

Balances hídricos de crecidas en ramblas mediterráneas: pérdidas hídricas [1]

Francisca Segura Beltrán* y Ana M^a Camarasa Belmonte**

* Dpto. de Geografía (Universidad de Valencia)

** Dpto. de Geografía (Universidad de Alcalá de Henares)

Resumen

En las ramblas mediterráneas, el aporte hídrico superficial depende de la lluvia y está restringido a las crecidas, momento en que se producen, además, las mayores pérdidas superficiales en favor del subálveo. En este trabajo se estiman las pérdidas en varias ramblas valencianas por distintos métodos (déficits, coeficientes y umbrales), con el fin de caracterizar su comportamiento en aras de una mejor gestión del agua.

Palabras clave: Escorrentía, umbral, déficit, coeficiente.

Résumé

Dans les courants méditerranéens, l'apport hydrique superficiel dépend de la pluie et se limite aux crues, périodes pendant lesquelles se produisent, en plus, les plus grandes pertes superficielles vers la partie supérieure de la nappe phréatique. Nous estimerons au cours de ce travail les pertes hydriques de plusieurs courants de la région de Valence au moyen de diverses méthodes (déficits, coefficients et seuils) afin d'obtenir plus d'information pour une meilleure gestion de l'eau.

Mots clés: Écoulement, seuil, déficit, coefficient.

Abstract

The contribution of surface water to hydrological resources in Mediterranean ephemeral ravine streams mainly depends on flood rainfall. However, floods are also responsible for the most significant losses in surface water. We estimate losses due to runoff by different methods (losses, coefficients, thresholds) in several Valencian ephemeral ravine streams in order to provide more information for hydrological management.

Key words: Runoff, losses, coefficients, thresholds.

I. Introducción

Las ramblas mediterráneas son aparatos fluviales "desastrosos" para la gestión e investigación hidrológica. A diferencia de los ríos perennes, su caudal se reduce a los momentos de crecida. El resto del año el lecho permanece seco, salvo en tramos puntuales conectados con el acuífero. La escorrentía superficial constituye, por tanto, un riesgo potencial más que un recurso útil. Tradicionalmente la

[1] Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AMB-95, 0817 de la CYCYT.

hidrología superficial de las ramblas se ha estudiado a partir de balances anuales, dándoles un tratamiento estadístico similar a los ríos perennes. No obstante, dicha metodología es poco precisa porque las aportaciones de las ramblas se concentran en unos pocos días. El volumen escurrido durante una crecida –en realidad, sólo es una pequeña parte del agua precipitada– puede suponer más del 80% de la aportación anual. En consecuencia, parece más adecuado establecer balances hídricos para cada crecida. La gran variabilidad espacio-temporal de los procesos y la escasa densidad de los datos hidrológicos impiden cálculos directos y deben diseñarse procedimientos indirectos para estimar las magnitudes y tendencias de su comportamiento.

II. Características hidrológicas de las cuencas de estudio

Hablar de hidrología en ramblas es hablar de crecidas; es decir, de una circulación esporádica que se produce tres o cuatro veces al año (MATEU, 1982), como consecuencia de las lluvias caídas en la cuenca. Los mecanismos que generan las precipitaciones más abundantes son los temporales asociados a fenómenos de gota fría, que se producen fundamentalmente en otoño. En primavera se da un máximo secundario y en invierno las lluvias se reducen sensiblemente. En verano, el volumen precipitado es escaso, aunque las tormentas convectivas pueden descargar con mucha intensidad (Pérez Cueva, 1994, Peñarrocha, 1994). Reflejo de la distribución estacional de la precipitación es la concentración de las crecidas en los meses de otoño y primavera. A escala de los propios episodios, se reproduce la gran variabilidad espacio-temporal de la lluvia. Potentes células convectivas precipitan, durante unos minutos, a intensidades de más de 100 mm/h sobre reducidas superficies, mientras en apenas unos kilómetros a la redonda ni siquiera llueve, o lo hace muy débilmente (CAMARASA, 1994). Las grandes intensidades de lluvia, las fuertes pendientes y la escasa cubierta vegetal originan la formación de avenidas súbitas *flash-flood*, cuyos hidrogramas presentan rápidas curvas de ascenso, picos muy elevados y limbos de descenso más suaves (SEGURA, 1990, CAMARASA, 1995).

En las tierras septentrionales valencianas la conversión lluvia-caudal se efectúa sobre unas cuencas de dimensiones reducidas, muy permeables, con una cubierta vegetal intermedia y con fuertes pendientes. Se analiza el déficit hídrico de las crecidas de la Rambla de la Viuda, con una cuenca de 1.289,2 km² y gran capacidad de infiltración (80% de calizas y dolomías fracturadas y carstificadas; 20% de conglomerados, materiales detríticos, etc.). Los datos obtenidos se contrastan con los del Barranc del Carraixet (cuenca vertiente al aforo de 128 km², formada por un 65% de calizas, dolomías y areniscas y un 35% de margas, arcillas, costras, etc.) y la Rambla de Poyo (superficie aforada de 187 km²; 39% de calizas y dolomía; 61% de margas, arcillas, costras, etc.), con materiales más impermeables.

