

JUAN IGNACIO PALANCA GALINDO

## ANÁLISIS DE AVENIDAS DEL ALTO PALANCIA. PERÍODO 1960-1990

### RESUMEN

El presente artículo constituye un resumen del Trabajo de Fin de Carrera titulado "*Análisis hidrológico de las avenidas del Alto Palancia. Período 1960-1990*", dirigido por el Dr. D. Alejandro J. Pérez Cueva. En este trabajo, se han investigado las crecidas que se han producido en la cuenca alta del Río Palancia en un período de 30 años. Dichas crecidas se han clasificado, caracterizado y descrito, a efectos de obtener volúmenes totales de escorrentía directa, y coeficientes de escorrentía. Paralelamente se ha hecho un estudio de las precipitaciones y de cómo han influido en la producción de escorrentía directa.

### ABSTRACT

This paper summarises a Final Year Degree Project entitled "*Hydrological analysis of floods in the Alto Palancia river. Period 1960-1990*", supervised by Dr. Alejandro J. Pérez Cueva. The project studies floods produced in the upper basin of the Palancia river, in the Valencia Region, over a period of thirty years. The floods have been classified and analysed to obtain total volumes of direct runoff and runoff coefficients. At the same time the rainfall has been studied in order to deduce its influence on the generation of direct runoff.

### INTRODUCCIÓN

La zona de estudio que hemos investigado se encuentra situada en el interior de la Provincia de Castellón, en la comarca del Alto Palancia. Su extensión es de 475 km<sup>2</sup> y abarca desde la cabecera del río, a la altura del páramo de Barracas-El Toro, hasta el Embalse de Regajo. En nuestro estudio consideramos únicamente los límites de la cuenca hidrográfica vertiente al citado embalse. Este trabajo pretende, básicamente, analizar, describir y clasificar las avenidas que se han producido en el tramo del río Palancia que no está regulado por ninguna presa, por lo que nos hemos centrado en la cuenca alta del mismo.

A la hora de establecer las directrices de la investigación, decidimos ocuparnos del estudio de las avenidas en un río del territorio valenciano, dado que las inundaciones son el principal riesgo natural que hay en nuestras tierras. Se escogió el río Palancia por la característica de presentar un tramo sin regular, ser un lugar accesible y disponer de adecuada cobertura de observatorios, mínima pero suficiente para llevar a cabo nuestra investigación. Se escogió un período

do de 30 años, entre 1960 y 1990, por ser el que mayor número de datos tiene registrados, dado que es un período climático internacionalmente considerado.

En una primera fase, se realizó un análisis del comportamiento hidrológico del río desde el año hidrológico 1959-60, hasta el año 1989-90. En una segunda fase, se procedió a la localización y análisis de las avenidas producidas en dicho período. Estas avenidas se describen y clasifican en arreglo a su duración en el tiempo, a su magnitud, y al tiempo de ascenso y descenso del hidrograma. En una tercera fase, se analizaron los datos de precipitación, calculando volúmenes totales de precipitación por medio de técnicas informáticas. Con todos estos datos, se calcularon los volúmenes de escorrentía directa y los porcentajes de escorrentía de la cuenca alta del Palancia.

Toda esta investigación proporcionó datos interesantes que nos llevaron a una serie de conclusiones de gran interés para posteriores investigaciones sobre la zona estudiada y para tomar las oportunas medidas de prevención para paliar los efectos de las avenidas del Alto Palancia.

