

MEDICIÓN DE LA INTERCEPTACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES POR LA ENCINA (QUERCUS ROTUNDIFOLIA LAM.): METODOLOGÍA E INSTRUMENTALIZACIÓN

A. *Beatriz Mateos Rodríguez & Susanne Schnabel*

Departamento de Geografía y O. T., Facultad de Filosofía y Letras,
Universidad de Extremadura. Avenida de la Universidad, s/n. 10071 Cáceres.
E-mail: abmateos@geot.unex.es

Resumen: Este trabajo se centra en la investigación de la interceptación de las precipitaciones por el encinar, como uno de los componentes que intervienen en el balance hidrológico de una pequeña cuenca bajo explotación de dehesa en la provincia de Cáceres. Se cuantifica la *precipitación incidente*, la *trascolución* y la *escorrentía cortical* para determinar el volumen de precipitación que es interceptado por la copa del árbol. También se miden las siguientes variables meteorológicas: temperatura, humedad relativa del aire, radiación solar, dirección y velocidad del viento para estimar la evapotranspiración potencial. En este artículo se presenta la metodología utilizada para la realización del estudio y se hace una valoración de la misma.

Palabras clave: interceptación, dehesa, trascolución, escorrentía cortical, evapotranspiración potencial.

Abstract: Rainfall interception of holm oaks is investigated as one of the components which interfere in the hydrological balance of a small watershed covered by openly spaced evergreen woodland (dehesa) in the province de Cáceres, SO Spain. Incident rainfall, throughfall and stemflow are quantified in order to determine interception of individual trees. Meteorological variables, such as temperature, relative air humidity, solar radiation, wind velocity and direction, are measured in order to estimate potential evapotranspiration. This paper presents the methodology used together with a first evaluation.

Key words: interception, dehesa, throughfall, stemflow, potential evapotranspiration.

1. INTRODUCCIÓN

Un efecto importante de la vegetación, aunque todavía poco conocido en ambientes semiáridos, es la interceptación de las precipitaciones que en forma de lluvia, rocío, granizo, etc., quedan parcialmente retenidas por las hojas, ramas o tronco de la cubierta vegetal y de ahí se evaporan nuevamente a la atmósfera.

La parte aérea de la vegetación tiene la propiedad de actuar de barrera capaz de interceptar las precipitaciones, variando su influencia y distribución bajo el área de influencia de su cobertura. Se pueden definir cuatro flujos de agua (*precipitación incidente*, *precipitación interceptada*, *trascolación* y *escorrentía cortical*) que responden a la siguiente relación:

$$I = P - (T + E)$$

donde: I = Agua interceptada por el arbolado

P = Agua de precipitación incidente o bruta

T = Agua de trascolación

E = Agua de escorrentía cortical

– *Precipitación incidente (P)*: Representa la cantidad total de agua que cae sobre la cubierta de los árboles.

– *Agua interceptada (I)*: Es la parte de la precipitación que queda retenida por el árbol y pasa de nuevo a la atmósfera por evaporación.

– *Agua de trascolación (T)*: Corresponde a la precipitación que llega directamente al suelo entre las hojas de los árboles o cae, después de ser interceptada, por goteo.

– *Agua de escorrentía cortical*: Es el agua que una vez captada por el árbol escurre a lo largo del tronco.

La intercepción de las precipitaciones por el encinar es uno de los aspectos en los que actualmente se está trabajando en una pequeña cuenca bajo explotación de dehesa en la provincia de Cáceres. Desde 1990 se estudian los procesos sedimentológicos e hidrológicos que operan en dicha cuenca, realizándose una serie de trabajos de investigación que tratan, además del tema ya mencionado, otros como la erosión de suelos, degradación de la cubierta vegetal y balance de agua (Gómez Amelia & Schnabel, 1992; Schnabel, 1995 y Ceballos, 1997).

El estudio de las pérdidas de agua por interceptación tiene gran importancia en el balance hídrico de una cuenca, en especial cuando las precipi-

taciones son escasas, poco intensas e irregulares (como suele ocurrir en zonas como la nuestra, de clima mediterráneo) y el porcentaje interceptado y evaporado es elevado.

El interés de nuestra investigación estriba en conocer qué pérdidas de agua se producen por la interceptación de la lluvia por el encinar y qué efecto tienen en el balance hídrico del ecosistema dehesa, teniendo en cuenta que hasta ahora ha sido poco estudiado en zonas adhesionadas con arbolado disperso.

2. ANTECEDENTES Y DESARROLLO ACTUAL DEL TEMA

Desde el trabajo pionero de Horton (1919), son muchos los autores que se han interesado por el tema de la interceptación de las precipitaciones por la vegetación, centrándose en bosques de coníferas bajo clima templado y bosques tropicales. Aunque hay algunos estudios entre los años treinta y cincuenta, se pueden citar los de Wood (1937), Kittredge (1948) y Rowe (1951), la mayor producción de los mismos comenzará en la década de los años sesenta. Serán Aussenac (1968, 1970); Rapp & Romane (1968), cuyo estudio en bosque de *Quercus ilex* es novedoso en cuanto a la especie analizada; Rutter & Morton (1971, 1975, 1977), que elaboran un modelo de predicción de la interceptación, de gran aplicación y Gash (1978, 1979), con su adaptación del modelo de Rutter, los autores más destacados.