Los datos hidrológicos que se manejan son de procedencia diversa. Las precipitaciones de la cuenca de la Rambla de la Viuda corresponden a series diarias –a veces discontinuas– de la red de observatorios del INM (Embalse de María Cristina, Vilafamés, Pobla Tornesa, Vall d'Alba, les Useres, Atzeneta, Benassal, Vilafamés y Vistabella). Los caudales diarios corresponden a los cambios de nivel del Embalse de María Cristina. Durante el período 1959-1984 se han definido 72 crecidas, utilizadas para cuantificar los umbrales de escorrentía, de las cuales se han seleccionado 35 para el estudio de los balances hídricos. Por otra parte, las lluvias y caudales del Carraixet y de la Rambla de Poyo proceden del SAIH y tienen una frecuencia de cinco minutos. El nivel de detalle que tienen estos registros –que permiten un análisis a escala detallada– se ve contrarrestado por el escaso número de sucesos registrados.

III. Aportaciones y caudales en ramblas mediterráneas

Al igual que sucede en otras ramblas, las aportaciones de la Rambla de la Viuda al Embalse de María Cristina (27 hm³ de capacidad) son muy irregulares y en raras ocasiones lo llenan por completo. El caudal represado proviene de las dos o tres crecidas que se registran anualmente y que pueden calificarse de ordinarias. Sin embargo, las lluvias que generan estas avenidas son muy voluminosas. En el cuadro V que aparece al final de este artículo se observa que en las 35 crecidas estudiadas sólo existen dos episodios con precipitaciones inferiores a los 100 hm³. En los sucesos otoñales extremos, pueden caer más de 500 hm³, aunque lo más habitual es que la cifra oscile entre 100 y 150 hm³. Sin embargo, la mayor parte del agua precipitada no llega al cauce. De hecho las aportaciones máximas en una crecida son 85,98 hm³, aunque lo más frecuente es que los totales no superen los 10 hm³.

El análisis de cuatro de las crecidas más importantes acontecidas durante el período de estudio arroja luz sobre la importancia de estos sucesos. Las aportaciones anuales se concentran en los meses otoñales—cuando habitualmente se producen las crecidas—, hasta el extremo de que el total mensual y el anual son prácticamente iguales. Además, el caudal que se genera en la crecida supone en algunas ocasiones casi el 90% de la aportación anual (cuadro I).

CUADRO I
Aportación anual (fuente: Aforos 1989-1990) y mensual
de la avenida y porcentaje sobre la aportación anual
(en hm³)

Crecida	Anual	Mensual	Avenida	%
Octubre 1962	163,3	158,8	85,98	54
Octubre 1969	65,4	65,2	56,70	87
Noviembre 1983	16,0	15,6	14,04	88
Diciembre 1964	26,9	26,9	21,18	78

La gran concentración de las aportaciones en unos pocos días plantea un problema metodológico a la hora de abordar el estudio de la hidrología de las ramblas. Cualquier procedimiento para evaluar recursos, basado en balances anuales de carácter climático (evapotranspiración) o realizado con valores medios de lluvia y caudal introduce errores muy importantes. A la vista de estas características resulta más ajustado realizar balances de crecidas, que permitan evaluar los diferentes componentes en la transformación de la lluvia en caudal.

IV. Las pérdidas hídricas

Las cuencas de drenaje de ambientes semiáridos poseen unas características físicas que propician las pérdidas de flujo superficial. El déficit hídrico incluye la infiltración, la evapotranspiración y las pérdidas por transmisión. Las dificultades para la medición directa de cada uno de los procesos de conversión lluvia-caudal han estimulado el desarrollo de métodos de estimación indirecta (déficits, coeficientes y umbrales de escorrentía) para evaluar las pérdidas.

hidrología superficial de las ramblas se ha estudiado a partir de balances anuales, dándoles un tratamiento estadístico similar a los ríos perennes. No obstante, dicha metodología es poco precisa porque las aportaciones de las ramblas se concentran en unos pocos días. El volumen escurrido durante una crecida –en realidad, sólo es una pequeña parte del agua precipitada– puede suponer más del 80% de la aportación anual. En consecuencia, parece más adecuado establecer balances hídricos para cada crecida. La gran variabilidad espacio-temporal de los procesos y la escasa densidad de los datos hidrológicos impiden cálculos directos y deben diseñarse procedimientos indirectos para estimar las magnitudes y tendencias de su comportamiento.

