

# CAMBIOS DE USOS DEL SUELO, HUMEDAD DE LOS SUELOS Y EXCEDENTES HÍDRICOS : LA CUENCA DE POYO (VALENCIA)<sup>[1]</sup>

**Juan Antonio Pascual Aguilar**

(Departament de Geografia, Universitat de València,  
Avda. Blasco Ibáñez, n° 28, 3ª planta, 46010 Valencia)  
e-mail: Juan.A.Pascual@uv.es

---

## RESUMEN

En este trabajo se utiliza un Sistema de Información Geográfica para realizar un análisis distribuido de contenidos de humedad del suelo y excedentes hídricos. Se utiliza una serie termopluviométrica de 15 años y cartografías de suelos y usos del suelo de 1978 y 1991.

La comparación de las series temporales de excedentes y humedad de los suelos obtenidas para cada una de las cartografías de usos del suelo ha permitido establecer la tendencia de la cuenca a una mayor capacidad de retención de humedad y menor producción de excedentes en 1991. El estudio ha sido aplicado a la cuenca del Poyo (Valencia).

## ABSTRACT

This work analyses the distribution of soil moisture contents and water surplus by means of a Geographical Information System. A 15-year time series of rainfall and temperature data and cartographic information on soils and land cover for 1978 and 1991 are used.

Comparison of water surplus and soil moisture contents for each land cover layer shows that the drainage basin has a greater capacity of soil moisture retention and produces less water surplus in 1991. The study has been applied to the "Cuenca del Poyo" in Valencia, Spain.

---

## Introducción

El balance hídrico es un método indirecto (PONCE, 1989) de medición del contenido de humedad de los suelos y excedentes hídricos. Al contrario que los métodos de medición directa, el balance hídrico permite su aplicación a cuencas de drenaje y la evaluación de los cambios en los usos del suelo ocurridos (DUNNE y LEOPOLD,

---

<sup>[1]</sup>Departament de Geografia. Universitat de Valencia. Becario de FPI de la Consellería de Educación de la Generalitat Valenciana.

Proyectos de Investigación AMB95-0187. *Caracterización hidrogeomorfológica de ríos valencianos* y GV-D-RN 12-127-96. *Sistemas de Información Geográfica y modelización hidrológica de crecidas*

1978), pero exige que el consumo de agua por las plantas y la retención de humedad debe ser cuidadosamente determinados (SHAW, 1994).

Extensiones del modelo de balance hídrico se han realizado para establecer las relaciones entre la humedad antecedente, la precipitación y la escorrentía (THOMAS et al, 1983); para predecir escorrentía y dinámica de la humedad del suelo (MATHER, 1981; ALLEY, 1984); o para calcular índices meteorológicos incorporando cambios en el componente de almacenamiento hídrico del modelo (PALMER, 1965).

A pesar de estas extensiones del modelo, la mayoría de los estudios se basan en datos puntuales de estaciones meteorológicas convencionales, habiéndose insistido menos en el estudio de la variabilidad espacial de los componentes del balance hídrico, sobre todo de aquellos derivados de las características hídricas de los suelos y usos del suelo.

Debido a la necesidad de incorporar la variabilidad espacial de los parámetros hidrológicos de los usos del suelo y de los suelos, el modelo se ha modificado de análisis puntual a distribuido utilizando un Sistema de Información Geográfica.

Para ello se ha dividido el modelo en dos componentes. El primero calcula la Evapotranspiración potencial (ETP), mientras que el segundo integra todas las capas de información requeridas para elaborar los distintos componentes del balance hídrico.

