

JUAN ANTONIO PASCUAL AGUILAR*

EXCEDENTES HÍDRICOS MENSUALES EN LA CUENCA DE POYO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

RESUMEN

A partir de balances hídricos se estudian las variaciones temporales en la producción de excedentes hídricos en la rambla de Poyo (Valencia) durante el período 1989-1992. El uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) ha permitido trabajar con distribuciones espaciales de precipitación y evapotranspiración potencial, así como determinar los contenidos de humedad teniendo en cuenta la diversidad de usos de los suelos y la vegetación.

Las relaciones entre precipitación y excedentes hídricos describen una cuenca con una baja capacidad de producción de agua: en 30 de los 48 meses estudiados no se alcanza saturación de los suelos. Los índices de excedente hídrico muestran sus máximos (superiores al 50% de la lluvia mensual) en secuencias de meses con valores de lluvia altos y con recarga de humedad en los suelos.

La agrupación en meses excedentarios y no excedentarios muestra su alternancia en húmedos (no superiores a los siete) y secos (hasta períodos de nueve meses) separados, en ocasiones, por transiciones en de la humedad de los suelos.

ABSTRACT

By means of monthly water balances temporal variations in water surplus generation are studied for a watershed (la Rambla de Poyo) in Valencia, Spain for a period (1989-1992) of four years. The use of Geographical Information System allows spatial distributions of precipitation and potential evapotranspiration, and determination of soil moisture contents taking into account the spatial heterogeneity of soils and land cover.

Relationships among rainfall and water surplus show that the watershed has a very low capacity for water production: 31 out of 48 month present no soil moisture saturation. Water surplus indexes reach their maximum (above 50% of the monthly rainfall) in sequences of months with high values of rainfall and soils with moisture recharge.

Grouping months as generative and non generative of water surplus shows seasonality. There is an alternance between dry months (up to nine months in some cases) and wet months (no longer than seven months), separated in some cases by transitional seasons, when recharge or reduction of soil moisture operate.

* Departament de Geografia. Universitat de València. Becario de FPI de la Consellería de Educación y Ciencia 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.*

1. INTRODUCCIÓN

Un balance hídrico trata de reducir la complejidad de los componentes hidrológicos de una cuenca de drenaje. En su conceptualización más simple, entradas (precipitación) menos salidas (producción hídrica) y pérdidas (evapotranspiración) quedan igualadas a cero:

$$P - (ET + \Pi) = 0$$

P= Precipitación

ET= Evapotranspiración

Π = Producción hídrica¹

Precipitación y evapotranspiración se consideran variables climáticas, externas a la cuenca de drenaje. Por contra, la capacidad de producción hídrica es específica de cada cuenca porque depende —además de los factores climáticos— de la litología, la vegetación, los suelos, etc.

La utilización de un modelo viene determinada principalmente por la naturaleza del estudio y la disponibilidad de datos (ANDERSON and BURT, 1985). A diferencia de los de reconstrucción de hidrogramas —para los que se necesitan datos de aforo para su calibración—, el modelo de balance hídrico² (THORNTWAITE and MATHER, 1955) exige conocer la precipitación, la evapotranspiración, la humedad de los suelos y la producción hídrica (excedentes hídricos). Normalmente, se emplea con intervalos mensuales, aunque puede ser extendido para estimaciones diarias (STEENHUIS and VAN DER MOLEN, 1986).

Para realizar balances hídricos mensuales se requiere información de las precipitaciones totales, la evapotranspiración potencial (ETP) del mes y el contenido máximo de humedad que puede retener un suelo. También es necesario establecer los valores de humedad inicial del suelo al comienzo del periodo estudiado.

Sin embargo, uno de los principales puntos de controversia en la obtención de un balance hídrico —por la variabilidad existente dentro de la cuenca de drenaje (MERZOUGUI and GIFFORD, 1987; PATRICK and STEPHENSON, 1990)— es el cálculo de la capacidad máxima de retención hídrica del sistema suelos-vegetación. De ella depende la dinámica de humedad del suelo y, consiguientemente, la capacidad de generación de excedentes hídricos de la cuenca. Debido a esta dificultad, en la práctica se asigna un valor tipo de capacidad de retención (FERNÁNDEZ GARCÍA, 1995), que suele ser de 100 mm. Ello implica una conceptualización de la cuenca de modelo agregado en el que todos los valores de entrada son estimaciones puntuales.

Sin embargo, una cuenca de drenaje es una unidad tridimensional compleja, donde la variabilidad de sus componentes no está fielmente representada por los datos puntuales. La naturaleza heterogénea se ve mejor representada por medio de una conceptualización distribuida de los diferentes elementos de la cuenca de drenaje. Por tanto, en este trabajo se ensaya una metodología que permite conocer la dinámica de la humedad del

¹ Se entiende por producción hidrológica a la cantidad de agua producida en la misma cuenca (DINGMAN, 1994). Es, en realidad, el equivalente del excedente hídrico obtenido con el modelo de balance hídrico de THORNTWAITE & MATHER aquí empleado.

² Se trata de un modelo conceptual que, en su forma originaria, se elabora a modo de registro contable. Se basa en criterios fitoclimáticos: precipitación, temperatura y datos de humedad del conjunto suelos-vegetación (FIDALGO HIJANO, 1988).