II. Características hidrológicas de las cuencas de estudio

Hablar de hidrología en ramblas es hablar de crecidas; es decir, de una circulación esporádica que se produce tres o cuatro veces al año (MATEU, 1982), como consecuencia de las lluvias caídas en la cuenca. Los mecanismos que generan las precipitaciones más abundantes son los temporales asociados a fenómenos de gota fría, que se producen fundamentalmente en otoño. En primavera se da un máximo secundario y en invierno las lluvias se reducen sensiblemente. En verano, el volumen precipitado es escaso, aunque las tormentas convectivas pueden descargar con mucha intensidad (Pérez Cueva, 1994, Peñarrocha, 1994). Reflejo de la distribución estacional de la precipitación es la concentración de las crecidas en los meses de otoño y primavera. A escala de los propios episodios, se reproduce la gran variabilidad espacio-temporal de la lluvia. Potentes células convectivas precipitan, durante unos minutos, a intensidades de más de 100 mm/h sobre reducidas superficies, mientras en apenas unos kilómetros a la redonda ni siquiera llueve, o lo hace muy débilmente (CAMARASA, 1994). Las grandes intensidades de lluvia, las fuertes pendientes y la escasa cubierta vegetal originan la formación de avenidas súbitas *flash-flood*, cuyos hidrogramas presentan rápidas curvas de ascenso, picos muy elevados y limbos de descenso más suaves (SEGURA, 1990, CAMARASA, 1995).

En las tierras septentrionales valencianas la conversión lluvia-caudal se efectúa sobre unas cuencas de dimensiones reducidas, muy permeables, con una cubierta vegetal intermedia y con fuertes pendientes. Se analiza el déficit hídrico de las crecidas de la Rambla de la Viuda, con una cuenca de 1.289,2 km² y gran capacidad de infiltración (80% de calizas y dolomías fracturadas y carstificadas; 20% de conglomerados, materiales detríticos, etc.). Los datos obtenidos se contrastan con los del Barranc del Carraixet (cuenca vertiente al aforo de 128 km², formada por un 65% de calizas, dolomías y areniscas y un 35% de margas, arcillas, costras, etc.) y la Rambla de Poyo (superficie aforada de 187 km²; 39% de calizas y dolomía; 61% de margas, arcillas, costras, etc.), con materiales más impermeables.

Los datos hidrológicos que se manejan son de procedencia diversa. Las precipitaciones de la cuenca de la Rambla de la Viuda corresponden a series diarias –a veces discontinuas– de la red de observatorios del INM (Embalse de María Cristina, Vilafamés, Poble Tornesa, Vall d'Alba, les Useres, Atzeneta, Benassal, Vilafamés y Vistabella). Los caudales diarios corresponden a los cambios de nivel del Embalse de María Cristina. Durante el período 1959-1984 se han definido 72 crecidas, utilizadas para cuantificar los umbrales de escorrentía, de las cuales se han seleccionado 35 para el estudio de los balances hídricos. Por otra parte, las lluvias y caudales del Carraixet y de la Rambla de Poyo proceden del SAIH y tienen una frecuencia de cinco minutos. El nivel de detalle que tienen estos registros –que permiten un análisis a escala detallada– se ve contrarrestado por el escaso número de sucesos registrados.

1. El déficit de escorrentía

La sustracción de la cantidad de agua circulada respecto de la precipitada constituye el déficit de escorrentía en términos absolutos. Estos valores, que tienen poco interés al compararlos entre diferentes cuencas, alcanzan un significado propio en zonas calcáreas.

En todas las crecidas que figuran en el cuadro V ya citado, las pérdidas superan los 50 hm³ y en la mayoría se superaron los 100 hm³. Las pérdidas en algunos casos sobrepasan la capacidad de los embalses. Por otra parte, es interesante destacar la relación que existe entre la lluvia y el déficit de escorrentía (figura 1). La correlación entre ambos parámetros es excelente. El elevado número de casos que se ajusta a la recta confirma que el déficit aumenta al hacerlo la lluvia; o, lo que es lo mismo, la capacidad de infiltración que tiene la cuenca de la Rambla de la Viuda es muy elevada en términos absolutos.

Por la magnitud de sus pérdidas destacan las avenidas de octubre de 1962, octubre de 1969, noviembre de 1983 y diciembre de 1964 (cuadro II). Los cuatro episodios generaron déficits importantes, aunque los dos últimos –a diferencia de los primeros–, presentaron coeficientes de escorrentía relativamente bajos (4,52 y 6,11), por lo que las pérdidas fueron proporcionalmente mayores. Durante estos años no se produjeron cambios significativos en las características de la cuenca, por lo que cabe pensar que las diferencias observadas responden a variaciones en la intensidad de la lluvia y en el estado del suelo (humedad antecedente, prácticas agrarias, etc). Las fuertes intensidades y los grandes volúmenes precipitados, habituales en el mes de octubre, son suficientes para justificar estos comportamientos, dado que en los días anteriores no se produjeron lluvias.