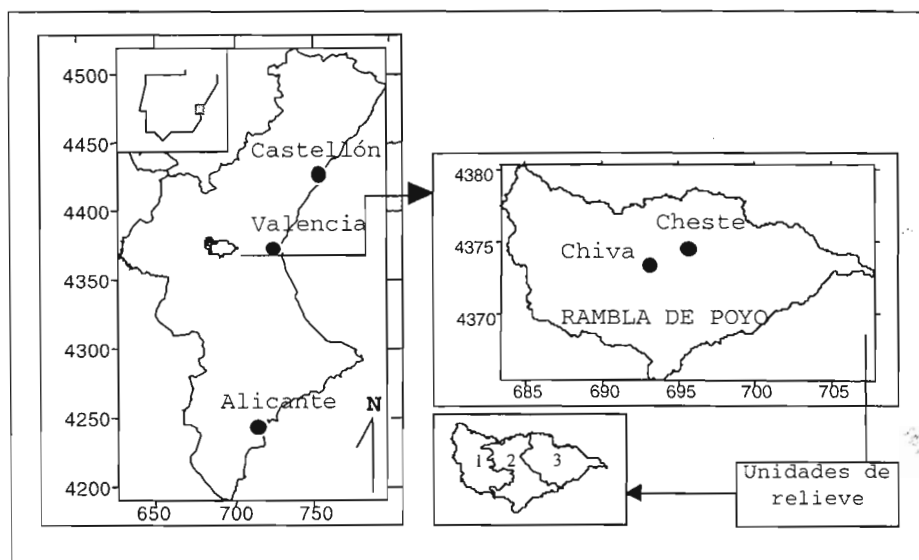
En este trabajo se utiliza el método de balance hídrico (THORNTHWAITE y MATHER, 1955) para realizar un estudio comparativo de la dinámica de humedad del suelo y excedentes hídricos debido a los cambios en los usos del suelo ocurridos en un lapso temporal de 13 años (1978 y 1991). Tras el diseño metodológico, en primer lugar se evalúan los cambios en los usos del suelo ocurridos entre las fechas de análisis. Finalmente, se comparan las características de excedentes hídricos y humedad del suelo de ambos momentos. A cada una de las modelizaciones se le aplica una misma serie termopluviométrica mensual de 15 años (1976-1990).

### **Área de estudio**

La rambla de Poyo (183 km<sup>2</sup>) se localiza en el sector centro-oriental de la provincia de Valencia (figura 1). Con relieve de dirección NW-SE, se sitúa entre las grandes unidades hidrológicas de los ríos Turia (norte) y Júcar (sur). Su superficie se reparte entre los algo más de 1000 m s.n.m. en cabecera y los 115 metros del punto de desagüe.

En ella se distinguen tres unidades de relieve Tres unidades de relieve (CAMARASA BELMONTE, 1995): (1) el sector occidental de cabecera (entre los 1050 y 400/500 m s.n.m.), con mayores pendientes, se caracteriza por un roquedo calizo; (2) el área central (entre los 400/500 y 250/275 m s.n.m.), con pendientes moderadas, está caracterizada por un frente de abanicos y (3) la zona oriental, prácticamente llana, con relieves residuales destacados sobre materiales cuaternarios.

Gran parte de la cuenca está ocupada por cultivos mediterráneos. En el sector más bajo y llano predominan los cítricos; en la parte central dominan los cultivos tradicionales de secano (algarrobo, olivo, almendro); pinos y matorral se encuentran en el sector occidental.