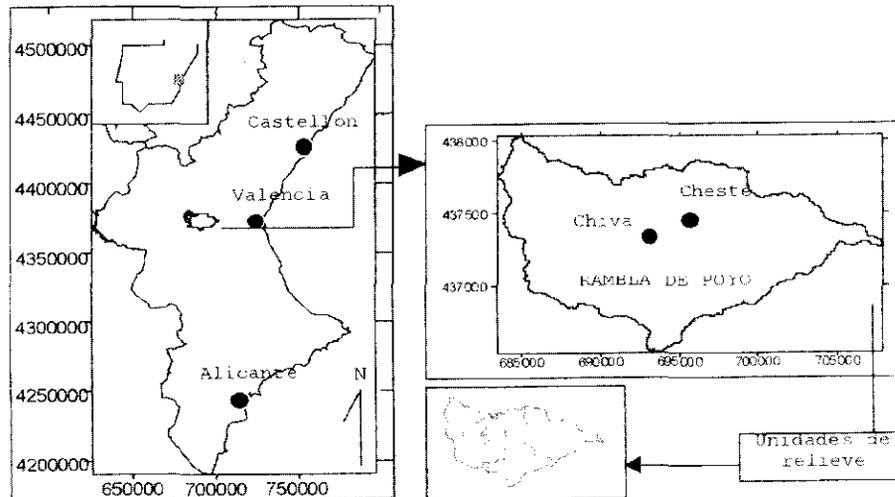


Figura 1. Localización de la zona de estudio y unidades de relieve de la cuenca.

suelo a partir de una cartografía temática de las características del suelo, asignándole valores de profundidad de raíces y capacidad de campo y del cálculo de superficies (campos) de precipitación y evapotranspiración potencial.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La rambla de Poyo se localiza en el sector centro-oriental de la provincia de Valencia (figura 1). Con relieves de dirección NW-SE, se sitúa entre las cuencas de los ríos Turia (norte) y Júcar (sur). Su superficie (185 km²) se reparte entre los algo más de 1000 m s.n.m. en cabecera y los 110 metros del punto de desagüe.

Su clima es el típico mediterráneo. La cuenca se sitúa dentro de los pisos bioclimáticos termo y mesomediterráneo de ombroclimas secos. Los máximos térmicos se registran en los meses de julio y agosto, coincidiendo con la estación seca. La pluviosidad media anual es de unos 500 mm, siendo en los meses de otoño, principalmente en octubre, cuando se concentran las máximas precipitaciones. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 14 y 16,5 °C (PASCUAL AGUILAR, 1997).

La cubierta vegetal en la cuenca de Poyo ha experimentado y soporta una fuerte presión antrópica. Aunque la vegetación potencial pertenece a la clase *Quercetea ilicis*, que incluye a la vegetación esclerófila mediterránea, ésta se encuentra muy alterada. Gran parte de la superficie está sometida a algún tipo de prácticas agrarias, destacando los cultivos de secano. Sólo aparecen restos de vegetación en estado "seminatural" en las zonas abruptas, principalmente en el sector occidental la cuenca.

En la cuenca de Poyo se articulan tres unidades de relieve (CAMARASA BELMONTE, 1995)(figuras 1, 2 y 3):

- a) La zona 1 corresponde a la cabecera de la cuenca, situada en su flanco occidental (entre los 1000 y 450 metros de altitud). Se trata de un sector montañoso —aproximi-

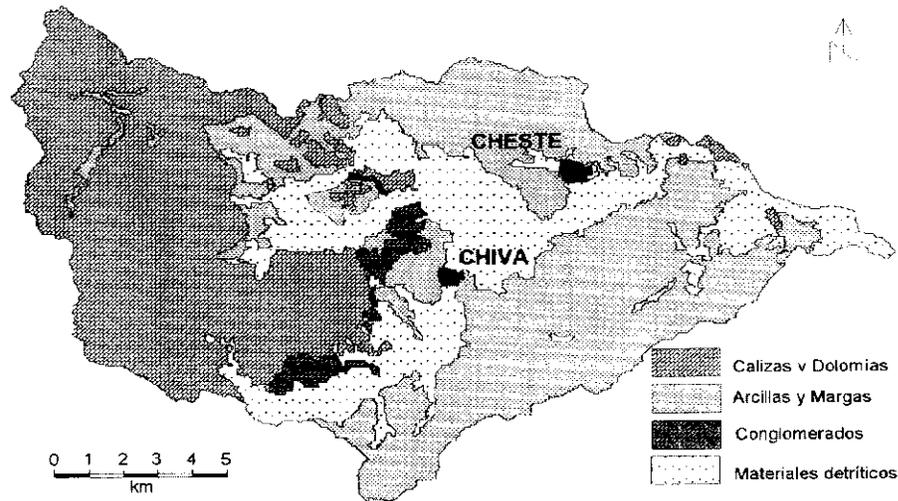


Figura 2. Esquema litológico de la rambla de Poyo.