CUADRO II

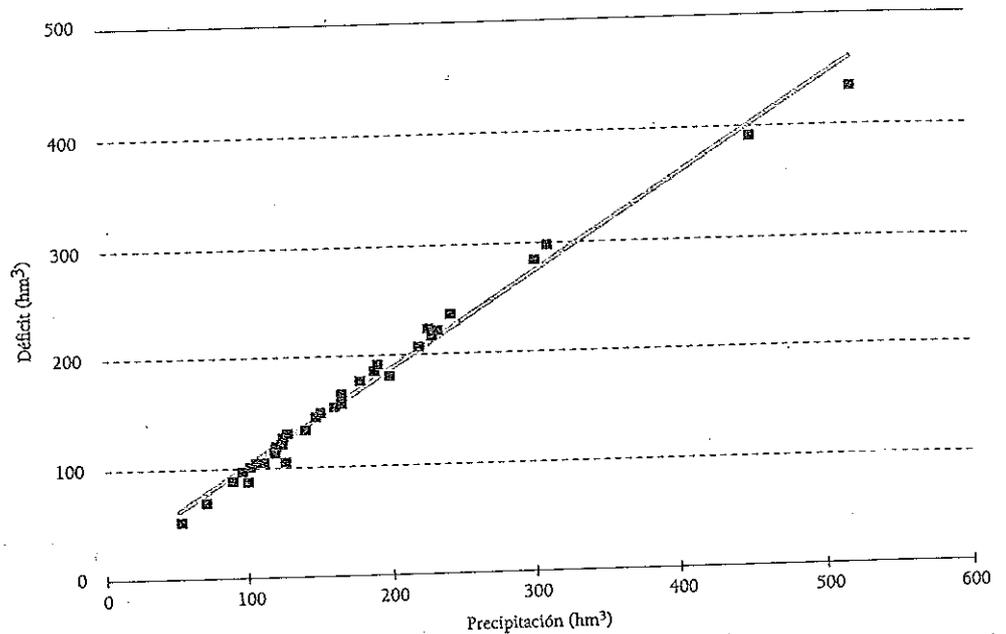
Lluvia, caudal y déficit en hm³, coeficiente y umbral de escorrentía (en mm) de algunas crecidas de la Rambla de la Viuda

Crecida	Lluvia	Caudal	Déficit	Coficiente	Umbral
Octubre 1962	519,43	85,98	433,35	16,56	146,8
Octubre 1969	448,54	56,71	391,83	12,64	146,3
Noviembre 1983	310,32	14,04	296,29	4,52	146,7
Diciembre 1964	300,05	18,34	281,71	6,11	130,0

2. Los coeficientes de escorrentía

La cuantificación de las pérdidas superficiales en valores absolutos no permite la comparación con otras cuencas de dimensiones diferentes. Para facilitar esta labor, se utiliza el coeficiente de escorrentía, que relaciona, de forma adimensional, la lluvia precipitada con caudal circulado. El estudio de las crecidas de la Rambla de la Viuda entre 1959 y 1984 demuestra la gran variabilidad temporal de los coeficientes (cuadro V). Los valores obtenidos oscilan entre 0,7 y 16,66%, para una cuenca calcárea, con importantes procesos de carstificación, con una cubierta vegetal intermedia y pendientes elevadas (SEGURA, 1990). De las 35 crecidas estudiadas, 23 poseen coeficientes inferiores al 5%, quedando sólo cuatro por encima del 10%. Es decir, en la mayor parte de las crecidas sólo escurren como máximo 17 litros de cada 100 caídos sobre la cuenca, lo

Figura 1
Correlación entre la lluvia y el déficit de escorrentía. $R=0,9946416$



que da una idea de la gran cantidad de agua que son capaces de almacenar los acuíferos. En la Rambla del Poyo y el Barranc del Carraixet, para sucesos sin lluvia antecedente, el coeficiente de escorrentía oscila entre el 5% y el 9% del agua precipitada (CAMARASA 1995), valores coherentes con los obtenidos por otros autores en cuencas de extrema aridez (DE VERA, 1984).

Por otra parte, en el cuadro III se puede observar que un mismo coeficiente puede ser el resultado de comportamientos hidrológicos bien diferentes. Las avenidas de octubre-noviembre de 1965 y de octubre de 1962 generaron los coeficientes más elevados de la serie, aunque las causas que los propiciaron fueron diferentes. En el primer caso, la alta proporción de escorrentía superficial se debe, probablemente, a la larga duración del hietograma y del hidrograma y a una crecida previa; es decir, corresponde a un episodio de lluvias poco intensas y caudales sostenidos (máximo $104,6 \text{ m}^3/\text{s}$), con una crecida antecedente que alcanzó un caudal máximo de $36,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Por contra, el segundo caso es un episodio de crecida muy brusca, con un pico de $658,8 \text{ m}^3/\text{s}$ y lluvias muy intensas. Otro ejemplo que ilustra el papel de la lluvia antecedente es la crecida del 17 de abril de 1991, en la Rambla de Poyo, durante cual circula el 12% del agua precipitada, —a diferencia de otros episodios mencionados anteriormente— como consecuencia de una pequeña avenida ocurrida dos días antes (Camarasa, 1995).