**Figura 1.** Localización de la zona de estudio y unidades de relieve

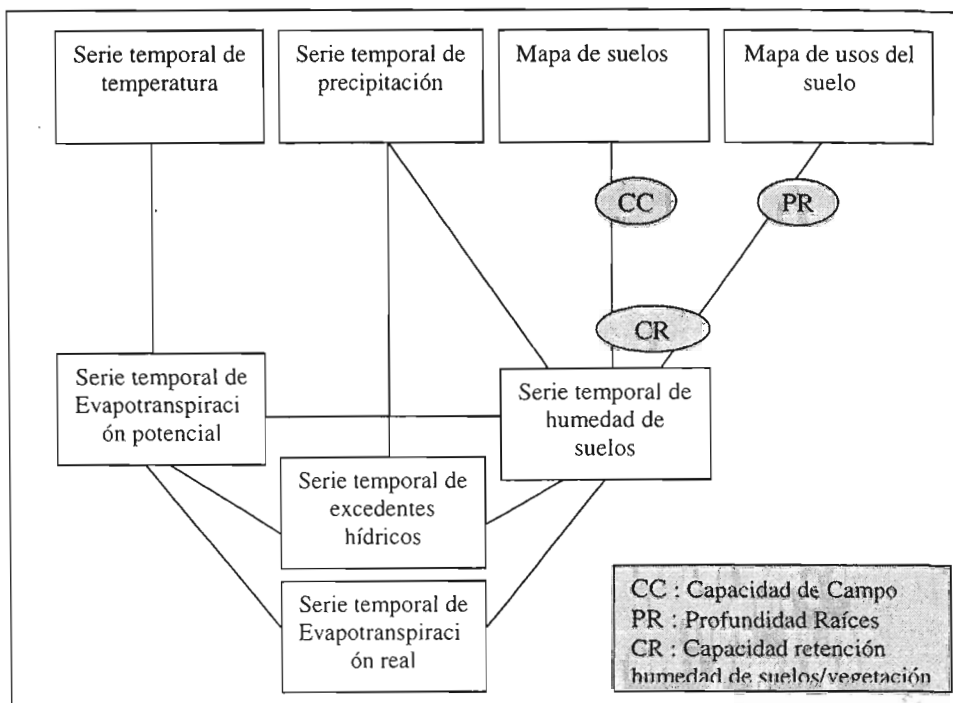
### Caracterización del modelo

Puesto que la humedad y el excedente hídrico de los suelos son procesos dinámicos, tiempo y espacio deben ser incluidos en el estudio. Para ello se ha utilizado un SIG *raster*, IDRISI (PASCUAL AGUILAR, 1997), con una tamaño de unidad mínima de información (pixel) de 100 x 100 metros, apropiada para trabajos con cartografía

temática (VALENZUELA y BAUMGARDNER, 1990). Los datos requeridos por el modelo (figura 2) son:

- **Usos del suelo.** Al tratarse de una análisis comparativo del impacto de los cambios de usos en la producción de excedentes hídricos de los suelos, se crearon dos imágenes de usos (figura 3): la correspondiente a 1978 se obtuvo a partir de los mapas de cultivos y aprovechamiento agrario (escala 1 : 50.000) del Ministerio de Agricultura y fotografías aéreas –vuelo del IRYDA-. Los usos de 1991 se extrajeron de las hojas de usos y cultivos, en formato digital, producidas por la Consellería de Obras Públicas Urbanismo y Transportes de la Generalitat Valenciana. La cubierta vegetal tiene gran incidencia sobre la evapotranspiración y, por tanto, en el contenido de humedad de los suelos. El parámetro hidrológico las capas temáticas de usos del suelo fue el de profundidad de raíces (figura 2)
- **Suelos.** Se utilizaron mapas de suelos ( Proyecto LUCDEME; escala 1 : 100.000) publicados por la Consellería de Agricultura y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana. El parámetro hidrológico asignado a cada unidad taxonómica representada fue el de capacidad de campo, necesario –junto con la profundidad de raíces- para la obtención de la capacidad de retención de humedad del conjunto suelos/vegetación requerida por el modelo.
- **Datos meteorológicos.** Se utilizaron series de 15 años (1976-1990), de datos mensuales de precipitación y temperatura de 8 estaciones meteorológicas. Al tratarse de datos puntuales, se les aplicó una función de interpolación, inverso de la distancia al cuadrado, (RUIZ, 1994) para crear superficies de distribución de lluvias y temperaturas.