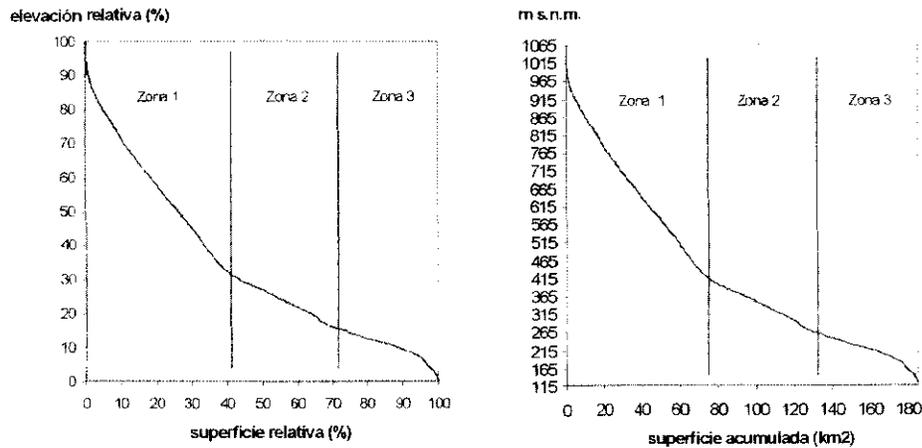


Figura 3. Curvas hipsométricas (absoluta y relativa) de la cuenca.

madamente el 35% de la superficie total— de calizas y dolomías mesozoicas (figura 2) donde la actividad tectónica está presente por medio de estructuras de plegamiento, fracturación y cabalgamientos. La hipsometría refleja un mayor dinamismo (figura 3): es el sector de mayor contraste topográfico y de mayores pendientes. Por tanto, en él se da una alta densificación de la red de drenaje, lo que facilita la evacuación rápida de la escorrentía superficial.

- b) La zona 2 (intermedia) ocupa otro 35% de la superficie total. De mayor variedad litológica, predominan arcillas y margas terciarias y conglomerados y materiales detríticos cuaternarios. Está principalmente estructurada sobre materiales pleistocenos por

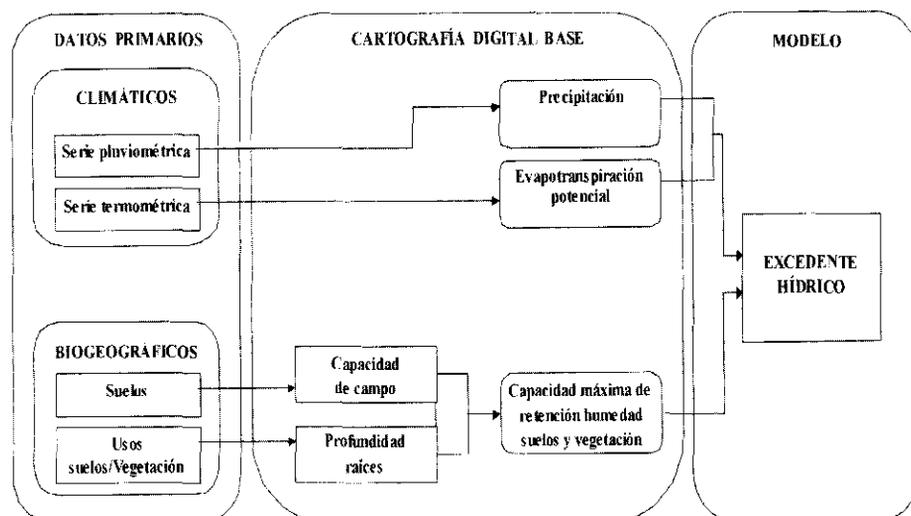


Figura 4. Proceso de elaboración de excedentes hídricos con un SIG.

los que circulan los tres principales barrancos de la cuenca (Barranco de la Cueva Morica, Barranco Grande y Rambla de Gallo-Chiva). La curva hipsométrica muestra claramente como el área de transición entre la unidad anterior y la oriental (zona 3), más llana, pudiéndose observar en ella la inflexión altitudinal, factor que influye en una menor densificación de la red de drenaje. Su topografía, con menores amplitudes altitudinales —entre las cotas de 450 y 250 metros— tiene una rugosidad baja.

- c) La zona 3 (oriental) presenta un relieve de lomas suaves. Constituida por arcillas rojas y margas terciarias, su homogeneidad se interrumpe con la aparición de formas tabulares de calizas más resistentes. Por ella, la rambla de Poyo circula sobre una amplia banda de depósitos cuaternarios. La curva hipsométrica define este sector como el más homogéneo, con pocos contrastes, escasamente dinámico. El área, entre la cota de 250 metros y el nivel de base, comprende un 30% de la cuenca.

3. METODOLOGÍA

En el trabajo se sigue un proceso secuencial (figura 4). Se inicia con la recogida y preparación de información primaria —datos termopluviométricos y mapas de suelos y de usos del suelo— a partir de los cuales se generan cartografías digitales básicas —ETP y mapas de retención de humedad del suelo— y finaliza con el cálculo de excedentes hídricos.

A todas las capas de información primaria se les asignó un tamaño de pixel de 100 m, después de considerar el tamaño de la cuenca, la calidad de los datos y las dificultades de modelización (VALENZUELA and BAUMGARDNER, 1990)³

³ Estos autores recomiendan el uso de celdas que oscilen entre los 25 y 150 metros de lado, pues para tamaños mayores el nivel de generalización no es recomendable cuando se trata de cartografía temática. En los procesos analíticos, la operatividad del sistema se ve muy ralentizada cuando se introducen ficheros muy grandes, lo cual depende del tamaño real del área de estudio y del mismo tamaño de la cuadrícula usada.