Los resultados obtenidos demuestran la gran variabilidad de los coeficientes dentro de la misma cuenca en diferentes episodios de lluvia. Dado que la mayoría de los factores que intervienen en el proceso de la infiltración han permanecido estables (litología, cubierta vegetal, pendiente, textura, estructura y grosor de los suelos, etc.), los parámetros más cambiantes para cada episodio han sido la intensidad de la lluvia y la humedad antecedente. Estos dos factores ejercen una gran influencia sobre la génesis de la escorrentía superficial y tal vez sean los respon-

sables de la irregularidad en la respuesta de las cuencas. El papel que juega el primero apenas ha sido investigado, mientras que el segundo incrementa los niveles de saturación del suelo y de almacenamiento en cauces y orillas.

CUADRO III
Lluvia, caudal y déficit (hm^3), coeficiente y umbral de escorrentía (mm) de algunas crecidas de la Rambla de la Viuda

Crecida	Lluvia	Caudal	Déficit	Coficiente	Umbral
Oct-Nov 1965	127,16	21,18	105,97	16,66	35,8
Octubre 1962	519,33	85,98	433,35	16,56	146,8

A partir de estas consideraciones, parece obvio desaconsejar el uso de los coeficientes regionales para predecir caudales en cursos fluviales sin aforar. Esta práctica se ha demostrado poco acertada en ambientes mediterráneos, por la gran variabilidad espacio-temporal de los procesos hidrológicos.

3. Los umbrales de escorrentía

Las pérdidas de caudal durante las crecidas en ríos efímeros se generan en dos fases. En la primera, desde el comienzo de la lluvia hasta que se inicia la circulación hídrica, el suelo absorbe la lluvia hasta un límite P_0 , denominado umbral de escorrentía. Cuando se alcanza este valor, el agua sólo es absorbida en parte, generándose un excedente de escorrentía directa o caudal. El cálculo de los umbrales de escorrentía es, por tanto, otra forma de medir el déficit de escorrentía antes de iniciarse la circulación hídrica.

Para las ramblas valencianas septentrionales, cuyas cuencas se asientan sobre materiales calcáreos, Mateu (1982) sugiere un umbral de 60 mm de lluvia. En un ámbito geográfico bien diferente, la ciudad de Alicante, Pujante (1983), en un estudio de las inundaciones producidas entre 1945 y 1974, encontró que el casco urbano fue inundado cuando las lluvias cayeron con una intensidad superior a 50 mm/hora, aunque el volumen total fuera bajo. Por su parte, Gil Olcina *et al.* (1986) señalan que con precipitaciones mínimas comprendidas entre 40 y 55 mm extendidas a más de 10-15 minutos se inicia la escorrentía. Alicante se encuentra situada en la cuenca de la Rambla de les Ovelles, cuya litología está formada por limos, arcillas y costras, que son bastante impermeables.

Aunque existen pocos estudios que cuantifiquen los umbrales de escorrentía en zonas semiáridas, Osborn y Lane (1969) han utilizado la relación existente entre la lluvia y el caudal para definir el P_0 en el SW de los Estados Unidos de América. Siguiendo esta metodología para 72 crecidas de la Rambla de la Viuda, Segura (1990) ha obtenido la siguiente regresión:

$$Q = 2,33175 P_m - 162,9; \quad r = 0,8090982$$

Igualando el caudal a 0, se obtiene que $P_m = 64,3464$ mm (figura 2e). Es decir, que para que se inicie la escorrentía la lluvia caída por término medio sobre la cuenca debe oscilar en torno a 65 mm. Por otra parte, Segura *et al.* (1989), en un trabajo realizado en el Riu Monnegre, con la

misma metodología, han obtenido umbrales que oscilan entre 35 y 40 mm. Así pues, la variabilidad manifiesta de los umbrales que se obtienen en dos ámbitos litológicos con características hidrológicas extremas pone de relieve la gran importancia de la litología en el proceso de la infiltración. Las calizas carstificadas propician una infiltración muy elevada, mientras que los materiales finos –limos y arcillas– y las costras favorecen la escorrentía superficial y, por tanto, justifican los umbrales tan bajos que se registran en las tierras valencianas más meridionales.

En la figura 2e se muestra la correlación entre la lluvia y el caudal de 72 crecidas de la Rambla de la Viuda. A pesar del buen ajuste de los sucesos a la recta, las crecidas generadas con lluvias superiores a los 300 mm se apartan bastante de la tendencia general, ya que se ajustan mejor a una curva parabólica. El gráfico sugiere la idea de que la conversión lluvia-caudal se comporta de forma diferente cuando caen grandes volúmenes de precipitación.

