritu de colaboración que presiden sus acertados comentarios, con los que, en líneas generales, estamos totalmente de acuerdo.

Nuestro trabajo solamente pretendía crear una inquietud sobre el tema, un tanto dejado de lado por los ingenieros hidráulicos españoles, y en el que, por inercia, seguíamos basándonos, en muchos casos, en fórmulas empíricas extranjeras o en algunas locales antiguas españolas, que considerábamos no tenían una correcta aplicación generalizada, en los ríos españoles.

Como se indicaba en el artículo, no era más que un resumen parcial de un extenso trabajo titulado "AVENIDAS MAXIMAS EN LOS RIOS ESPAÑOLES. DETERMINACION, PROBABILIDAD Y CLASIFICACION", que terminamos para ASINEL en 1973, dentro del "Grupo de Trabajo de Avenidas", y al que remitimos a quienes deseen profundizar en dichas ideas.

Es evidente el interés de mejorar las fórmulas propuestas, y tanto más podrá afinarse cuanto se vaya disponiendo de más datos fiables, pero esto no puede ser el trabajo aislado de unas cuantas personas, sino de todos los ingenieros que

### REFERENCIAS

(1) Saiz García - Cuenca J.: "Fórmulas del río Henares para la determinación de máximas avenidas en dicha cuenca". *Cimbra*, págs. 23 a 25.

(2) Proyecto del Salto de Villalcampo en el río Duero (Zamora). Anexo núm. 3. Determinación de la máxima avenida posible.

(3) Galindez, A., et al.: *Spillways in a peak flow river*. IX Congreso de Grandes Presas V-II, págs. 365 a 389.

(4) Alvarez, A.: Artículo sobre la presa de La Barca en Revista OBRAS PUBLICAS. Número especial dedicado al Congreso de Grandes Presas de Edimburgo. Madrid, 1964.

(5) López Bustos, A.; Coll Ortega, J. M.; Llansó de Viñals, José M., y Espinosa Tranco, R.: "Resumen y conclusiones de los estudios sobre las avenidas del Vallés en 1962". C.E.H., Madrid, 1964.

(6) Ver, por ejemplo, Elias, F.: "Precipitaciones máximas en España". Madrid, 1963, pág. 231.

vayan teniendo relación con el tema.

Ya, en nuestro citado trabajo, se hacía mención a ello, al indicar que era factible "de su mejora y ampliación, en publicaciones futuras, cuando, cuantos estén interesados en el tema, puedan aportar nuevos datos e información, y los juicios y opiniones que la aplicación práctica les vaya sugiriendo". Nos satisface ver que el amigo Fernando Sáenz ha cogido el primer relevo "de la antorcha encendida".

No obstante lo anterior, volvemos a insistir en que los estudios y fórmulas que proporcionamos no tenían la finalidad de eliminar los cálculos de avenidas, que los proyectistas de Obras Hidráulicas debieran efectuar en cada caso concreto. Se pretendía solamente que pudieran sustituir, con mayor aproximación —tanto menor cuanto más extensa es la zona a la que afectan— a la innumerable serie de fórmulas empíricas existentes (nosotros recogíamos unas 40 en nuestro trabajo). Por ello, y aun insistiendo en la conveniencia de llegar a conseguir una mayor aproximación en las fórmulas propuestas, no creemos pueda hablarse de temores de "inexactitud o error deslizado en las mismas", sino de mayor o menor