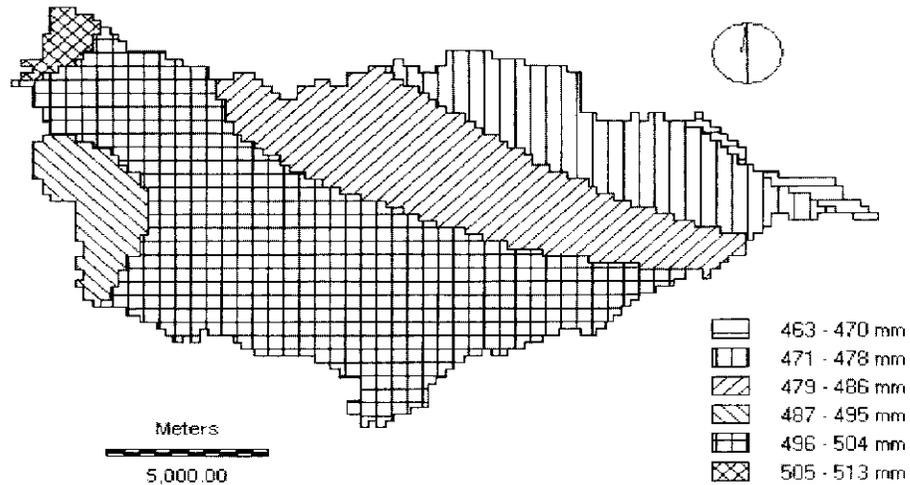


Figura 5. Campo de precipitaciones medias anuales del periodo de síntesis 1970-90.

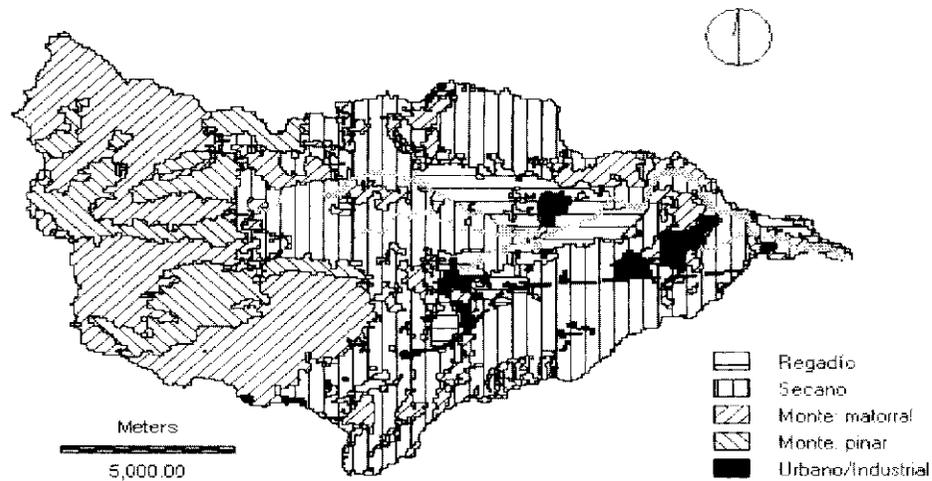


Figura 6. Principales usos del suelo de la cuenca.

*Precipitación y temperatura*⁴: Se han utilizado series termopluviométricas mensuales de 4 años (1989-92) registradas en ocho estaciones meteorológicas localizadas dentro o en el entorno más cercano a la cuenca. A los registros de precipitación y temperatura mensuales se les aplicó un método de interpolación, conocido como inverso de la distancia al cuadrado (RUÍZ, 1994), y se obtuvieron superficies o campos de lluvias y temperatura que cubren toda la zona (figura 5). Se trata de un método de interpolación que utiliza los valo-

⁴ Los datos termopluviométricos corresponden a las síntesis mensuales del Instituto Nacional de Meteorología.

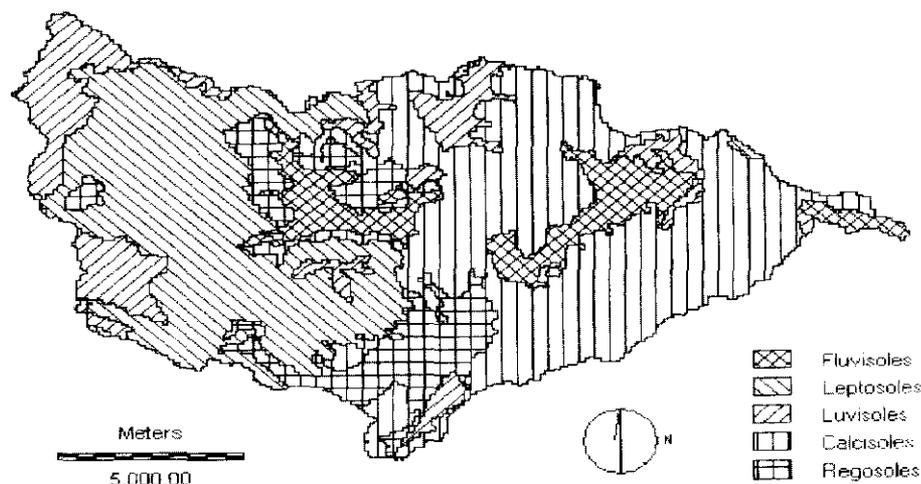


Figura 7. Esquema edáfico de la cuenca.

res medidos en las estaciones para crear un modelo (un mapa digital) de distribución espacial de los valores climáticos.

*Suelos y usos del suelo/vegetación*⁵: Las cartografías de suelos y usos del suelo fueron digitalizadas con un CAD (MICROSTATION), posteriormente se incorporaron a un SIG vectorial (ARC/INFO) para la construcción de topologías y asignación de atributos de los polígonos y, finalmente, se "rasterizaron" en el formato del SIG (IDRISI) utilizado para el análisis de excedentes hídricos.