Por otra parte, el análisis detallado de los umbrales de escorrentía de una misma cuenca para diferentes crecidas presenta también una gran variabilidad temporal (SEGURA *et al.*, 1989). El valor medio del umbral para las cuencas calcáreas, estimado en 65 mm, cambia estacionalmente. El mejor ajuste a una recta de regresión se produce en invierno, con un umbral de 75 mm (figura 2b). El elevado número de sucesos (75%) que se adapta a la recta puede ser fruto de un tipo de lluvias continuadas y poco intensas que propicia la infiltración. En otoño (85 mm), el grado de correlación desciende (figura 2d), ya que es en esta estación cuando se producen las grandes crecidas que se ajustan poco a la recta de regresión. Los peores ajustes se dan en la primavera (50 mm) y en verano (40 mm) (figura 2a y 2c).

Por otra parte, en este trabajo se ha empleado el método del SCS para definir el P_0 a partir de los totales de lluvia P y caudal E (Camarasa y García Bartual, 1991). El método permite deducir el umbral P_0 a partir del coeficiente C de escorrentía de una crecida, según la fórmula:

$$C = \frac{E}{P} = \frac{(P - P_0)^2}{(P + 4P_0)P}$$

En este caso, los datos de treinta y cinco crecidas de la Rambla de la Viuda (SEGURA, 1990) han servido para obtener un P_0 cuyos resultados difieren ligeramente del método anterior (cuadro IV). El desajuste en las cifras puede explicarse por las diferencias metodológicas. De hecho en el primer caso se ha calculado la media aritmética de la lluvia caída sobre la cuenca y el caudal en m^3/s , mientras que en el segundo, se parte de los totales de lluvia (hm^3) calculados por el método de los polígonos de Thiessen y el caudal total en hm^3 . Además, la fórmula del SCS sólo se ha aplicado a 35 sucesos, mientras que con la metodología de Osborn y Lane (1969) se han considerado 72 crecidas. Sin embargo, se ha considerado interesante contrastar los dos métodos, ya que el segundo permite realizar cálculos para cada episodio individualizado.

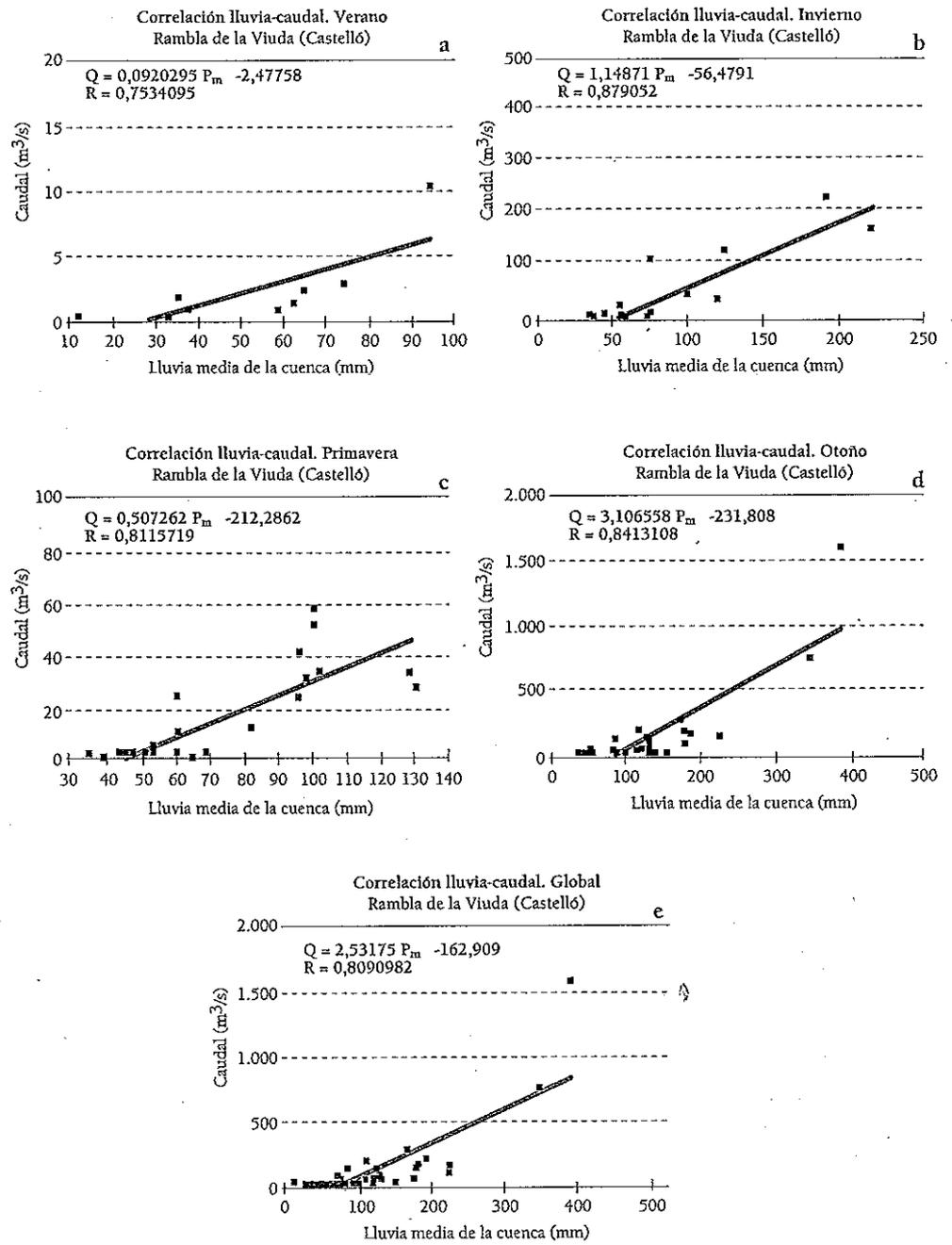
Los resultados con la fórmula del SCS son ligeramente más elevados que con la metodología de Osborn y Lane (1969) (cuadro IV). En efecto, el P_0 medio es de unos 80 mm, cifra que supera ligeramente el calculado con la otra metodología y que se aleja bastante de las observaciones de campo. Ello puede deberse tanto a las diferencias metodológicas como al desajuste habitual en las fórmulas adaptadas de otras zonas climáticas.