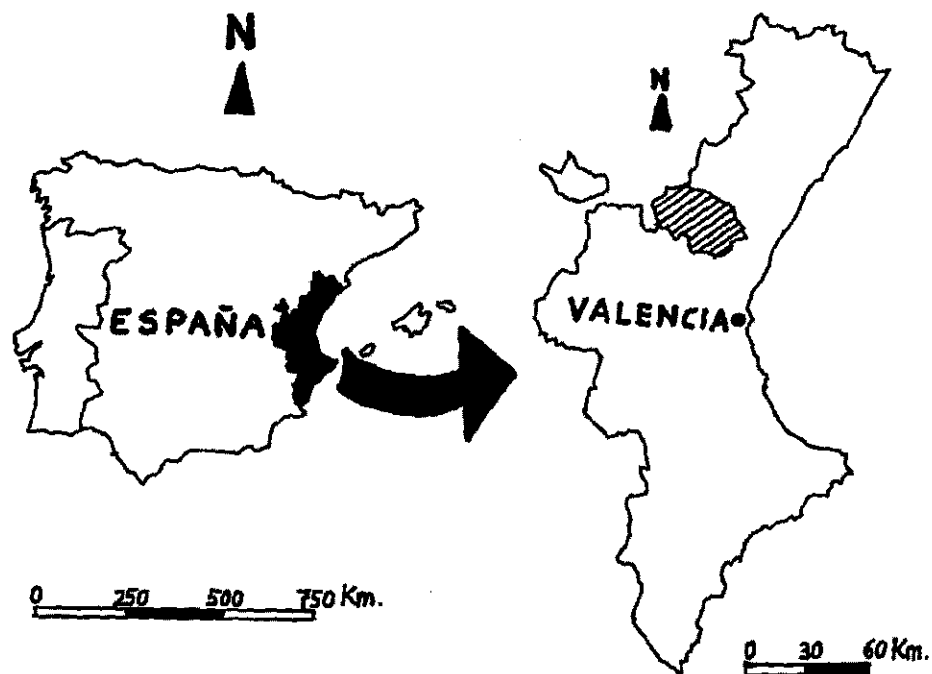


Fig. 1. Mapa de localización de la cuenca hidrográfica del Alto Palancia.

## DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS

El primer dato a tener en cuenta es que el río Palancia tiene un caudal perenne, aunque muy exiguo. Su caudal medio absoluto es de tan solo  $1'32 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Si se compara con los caudales absolutos de otros ríos mediterráneos, como el Mijares ( $9'04 \text{ m}^3/\text{seg}$ .) o el Turia ( $14'41 \text{ m}^3/\text{seg}$ .) (PÉREZ CUEVA *et. alii*, 1988), se puede comprobar que el Palancia tiene un caudal muy reducido. A partir de este dato, hemos establecido un umbral mínimo para considerar a partir de qué caudal se puede considerar que estamos ante una avenida.

De acuerdo con los datos de caudal medio diario, establecemos un *umbral mínimo* de  $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ . en el día del pico de crecida para nuestros análisis de avenidas, considerando únicamente aquellos casos en los que se supera este umbral. Ello no significa que no hayan pequeñas crecidas de uno o dos días con caudales inferiores a 10 metros cúbicos. Pero nuestra investigación se centró únicamente en los episodios que superaban este umbral, que es un 800% del caudal absoluto.

a) *Las crecidas*

Se han analizado un total de 26 avenidas de entre  $10$  y  $145 \text{ m}^3/\text{seg}$ ., con un período de recurrencia aproximado de 2 años. De acuerdo con su magnitud, distinguimos entre avenidas pequeñas, normales, grandes y extraordinarias, pero procurando establecer una clasificación ajustada a los resultados obtenidos. Por tanto, tendríamos cuatro categorías:

## Cuadro 1. Crecidas según su magnitud

- A) Crecidas pequeñas: menos de  $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ . (no estudiadas).
- B) Crecidas normales: entre  $10$  y  $20 \text{ m}^3/\text{seg}$ .
- C) Crecidas grandes: entre  $20$  y  $100 \text{ m}^3/\text{seg}$ .
- D) Crecidas extraordinarias: más de  $100 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Por lo que respecta a la duración total de los episodios analizados, el 54% de los mismos tiene una duración de entre 5 y 6 días. Para acotar la duración de una crecida, señalamos en el hidrograma de crecida el *día inicial* (aquel que registra un incremento de caudal de al menos un 30% respecto al anterior) y el *día final* (en el que el decremento de caudal no supera el 10% respecto al registro precedente). Entre el día inicial y el pico o cresta del hidrograma, encontramos lo que denominamos *fase de ascenso*, o tiempo que transcurre entre el día de inicio de la crecida y el día del pico. Este tiempo es de la mayor importancia a la hora de preparar la evacuación de la población civil en caso de riesgo de inundación. En el caso del Alto Palancia, la fase de ascenso dura entre 24 y 48 horas.

Por su parte, entre la cresta y el día final, transcurre la *fase de descenso* o curva de descenso del hidrograma. En un 50% de los casos, las riadas del Alto Palancia registran períodos de caída breves, de entre 1 y 2 días de duración. El restante 50% de los casos presentan fases de descenso de entre 3 y 5 días. A los primeros casos, les hemos denominado riadas *de caída brusca*, y a los segundos, riadas o crecidas *de caída moderada o suavizada*.

Respecto a la estacionalidad, y como es obvio en todos los climas mediterráneos, y muy especialmente en la vertiente mediterránea ibérica, la mayor parte de las crecidas se han producido en los meses del otoño. Exactamente un 69'2% de las avenidas se producen en esta estación, mientras que en invierno y en primavera, se han registrado, en cada caso, un 11'5% de

las riadas. En los meses estivales, únicamente se han producido el 77% de las avenidas del período que consideramos.

Con todos estos datos, hemos elaborado una pequeña tipología de crecidas del Alto Palancia, en arreglo a los caracteres arriba mencionados, y que se representaría de la siguiente manera.

Cuadro 2. Tipología de crecidas del Alto Palancia.