Los usos del suelo (figura 6) definen diferentes sectores. En el occidental predomina una vegetación más o menos natural (matorral y pinos). En el resto de la cuenca se distribuyen cultivos de secano, a excepción de las zonas llanas de los barrancos donde se ha desarrollado el regadío.

Por su parte, la distribución de suelos (figura 7) también agrupa diferentes sectores topográficos, en gran medida coincidente con la vegetación. Leptosoles y luvisoles predominan en el sector montañoso; bordeando éstos, en el ambiente de transición, se encuentran regosoles; en la mitad oriental dominan los calcisoles, a excepción de los ambientes fluviales donde se desarrollan fluvisoles.

Evapotranspiración potencial: A partir de los datos termoplúviométricos se desarrolló un modelo en el SIG (PASCUAL AGUILAR, 1997) basado en el cálculo de la ETP según el método de Thornthwaite (1948)

El mapa de distribución muestra una doble gradación N-S y E-W de la ETP media anual (figura 8). El sector occidental, montañoso, constituye el área de menores pérdidas potenciales de humedad por evapotranspiración, mientras que el sector septentrional

⁵ Las cartografías de suelos son las editadas por el Centro de Investigación sobre Desertización (CIDE) a escala 1:100.000. Los mapas de usos han sido editados por la Conselleria de Obras Públics Urbanismo y Transporte (COPUT) de la Generalitat Valenciana a escala 1:50.000.

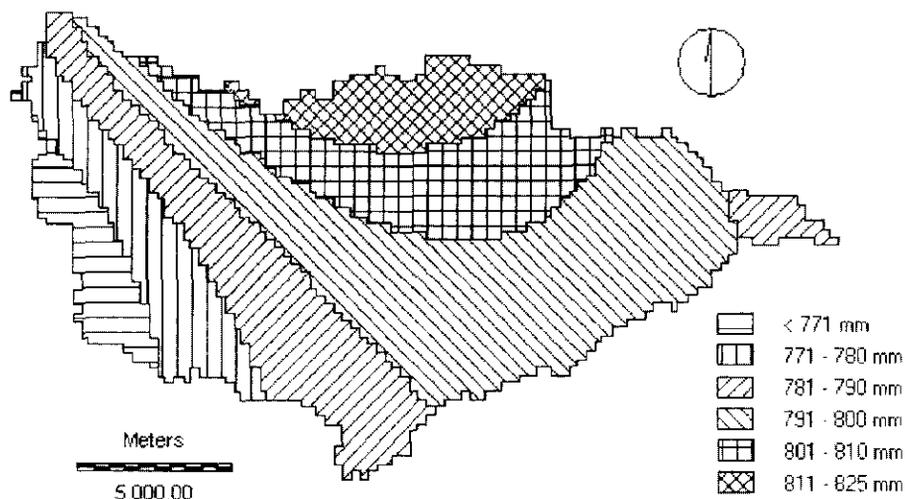


Figura 8. Campo de ETP media anual del periodo de síntesis 1970-90.

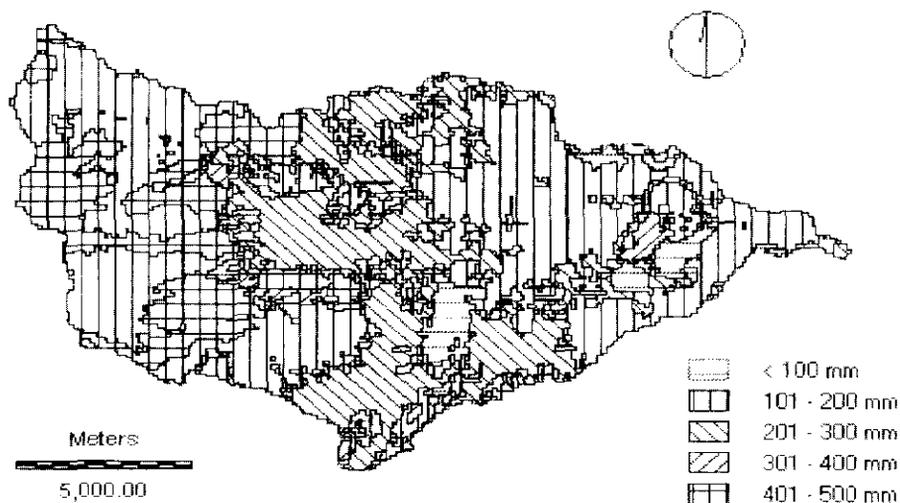


Figura 9. Capacidad máxima de retención hídrica del conjunto suelos-vegetación.

registra los valores más elevados. Si se relaciona con la distribución de las precipitaciones (figura 5), es en este mismo sector donde se dan los máximos potenciales de humedad, pues en él también se localizan valores mayores de lluvias.

Capacidad máxima de retención hídrica de suelos y vegetación: Para evaluar la retención de un suelo, se ha considerado la capacidad de campo y la profundidad de raíces (DUNNE and LEOPOLD, 1978). La primera (tabla 1) se ha confeccionado mediante un análisis estadístico, extrayendo los valores medios de los tipos de suelos representados en las hojas

Tabla 1. Potencias y capacidades de campo medias de los grupos de suelos de la cuenca

Tipo de suelo	Potencia media (mm)	Capacidad de campo (%)
Luvisol	758	22.8
Fluvisol	1206	27.5
Calcisol	907	18.1
Regosol	524	16
Leptosol	261	28.3

Tabla 2. Profundidad media de raíces para los diferentes tipos de vegetación de la cuenca

Tipo de uso/vegetación	Profundidad media (mm)
Regadío: huerta	250
Regadío: cítricos	978
Secano: viñas	663
Secano: frutales	1440
Monte: matorral	532
Monte: pinar	1800

digitalizadas. Para conocer la profundidad de las raíces de cultivos y vegetación se ha establecido, en sucesivas salidas de campo, valores medios representativos de cada uso/cultivo (tabla 2).