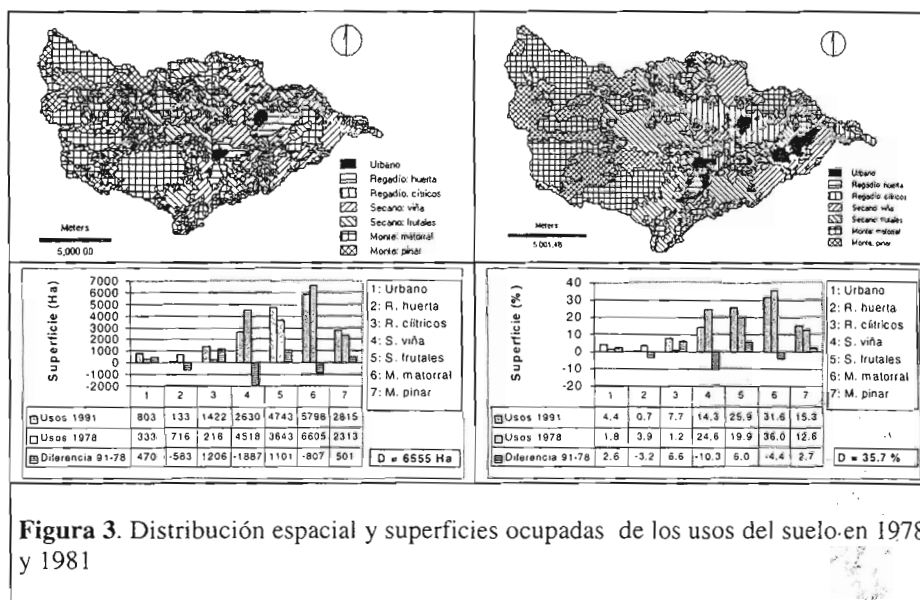


**Figura 2.** Componentes del modelo de cálculo de excedentes hídricos basado en balances hídricos

- Proceso de modelización.** El proceso de modelización funciona en dos fases. En primer lugar se calcula la evapotranspiración potencial utilizando el método de THORNTHWAITE (1948), basado en temperaturas medias mensuales. A continuación se calcula el contenido de humedad de los suelos, el excedente hídrico y la evapotranspiración real, los componentes del balance hídrico (THORNTHWAITE y MATHER, 1955). Los resultados obtenidos por el modelo son imágenes mensuales de los componentes anteriores y tablas resumen de las imágenes. El análisis que se realiza en este trabajo se basa en los datos tabulares de síntesis de excedentes hídricos y contenidos de humedad del suelo.

### **Características de los cambios en los usos del suelo (1978-91)**

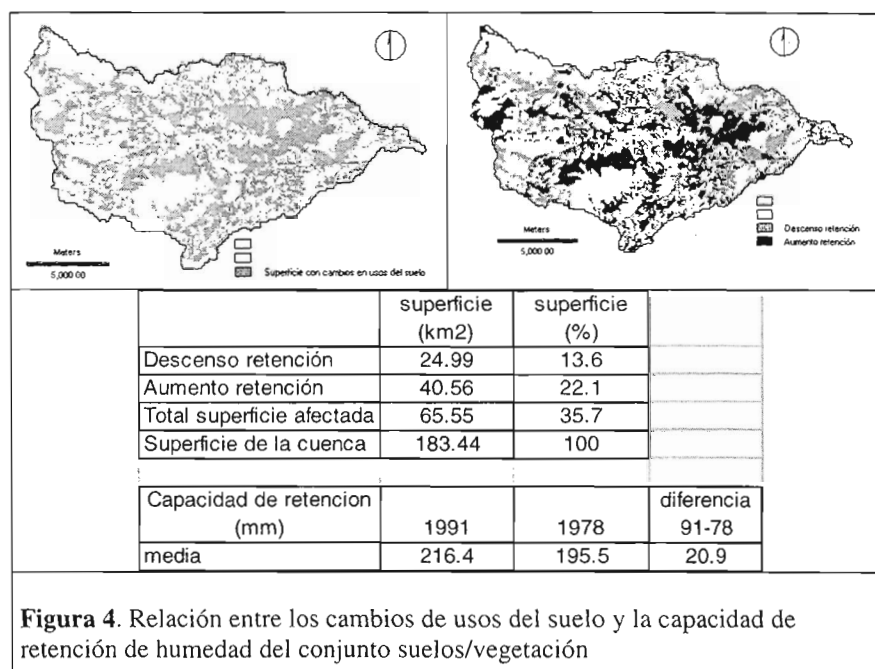
Los cambios producidos en la cuenca del Poyo son similares a los ocurridos en las últimas décadas en la zona geográfica en la que se encuentra: su vecindad al área metropolitana de Valencia (TORTOSA PASTOR, 1994). Así, la expansión de zonas urbanas, industriales, infraestructuras y servicios, la expansión del regadío – principalmente los cítricos- y el retroceso del secano y la presión sobre las zonas forestales son fenómenos que han ocurrido entre las fechas que se comparan, y que en la actualidad siguen.