A: Típicas normales suavizadas	10
B: Típicas normales bruscas	3
C: Típicas extraordinarias suavizadas	3
D: Típicas grandes bruscas	3
E: Largas grandes suavizadas	4
F: Largas grandes bruscas	2
G: Largas normales suavizadas	1
TOTAL	26

Esta tipología pretende recoger y caracterizar las veintiséis avenidas producidas entre octubre de 1959 y septiembre de 1990, en atención a los factores que hemos expuesto, y de acuerdo con las características hidrológicas de la cuenca que hemos analizado.

#### b) Las precipitaciones

Por lo que a las precipitaciones se refiere, hemos hecho un primer análisis que consiste en la distribución de las lluvias, para lo cual nos hemos basado en las representaciones gráficas obtenidas en el citado programa *Golden Surfer*. Existen temporales que se centran en la cabecera de la cuenca, con núcleos localizados en las sierras de Javalambre y Espadán; este tipo de temporales no ocasiona crecidas importantes. Un segundo tipo de temporales afectan a la cuenca baja y a la cabecera del río Palancia, con varios núcleos concentrados a la altura de Bejís, Viver y Gaibiel. También se localizan algunos núcleos en la cubeta del embalse de Regajo.

La mayor cantidad de precipitación registrada en 24 horas en el Alto Palancia correspondió a Viver (23-06-1967) con  $168 \text{ l/m}^2$ , y en otros episodios se registraron máximos diarios de precipitación que superaban los  $100 \text{ l/m}^2$ . Por lo que respecta a volúmenes totales de precipitación, los datos obtenidos oscilan entre un máximo de  $120 \text{ Hm}^3$  y un mínimo de 6. Si relacionamos estos datos con la ubicación y extensión de los temporales, se observa que en la mayor parte de los casos analizados, los episodios que mayor volumen de precipitación vierten a la cuenca estudiada son aquellos que presentan uno o varios núcleos centrados en la cubeta del embalse de Regajo, y aguas arriba, en Bejís. Existe una relación entre grandes volúmenes de precipitación y la ubicación en la cuenca de los núcleos o células principales de precipitación. Pero esta relación no siempre condiciona el volumen del caudal y la escorrentía directa, puesto que en éste último proceso intervienen otros factores.

c) *La escorrentía*

A la hora de definir el flujo basal del volumen total de escorrentía directa, hemos de tener en cuenta la dificultad que ello supone. Partimos de la base de que los métodos que se emplean para definir el agua *directa* de la crecida, del flujo basal son un tanto imprecisos. Pero en nuestra investigación, y a la luz de los resultados obtenidos, podemos afirmar que el flujo directo recoge la escorrentía directa *sensu strictu* y la escorrentía subsuperficial de respuesta rápida, muy abundante en suelos pobres y pedregosos de los ambientes mediterráneos. Por su parte, el flujo basal, está compuesto por la escorrentía subterránea y subsuperficial de respuesta lenta.

Hemos empleado, a efectos de calcular estas variables, un método consistente en calcular mediante la ecuación del trapecio el flujo basal. Dicho trapecio sería el resultado de unir mediante una línea imaginaria, en el gráfico del hidrograma de cada avenida, el día inicial de la crecida con el día final adaptado a nuestros cálculos de la siguiente manera:

$$V_b = [(Q_i + Q_f)/2] \cdot n \cdot s_d$$

Las variables expresan el volumen del trapecio basal del hidrograma de cada avenida ( $V_b$ ), el caudal inicial (primer día del episodio,  $Q_i$ ), el caudal del último día ( $Q_f$ ), el número total de días que dura la crecida ( $n$ ), y el número de segundos que tiene un día ( $s_d$ ) que son exactamente 86400. Con esta ecuación se ha determinado cuál ha sido el flujo basal que ha circulado durante todo el episodio.

Los valores obtenidos oscilan entre 0'20 y 19'6 Hm<sup>3</sup>, con un promedio de 1'8 Hm<sup>3</sup>. Y una vez delimitado el flujo basal, contabilizamos el volumen total de agua del episodio, sumando los caudales diarios máximos (en m<sup>3</sup>/seg.) y multiplicándolos por 86400. Para lo que nos valemos de la siguiente fórmula:

$$V_T = (Qd_1 + Qd_2 + Qd_3 \dots + Qd_n) \cdot s_d$$

Estos volúmenes totales de escorrentía oscilan entre un mínimo de 1'30 y un máximo de 23'7 Hm<sup>3</sup>, con un promedio de 6 Hm<sup>3</sup>. Y habiendo obtenido volúmenes de flujo basal y volúmenes totales de escorrentía, calculamos el volumen de escorrentía directa, a partir de la diferencia entre ambos valores.

$$V_d = V_T - V_b$$

Los volúmenes de escorrentía directa oscilan entre un mínimo de 0'88 y un máximo de 17'1 Hm<sup>3</sup>. Este valor máximo se registró en la avenida producida el 14 de octubre de 1962 (72'5 m<sup>3</sup>/seg.), avenida grande por su magnitud. Dos de las tres avenidas extraordinarias, (que superan los 100 m<sup>3</sup>/seg.) produjeron también importantes volúmenes de escorrentía directa, con más de 10 Hm<sup>3</sup> cada una.