Finalmente, por medio de técnicas SIG de superposición de mapas —lo que se conoce como álgebra de mapas (TOMLIN, 1990)— se obtuvo una imagen con la capacidad máxima de retención de humedad del conjunto de suelos y vegetación (figura 9).

Cálculo de excedentes hídricos: Se asume que sólo se da excedente de humedad en los suelos cuando el contenido de humedad al final del mes es igual o mayor a su capacidad de retención máxima (ϕ). El exceso de humedad (T_i) se resuelve entonces como:

$$T_i = P_i - ETP_i + S_{i-1} - \phi$$

ϕ = Capacidad máxima de retención de humedad

P_i = Precipitación

ETP_i = Evapotranspiración potencial

S_{i-1} = Contenido de humedad de los suelos del mes anterior⁶

El contenido de humedad del conjunto suelos/vegetación (S_i) se obtiene bajo dos supuestos:

- a) Cuando la precipitación es mayor o igual a la evapotranspiración potencial del mes (ETP_i), el contenido de humedad del suelo del mes se resuelve como el mínimo entre

⁶ La aplicación del modelo requiere de una capa de información con las condiciones iniciales de humedad del suelo (S_{i-1}). Para obtener dicha información se calcularon, en primer lugar, los contenidos de humedad de una serie sintética de 20 años. A continuación se elaboraron los balances del año anterior (1988) a la serie analizada utilizando como humedad inicial los contenidos de humedad obtenidos para el mes de diciembre con la serie sintética. Los contenidos de humedad obtenidos del último mes de 1988 se tomaron como la humedad antecedente al inicio de la serie analizada.

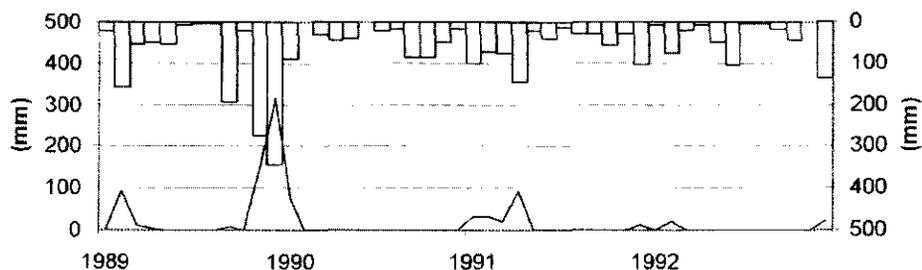


Figura 10. Series mensuales de valores medios de precipitación y excedentes hídricos (1989-1992).

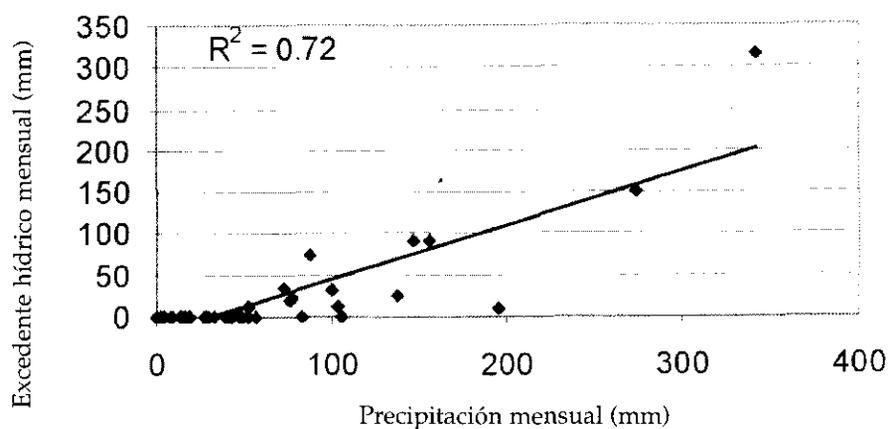


Figura 11. Relación entre precipitación y excedente hídrico (1989-1992).

la capacidad de retención de humedad y la diferencia entre precipitación más humedad del suelo y ETP:

$$S_i = \min \{ (P_i - ETP_i) + S_{i-1}, \phi \}$$

b) Para el segundo de los casos, $P_i < ETP_i$, el contenido de humedad de un mes dado quedaría como:

$$S_i = S_{i-1} * \exp [- (ETP_i - P_i) / \phi]$$

4. DINÁMICA MENSUAL DE EXCEDENTES HÍDRICOS

Potencial de retención hídrica de la cuenca: La variada combinación entre los diferentes suelos y los usos de los mismos implica que la capacidad máxima de retención de humedad sea muy heterogénea, pues oscila entre menos de 100 mm hasta casi los 500 mm (figura 9). Los máximos almacenamientos hídricos corresponden a zonas de suelos potentes (calcisoles), con capacidades de campo altas (caso de los fluvisoles) y vegetación arbórea.