De los 183 km<sup>2</sup> de la cuenca, prácticamente el 37% (6555 Ha) ha visto algún tipo de cambio (figura 3). Siendo mucho más concentrados en la zona central de la cuenca (figura 4). En términos generales, se ha dado un incremento de las zonas urbanas --en esta clase se incluye superficies pavimentadas como polígonos industriales y de servicios-- y del regadío (crecimiento de 470 y 623 Ha respectivamente) en detrimento del secano y las áreas de monte (pérdida de 306 Ha de monte y 786 de secano).

Ha habido también un crecimiento, ocupando áreas de cultivos de huerta, y expansión del regadío de cítricos (de 216, 1.2%, a 1422 Ha, 7.7%), sobre zonas de secano. La vid, menos rentable que los nuevos regadíos, va siendo relegada a zonas menos accesibles a los sistemas de riego (entre 1978 y 1991 el 41% de los viñedos, casi 1900 Ha, han sido arrancados).

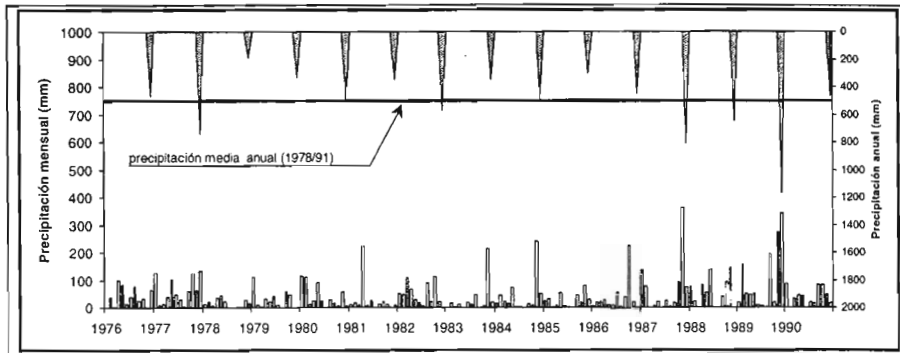
Como consecuencia de los cambios ocurridos, se da una redistribución espacial, debido a la profundidad de las raíces, de la capacidad de retención de humedad de los suelos (figura 4). De los 65.5 Km<sup>2</sup> que han cambiado su capacidad de retención, dos tercios la han visto aumentada, al pasar de especies de plantas de porte pequeño a arbóreas, mientras que el tercio restante la disminuye. Por tanto, la cuenca en su conjunto ha visto aumentada su capacidad de retención en casi 21 mm por unidad de superficie desde 1978 (195,5 mm) a 1991 (216 mm), lo que a su vez significa que se necesita un mayor aporte de lluvia para que produzca excedentes.



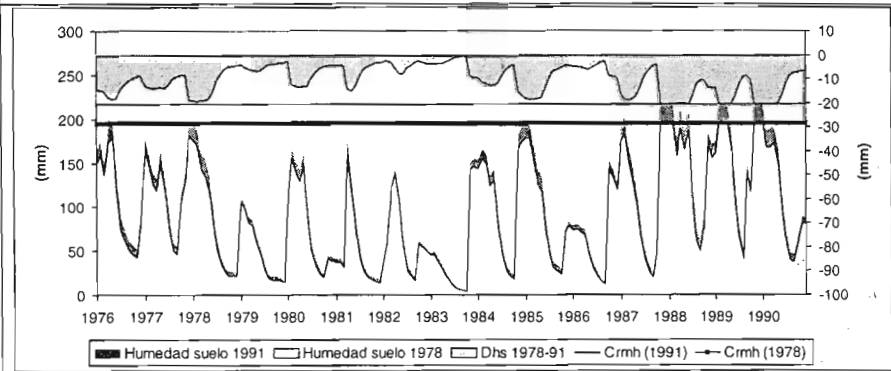
#### Contrastes temporales (1976-90) de excedentes hídricos y humedad de los suelos

La serie de precipitaciones (figura 5) presenta la alternancia de años con contrastes en sus repartos anuales. De los dieciséis estudiados, sólo seis años pueden considerarse como normales respecto a la media (precipitaciones cercanas a los 500 mm); cinco están por debajo de los 300 mm, y cuatro superan, incluso, la precipitación estimada (700 mm) para un periodo de recurrencia de diez años (PEÑARROCHA FERRER, 1994).