Sin embargo, los umbrales del SCS permiten confirmar las tendencias estacionales de los umbrales. Las diferencias son evidentes en primavera y verano, mientras que en otoño e invierno el ajuste es bueno. Los resultados confirman la tendencia general del comportamiento estacional de los umbrales: los más elevados corresponden al otoño e invierno y los más bajos a la primavera

Figura 2

Correlación entre la lluvia y el caudal

a) Verano. b) Invierno. c) Primavera. d) Otoño. e) Anual



y el verano. O, lo que es lo mismo, se da una gradación estacional de la infiltración, con valores máximos en otoño y mínimos en verano.

CUADRO IV
Comparación entre los umbrales medios calculados con la metodología de Osborn y Lane (1969) y la del Soil Conservation Service

	Osborn y Lane	SCS
Otoño	85	88,9
Invierno	75	85,7
Primavera	50	80,7
Verano	40	61,9
Medio anual	65	80,0

Estos datos, aparentemente contradictorios, no lo son si analizamos el tipo de lluvias característico de cada estación. En los meses de verano, las precipitaciones son muy intensas y cortas, por lo que la estructura del suelo se rompe, generando una escorrentía superficial de tipo hortoniano o incluso aparecen fenómenos de hidrofobia. En otoño las lluvias, además de ser muy intensas, son voluminosas y duraderas. La intensidad se perfila de nuevo como un factor muy importante en la génesis del caudal, aunque su papel sea prácticamente desconocido.

Otra característica que se evidencia en el cuadro II es la coincidencia del umbral de escorrentía (146 mm) en tres de las crecidas que más destacan por el volumen de lluvia, si bien los caudales, los déficits y los coeficientes son diferentes. La interpretación de este hecho es difícil de establecer, dadas las características de los datos de lluvia y caudal. No obstante, y a modo de hipótesis, existiría un umbral mínimo (65 mm), a partir del cual se generaría caudal, y otro valor máximo (146 mm), que definiría la capacidad de saturación de la cuenca en su conjunto.

V. Conclusiones

Los ramblas mediterráneas poseen unas características hidrológicas específicas. Sobre sus cuencas pueden caer grandes volúmenes de agua, aunque sobre litologías calcáreas apenas llega a circular el 17% de la lluvia. Los grandes déficits de escorrentía propician la recarga de los acuíferos. Los respectivos coeficientes de escorrentía para cada crecida presentan una gran variabilidad, en función de la intensidad de la lluvia y de la humedad antecedente.

Otra característica de las ramblas mediterráneas es la existencia de un umbral de escorrentía, que indica la cantidad de lluvia necesaria para que se inicie el caudal. Este valor, situado en torno a los 65 mm en cuencas calizas, cambia con la litología y presenta una gran variabilidad estacional, derivada de los cambios temporales de los factores que intervienen en la infiltración. También se detecta un umbral máximo (146 mm) que podría marcar el límite de saturación de la cuenca.