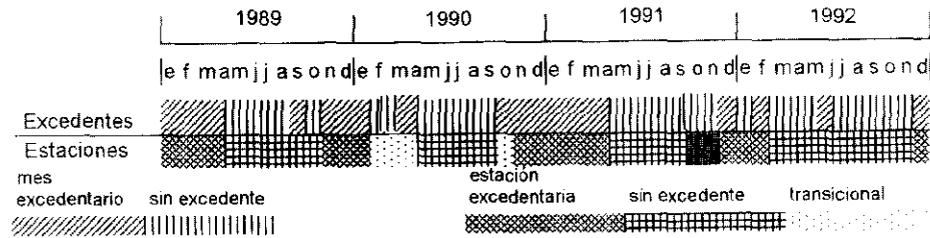


Figura 12. Reparto mensual de excedentes hídricos y estacionalidad de la cuenca de Poyo (1989-1990).

Los sectores de mayor potencial para la generación de excedentes (esto es, con menor capacidad de retención de humedad) se localizan en cabecera, donde se asocia la vegetación de matorral con los suelos menos desarrollados (regosoles), y en el extremo oriental donde predominan cultivos de secano (vid) sobre suelos algo más retentivos (calcisoles). A su vez, la zona de cabecera presenta mayores precipitaciones (figura 5) y menores pérdidas potenciales por evapotranspiración (figura 8).

En la amplia franja central de la cuenca se constatan capacidades de retención de humedad más altas. Aquí coinciden los cultivos arbóreos con mayores profundidades de raíces (tabla 2) y suelos de potenciales medios (calcisoles) a altos (fluvisoles). Esta combinación de factores es un elemento importante en su menor potencial de generación de excedentes.

Reparto mensual y estacionalidad de excedentes hídricos: Para la serie temporal analizada, la capacidad excedentaria de la cuenca es notablemente baja. Si se incluyen los que presentan valores mínimos (tabla 3 y figura 10), en el 65% de los meses la cuenca no produce excesos hídricos. Los excedentes alcanzan sus máximos en los meses de altos volúmenes de lluvia, asociados con humedades antecedentes altas. En efecto, las condiciones de saturación antecedente, unidas al régimen de precipitaciones, generan la sucesión de varios meses con excedentes.

La correlación entre precipitaciones y excedentes (figura 11) es, en términos generales, elevada. El coeficiente de determinación indica que, aproximadamente, el 72% del excedente hídrico está directamente asociado con la precipitación. Sin embargo, existen algunas dispersiones por la interacción entre la lluvia acumulada mensual, el potencial de pérdidas (por evapotranspiración) y la humedad antecedente de los suelos.

Para que se produzca algún excedente mensual la precipitación mínima suele oscilar alrededor de los 60 mm⁷: en condiciones de humedad antecedente alta, la cuenca tiene un umbral algo menor, pero se incrementa a medida que la humedad de los suelos va reduciéndose —consecuencia de varios meses con valores de precipitaciones bajos—, normalmente en verano (tabla 3).

Asimismo, los coeficientes de excedente (tabla 3) —proporción de precipitación que se ha convertido en excedente hídrico— muestran la relación anterior: los máximos valores se concentran en los meses donde la cuenca ha superado su capacidad de retención

⁷ Debe hacerse notar la coincidencia de este valor con los umbrales de escorrentía superficial (P0), estimados en 65 mm para algunas cuencas calcáreas mediterráneas (SEGURA BELTRAN y CAMARASA BELMONTE, 1996).

Tabla 3. Valores medios de precipitación, excedentes hídricos y coeficientes de excedente hídrico de la rambla de Poyo (período 1989-1992)

año	mes	lluvia (mm)	excedente hídrico (mm)	coeficiente excedente (%)
1989	1	18.2	0	0
	2	155.8	92.4	59.3
	3	52.1	11.6	22.3
	4	46.7	5.5	11.7
	5	51.9	0	0
	6	8.1	0	0
	7	4.9	0	0
	8	3.0	0	0
	9	194.9	10.0	5.1
	10	18.9	0	0
	11	273.5	150.5	55.0
	12	341.5	316.0	92.5
1990	1	87.2	74.2	85.2
	2	0.0	0	0
	3	33.2	0	0
	4	43.0	0	0
	5	40.7	0	0
	6	0.0	0	0
	7	18.8	0	0
	8	16.0	0	0
	9	83.5	0	0
	10	82.8	0.9	1.1
	11	47.7	0.8	1.7
	12	14.6	0	0
1991	1	100.4	32.5	32.4
	2	73.0	33.8	46.3
	3	76.7	20.9	27.2
	4	146.9	91.8	62.5
	5	19.0	0	0
	6	39.9	0	0
	7	14.0	0	0
	8	27.3	0	0
	9	29.7	0	0
	10	56.5	0.3	0.6
	11	28.6	0	0
	12	103.1	12.6	12.3
1992	1	7.6	0	0
	2	77.8	22.0	28.2
	3	19.4	0	0
	4	8.7	0	0
	5	48.6	0	0
	6	105.5	0.5	0.5
	7	2.1	0	0
	8	3.7	0	0
	9	18.0	0	0
	10	43.6	0	0
	11	0.4	0	0
	12	137.8	23.8	17.3

y las precipitaciones son máximas (principio y finales de 1989 y primeros meses de 1991), cuando en la mayoría de los meses se supera el 50 por ciento de la lluvia mensual.

La agrupación en varios meses de los excedentes hídricos destaca la alternancia de períodos secos y húmedos (figura 12), en algunos casos separados por una situación transicional.