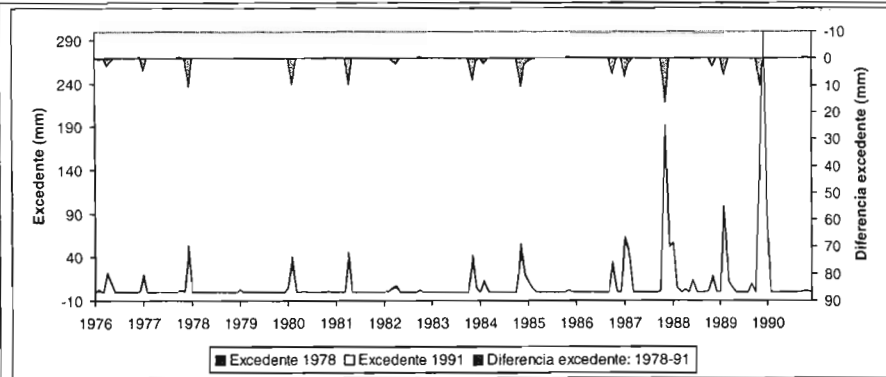
Las precipitaciones mensuales son también muy variables. Oscilan desde unos pocos milímetros hasta lluvias acumuladas que pueden superar los 300 mm. Mensuales. El



**Figura 5.** Series temporales mensuales y anuales de precipitaciones medias de la cuenca del Poyo



**Figura 6.** Series temporales de humedad del suelo de 1978 y 1991. (Dhs : Diferencia de humedad del suelo 1978 - 1991; Crmh : contenido medio de humedad)



**Figura 7.** Series temporales de excedentes hídricos de 1978 y 1991

trienio 1986-89 es el más lluvioso de la serie, alcanzándose los máximos anuales –casi 1200 mm- en 1989.



Lógicamente, el contenido de humedad retenido en los suelos (figura 6) refleja la disponibilidad de agua por precipitación, mostrando las fluctuaciones estacionales del régimen pluviométrico mensual y anual. En ambas series temporales, los máximos potenciales de contenidos de humedad de la cuenca (líneas Crmh 1978 y 1991 del gráfico) se alcanzan en el trienio 1978-90, el de mayores precipitaciones de la serie temporal. La influencia de los cambios de usos del suelo se observa en la línea de diferencia de humedad del suelo (Dhs). La diferencia entre la menor retención de 1978 y la de 1991 es siempre constante, aunque no lineal. Los factores que explican dicho comportamiento están en el régimen de precipitaciones, pero también en la distribución espacial de la lluvia y de las distintas capacidades de retención de humedad que se encuentran en la cuenca. Sólo en los momentos de máxima humedad del trienio 1987-89 la cuenca alcanza en ambas simulaciones sus máximos potenciales de retención y la diferencia se mantiene constante en su máximo de 21 mm.

La asociación de secuencias de altas precipitaciones y/o contenidos de humedad de los suelos altos permite la generación de excedentes (figura 7). En ambos casos la fracción de lluvia que es transformada en excedente es reducida –no hay que olvidar que el umbral de escorrentía superficial ( $P_0$ ) estimado para algunas cuencas mediterráneas calcáreas está en 65 mm (SEGURA BELTRÁN y CAMARASA BELMONTE, 1996)-, lluvia que sólo es alcanzada en algo más de un tercio de los 180 meses de la serie.

Al tener una menor capacidad de retención de humedad, la serie de 1978 presenta valores mayores de excedentes, diferencias que pueden observarse mejor en la serie temporal superior de la figura 7. Sin embargo, este comportamiento no está completamente generalizado en toda la serie temporal. Para los meses de 1991 con diferencias, si bien mínimas, favorables el factor explicativo debe explicarse en la heterogénea distribución de precipitaciones y capacidades de retención, pues no en toda la superficie de la cuenca llueve con igual intensidad y sobre suelos con la misma capacidad de retención de humedad.