CUADRO V

Balances hídricos, coeficientes y umbrales de escorrentía de la Rambla de la Viuda (1959-1984)

Mes / año	Lluvia media de la cuenca (hm ³)	Caudal (hm ³)	Déficit de escorrentía (hm ³)	Coefficiente de escorrentía (%)	Umbral de escorrentía (mm)
Feb 1959	53,4199	1,6	51,82	3,00	27,0
Dic 1964	300,0558	18,3472	281,71	6,11	130,0
Dic 1971	219,4082	11,2233	208,18	5,12	100,2
Dic 1968	188,7095	3,2449	185,46	1,72	108,7
Dic 1976	218,899	12,5475	206,35	5,73	96,8
Dic 1975	90,9199	1,6877	89,23	1,86	51,7
Mar 1959	166,3279	10,7	155,63	6,43	70,9
Abr 1969	125,4793	3,4569	122,02	2,75	66,5
Abr 1982	111,3434	4,9919	106,35	4,48	52,7
May 1977	148,2312	4,4743	143,76	3,02	77,1
May 1962	150,175	3,267	146,91	2,18	83,2
May 1959	118,186	2,6	115,59	2,20	65,3
Abr 1981	177,4671	2,7911	174,68	1,57	103,6
Abr 1968	96,588	2,015	94,57	2,09	53,9
May 1974	120,387	1,0555	119,33	0,88	75,7
Abr 1974	225,9336	2,3392	223,59	1,04	139,4
May 1971	166,6766	2,2685	164,41	1,36	99,4
Ago 1976	71,2543	0,9725	70,28	1,36	42,5
Ago 1983	126,3916	0,8853	125,51	0,70	81,4
Sep 1972	101,1073	13,812	87,30	13,66	31,7
Sep 1963	191,4165	3,3081	188,11	1,73	110,1
Oct 1962	519,3336	85,9837	433,35	16,56	146,8
Oct 1969	448,5433	56,7148	391,83	12,64	146,3
Oct 1971	234,3476	13,7427	220,60	5,86	102,9
Oct/Nov 1965	127,1613	21,1899	105,97	16,66	35,8
Nov 1967	199,0613	17,7759	181,29	8,93	75,5
Nov 1983	310,3271	14,0403	296,29	4,52	146,7
Sep-Oct 1959	229,6931	14,8	214,89	6,44	97,9
Oct 1966	140,689	6,8537	133,84	4,87	65,2
Oct 1967	103,2549	2,5795	100,68	2,50	55,8
Oct 1982	241,4742	7,1125	234,36	2,95	126,2
Nov 1959	160,9735	8,6	152,37	5,34	70,6
Nov 1971	129,4564	2,709	126,74	2,09	72,8
Nov 1972	118,7473	4,2208	114,53	3,55	59,6
Nov 1984	106,8161	2,0575	104,76	1,93	60,4

Referencias bibliográficas

- CAMARASA, A.M. (1994): "La intensitat de la precipitació". En PÉREZ CUEVA, A. (coord.), *Atlas climático de la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Valencia, COPUT, 100-101.
- CAMARASA, A.M. (1995): *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc del Carraixet y Rambla de Poyo*. MOPTMA-Confederación Hidrográfica del Júcar, 252 p.
- CAMARASA, A.M.; GARCÍA BARTUAL, R. (1991): "Estimación del hidrograma de crecida a partir de un modelo conceptual de base geomorfológica". *Tecnología del agua*, 81, 49-55.
- DE VERA, M.R. (1984): "Rainfall-runoff relationship of some catchments with karstic geomorphology under arid to semiarid conditions". *Journal of Hydrology*, 68, 85-93.
- GIL OLCINA, A. (ed.) (1986): *Inundaciones en la ciudad y término de Alicante*. Alicante, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, 129 p.
- MATEU, J.F. (1982): *El norte del País Valenciano. Geomorfología litoral y prelitoral*. Valencia, Universitat de València, 286 p.
- MOPTMA (1995): *Aforos. Cuenca del Júcar. Anuario 1988-89*. Madrid.
- OSBORN, H.B. y LANE, L.J. (1969): "Precipitation-runoff relation for very small semiarid rangeland watersheds". *Water Resources Research*, 5, 2, 419-425.
- PEÑARROCHA, D. (1994): "Precipitaciones: volums i distribució espacial"; "Precipitaciones: règims estacionals". En PÉREZ CUEVA, A. (coord.): *Atlas climático de la Comunitat Valenciana (1961-1990)*. Valencia, COPUT, 86-92.
- PÉREZ CUEVA, A. (coord.) (1994): *Atlas climático de la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Valencia, COPUT, 205 p.
- PUJANTE (1983): "Aguaceros en la ciudad de Alicante (1940-1979)". En GIL OLCINA, *Lluvias torrenciales e inundaciones en Alicante*. Alicante, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, 99-119.
- SEGURA, F.S. (1990): *Las ramblas valencianas*. Valencia, Universitat de València, 229 p.
- SEGURA, F.S.; PARDO, J.E.; BURGNET, I.; SAPIÑA, F. (1989): "Las ramblas del sur del País Valenciano". Valencia, IVEI, texto mecanografiado, inédito.