Para el período estudiado, las estaciones no excedentarias —repartidas a lo largo de los meses de primavera y verano— predominan en su duración sobre las excedentarias, incluso en el año (1989) de mayor pluviosidad. Éstas superan los cinco meses, alargándose a casi la totalidad del año (1992). Por contra, las excedentarias no sobrepasan los siete meses (1990-1991).

5. CONCLUSIONES

La cuenca de Poyo muestra escasos excedentes. La distribución temporal de las precipitaciones y las condiciones de humedad de los suelos explican largos períodos secos a los que siguen otros, más breves, de producción de humedad excedentaria.

El régimen mediterráneo de las precipitaciones implica en gran medida la estacionalidad, aunque también hay que tener en cuenta la dinámica de humedad de los suelos. Cabe destacar la existencia de ambientes (zonas) con mayores potenciales de generación de excedentes, principalmente localizados en el sector occidental, y de otros reductores que presentan altos valores de capacidad de retención de humedad, sobre todo se localizan en una amplia banda central. Este hecho se explica tanto por las características fisiográficas (topografía, litología y modelado) que imprimen un cierto determinismo al potencial de excedente de los suelos, como por los usos que incrementan las capacidades retentivas de los suelos, así como por menores precipitaciones y elevadas tasas de ETP.

El desarrollo del método de balance hídrico en un Sistema de Información Geográfica, al crear capas temáticas representando su distribución sobre la cuenca, permite una mejor definición de los parámetros.

Por tanto, la ampliación de un modelo agregado de balance hídrico a uno distribuido permite la interpretación superficial de la producción hidrológica o excedentes hídricos en una cuenca de drenaje bajo requerimientos limitados de información y considerando la heterogeneidad de usos y suelos. Si bien se obtiene de esta manera una descripción más precisa del funcionamiento heterogéneo de la cuenca, hay que tener en cuenta que sus componentes operan de manera tridimensional y, por tanto, debería abundarse más en dicha dinámica y en la interrelación —proceso de transmisiones— entre unos y otros componentes.

Relacionado con la complejidad de la parametrización de un modelo distribuido, cabe destacar la necesidad de utilizar datos fiables puesto que de su calidad y cantidad depende el mejor funcionamiento del modelo y, por consiguiente, su mejor representación del sistema. En la actualidad son los datos climáticos los que imprimen mayores límites ya que una representación de distribuciones interpoladas con pocos datos puntuales podría enmascarar tendencias de dichos parámetros, sobre todo la distribución de las precipitaciones.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a los doctores Francés García, Mateu Bellés y Segura Beltrán por su labor de revisión. También agradezco al profesor Pérez Cueva la cesión de los datos termopluviométricos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, M.G. and BURT, T.P. (1985): **Modelling strategies**. En: ANDERSON, M.G. and BURT, T.P. (Eds.): *Hydrological forecasting*, Chichester, Wiley, 1-13.
- CAMARASA BELMONTE, A.M. (1995): *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc de Carraixet y Rambla de Poyo*. Madrid, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Júcar, 252 p.
- DINGMAN, S.L. (1994): *Physical Hydrology*, New York, Macmillan, 575 p.
- DUNNE, T. and LEOPOLD, L.B. (1978): *Water in Environmental Planning*, San Francisco, W. H. Freeman and Company, 236-254.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1995): *Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación*, Madrid, Síntesis, 285 p.
- FIDALGO HIJANO, C. (1988): *Metodología fitoclimática*, Madrid, Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, 123 p.
- MERZOUGUI, M. AND GIFFORD, G.F. (1987): **Spatial variability of infiltration rates on a semi-arid seeded rangeland**, *Hydrological Sciences Journal*, 32, 243-250.
- PASCUAL AGUILAR, J.A. (1997): *Cartografía hidrológica mediante SIG: la cuenca de Poyo*, Valencia, Tesis de Licenciatura, Departament de Geografia, Universitat de València, 231 p.
- PATRICK, N.A. and STEPHENSON, D. (1990): **Spatial variation of rainfall intensities for short duration storms**, *Hydrological Science Journal*, 35(6), 667-680.
- RUIZ, J.M. (1994): **Modelización fisiográfica y climática con los SIG**. En: *Curso sobre utilización de los sistemas de información geográfica en hidrología*, Madrid, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, pág. var.
- SEGURA BELTRÁN, F. y CAMARASA BELMONTE, A.M. (1996): **Balances hídricos de crecidas en ramblas mediterráneas: pérdidas hídricas**. En: MARZOL, M.V.; DORTA, P. y VALIADARES, P. (Eds.): *Clima y agua: la gestión de un recurso climático*, 235-245.
- STEENHUIS, T.S. and VAN DER MOLEN, W.H. (1986): **The Thornthwaite-Mather procedure as a simple engineering method to predict recharge**, *Journal of hydrology*, 84, 221-229.
- TOMLIN, C.D. (1990): *Geographic information systems and cartographic modeling*, New Jersey, Prentice Hall, 249 p.
- THORNTHWAITTE, C.W. (1948): **An approach toward a rational classification of climate**, *Geographical Review*, 38 (1), 55-94.
- THORNTHWAITTE, C.W. and MATHER, J.R. (1955): **The water balance**, *Climatol. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol.*, 8 (1), 1-104.
- VALENZUELA, C.R. and BAUMGARDNER, M.F. (1990): **Selection of appropriate cell sizes for thematic maps**, *ITC Journal*, 3, 219-224.