## **Conclusiones**

La utilización de un Sistema de Información Geográfica ha permitido la parametrización cartográfica de los componentes de un modelo de balance hídrico.

Al incluir información distribuida superficialmente de valores hidrológicos de la vegetación/ usos del suelo y suelos con profundidad de raíces y capacidades de campo se tiene en cuenta la variabilidad de dichos elementos. Sin embargo, esto exige un trabajo previo de mediciones de campo que permita una asignación numérica fiable de dichos componentes.

La comparación de las series temporales de los balances de dos capas temáticas de usos del suelo (cartografías de 1978 y 1991) pone de manifiesto el comportamiento distinto de la cuenca de drenaje ante los cambios de usos del suelo. En 1991 la cuenca presenta una mayor capacidad de retención de humedad que se refleja en mayores contenidos de humedad de los suelos y en una menor generación de excedentes. Una reconstrucción medioambiental de los usos del suelo en momentos anteriores a 1978, o en la actualidad permitiría saber si este comportamiento muestra una tendencia perceptible.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi agradecimiento al profesor Joan F. Mateu Bellés por su paciente e intensa labor de revisión. También agradezco al profesor Alejandro Pérez Cueva la cesión de los datos termopluviométricos.

## **Bibliografía**

- Alley, WM (1984): On the treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting, and aquifer recharge in monthly water balance models. *Water Resources Research* 20(8), 1137-1149.
- Camarasa, AM (1995): Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc de Carraixet y Rambla de Poyo. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Júcar, Madrid. 252 p.
- Dunne, T; Leopold, LB (1978): The water balance. In: *Water in Environmental Planning*. (:) W. H. Freeman and Company, San Francisco, 236-254.
- Mather, JR (1981): Using computed stream flow in watersheds analysis. *Water Resources Research* 17(3), 474-482.
- Palmer, WC (1965): Meteorologic drought. Res. Pap. U.S. Weather Bureau, 35, 58 p.

- Pascual Aguilar,JA (1997): Cartografía hidrológica mediante SIG: la cuenca del Poyo. Tesis de Licenciatura, Universitat de València, Departament de Geografia, Valencia. 231 p.
- Pedraza Ferrer,D (1994): Precipitaciones: regímenes diarios. In: Atlas climático de la Comunitat Valenciana (1961-1990). (Ed: Pérez Cueva,A) Generalitat Valenciana, Valencia, 205.
- Ponce,VM (1989): Engineering Hydrology: Principles and Practices. Prentice-Hall, Englewood Cliffs (New Jersey). 640 pages.
- Ruiz,JM (1994): Modelización fisiográfica y climática con los SIG. In: Curso sobre utilización de los sistemas de información geográfica en hidrología. (Ed: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)) Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, .
- Segura Beltrán,F; Camarasa Belmonte,AM (1996): Balances hídricos de crecidas en ramblas mediterráneas: pérdidas hídricas. In: Clima y agua: la gestión de un recurso climático. (Eds: Marzol,MV; Dorta,P; Valladares,P), La Laguna, 235-245.
- Shaw,EM (1994): Hydrology in Practice. 3rd ed. Chapman and Hall, London. 569 pages.
- Thomas,HA; Marin,CM; Brown,MJ; Fiering,MB (1983): Methodology for water resource assessment, report to U.S. Geological Survey. Rep. NTIS 84-124163, Natl. Tech. Info. Serv., Springfield.
- Thornthwaite,CW (1948): An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38(1), 55-94.
- Thornthwaite,CW; Mather,JR (1955): The water balance. Climatol. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol. 8(1), 1-104.
- Tortosa i Pastor,F (1994): Actividades humanas y medio ambiente en el Área Metropolitana de Valencia. Un estudio cartográfico. Tesis Doctorado, Universitat de València, Valencia. 1059 p.
- Valenzuela,CR; Baumgardner,MF (1990): Selection of appropriate cell sizes for thematic maps. ITC Journal 3, 219-224.