Por último, señalaremos que los coeficientes de escorrentía obtenidos en nuestra investigación han sido relativamente bajos. El coeficiente medio de escorrentía para las avenidas registradas en el Alto Palancia en el periodo 1960-90 ha sido de 11%, dato éste que conviene contrastar con los resultados obtenidos en otras cuencas fluviales mediterráneas de nuestro entorno. Para la Rambla de la Viuda, Segura y Camarasa (1996) dan un valor medio de 4'68%, mientras que para las Ramblas del Carraixet y del Poyo, obtienen valores que oscilan entre un 5% y un 9%.

Frente a estos valores, el Alto Palancia, se destaca ligeramente, con un 11%, resultado que demuestra la complejidad de los fenómenos hidrológicos que intervienen en las avenidas de

este pequeño río. No obstante conviene señalar una diferencia notoria que se debe tener en cuenta al analizar estos resultados.

El Palancia es un río con caudal base, es decir, perenne, (aunque muy exiguo), mientras que los datos de las ramblas hacen referencia a cauces secos, con circulación hídrica espasmódica, únicamente limitada a los episodios de máximas precipitaciones. Además, el Alto Palancia es una cuenca fluvial con una cobertura vegetal más densa que las citadas ramblas. Sin embargo, en común comparten todos dos condiciones: se trata de cuencas fluviales mediterráneas, en las que opera un clima de precipitaciones irregulares, y cuyo substrato geológico es calcáreo, con elevados componentes cársticos, que influyen de forma notoria en los procesos de infiltración.

Como conclusión, diremos que los bajos porcentajes de escorrentía que registra el Alto Palancia son debidos a varios factores, tales como la irregularidad de las precipitaciones y las características geológicas de la cuenca, los cuales, realmente atenúan y disminuyen notablemente los volúmenes totales de escorrentía, y por tanto, la peligrosidad de las avenidas e inundaciones producidas en esta pequeña cuenca hidrológica.

#### BIBLIOGRAFÍA

- CAMARASA BELMONTE, A. M. (1990): *La Rambla del Poyo: estudio hidrogeomorfológico*. Tesis de Licenciatura dirigida por Juan Marco Segura y Joan F. Mateu Bellés. Universitat de València. 209 pp.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR: *Anuario de Aforos 1988-1989. Caudales diarios 1959-90 aforo embalse de Regajo*. Valencia, Ministerio de Medio Ambiente.
- DUNNE, T. (1978): *Water in Environmental Planning*. San Francisco, W. H. Freeman Ed., 808 pp.
- EBDON, D. (1982): *Estadística para geógrafos*. Barcelona, Editorial Oikos-Tau. 348 pp.
- GRAF, W. L. (1987): *Fluvial Processes in Dryland Rivers*. Berlín, Editorial Springer Verlag. 356 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA: *Boletines Meteorológicos Diarios*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. *et alii*. (1992): *Geografía Física*. Madrid, Editorial Cátedra. 594 pp.
- MARTÍN VIDE, J. (1991): *Climatología analítica*. Madrid, Editorial Síntesis. 157 pp.
- MATEU BELLES, J. F. (1990): Avenidas y riesgo de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. en *Boletín de la Asociación Española de Geógrafos*. nº 10, pp. 2-12.
- PÉREZ CUEVA, A. J. (1988): *Geomorfología del sector ibérico valenciano*. Universitat de València 217 pp.
- PÉREZ CUEVA, A. J. (1989): *Aspectos climáticos básicos del territorio valenciano*. Valencia, C.O.P.U.T. Vol. 1 pp. 60-67.
- PÉREZ CUEVA, A. J. (1994): *Atlas climático de la Comunidad Valenciana*. Valencia, C.O.P.U.T. 205 pp.
- ROSSELLÓ VERGER, V. M. *et alii*. (1994): *Manual de Geografía Física*. Universitat de València 438 pp.
- SEGURA BELTRÁN, F. y CAMARASA BELMONTE, A. M. (1996): Balances hídricos de crecidas en ramblas mediterráneas: pérdidas hídricas. En *Clima y agua: la gestión de un recurso climático*. Universidad de La Laguna pp. 236-245.
- TERÁN, M. *et alii*. (1991): *Geografía General de España*. (2ª edición). Barcelona, Editorial Ariel Geografía, 435 pp.
- VV. AA. (1988): *Guía de la Naturaleza de la Comunidad Valenciana*. Valencia, Editorial Alfons el Magnànim. 662 pp.