En España el tratamiento de este tema es muy reciente. Los primeros estudios se realizan a finales de los años setenta. Calabuig (1979) investiga la interceptación de las precipitaciones por *Quercus rotundifolia*, siendo el primero en nuestro país en el estudio de esta especie, y obtiene cifras que varían entre un mínimo del 20% y un máximo del 40-50%. En los últimos quince años, las principales aportaciones proceden, fundamentalmente, del área mediterránea, donde se trabaja en bosques de *Quercus ilex* y, sobre todo, en distintas variedades de *Pinus*. La más antigua de las cuencas hidrográficas en las cuales se comenzó a cuantificar las pérdidas de agua por interceptación es la de el barranco de L'Avic (Sierra de Prades, Tarragona), donde se investigan los procesos hidrológicos que operan en una zona de bosque mediterráneo. Otras cuencas experimentales en Cataluña son: Cal Parisa (en el prepirineo) y Castanya (Montseny). En todas ellas los porcentajes de interceptación son muy diferentes: en la estación de Montseny se obtienen, en bosque de *Quercus ilex*, valores de entre 20 y 25% de la precipitación total anual, mientras que en el encinar de L'Avic el porcentaje medio es del 16,5% (Escarré *et al.*, 1986). Otros estudios en bosques de *Quercus* estiman un

porcentaje anual en torno al 30% (Lossaint & Rapp, 1971). Cal Parisa arroja porcentajes del 24% en *Pinus sylvestris*, comparables a los aportados por Aussenac (1968), Gash (1979) o Loustau (1992). También se están llevando a cabo estudios en Almería y Murcia, aunque éstos se realizan en parcelas de matorral mediterráneo (Belmonte & Romero, 1994). Según los datos aportados por estos autores los porcentajes de interceptación son muy elevados, oscilan entre el 30-40%, aunque hay una gran variabilidad según especies.

Hasta ahora, la mayor parte de los estudios han tenido como marco de trabajo bosques cerrados de distintas especies o parcelas de matorral, y en menor medida se ha analizado el comportamiento de individuos dispersos, especialmente de *Quercus rotundifolia*, que es el objeto del estudio que, a través de este artículo, se presenta.

3. OBJETIVOS

El objeto fundamental de este estudio se centra en valorar el efecto que el encinar adhesionado tiene en la distribución del agua de precipitación, caída fundamentalmente en forma de lluvia.

Otros objetivos son:

- * Cuantificar los flujos en los que se distribuye el agua: *precipitación incidente, trascolación y escorrentía cortical* y estimar la *precipitación interceptada*.
- * Establecer relaciones entre los diversos flujos.
- * Medir las variables meteorológicas que influyen en el proceso de la interceptación y que nos permiten estimar la evapotranspiración potencial.
- * Estudiar la relación entre interceptación y evapotranspiración.
- * Analizar la influencia que ejerce la poda en la interceptación, comparando las variaciones espaciales y estacionales.
- * Determinar las pérdidas de agua que se producen por interceptación y valorar que efectos tiene en el conjunto del balance hidrológico de la cuenca.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca hidrográfica de Guadalperalón se sitúa a 22 km al noreste de Cáceres capital, dentro del término municipal de Trujillo. Pertenece a la cuenca del río Magasca que, a su vez, se incluye en la red del río Almonte, afluente del Tajo (fig. 1).

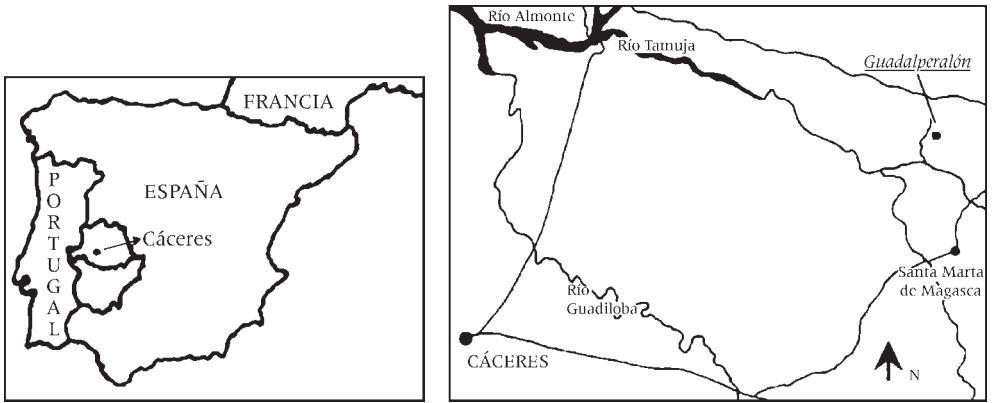


Figura 1: Mapa de localización del área de estudio.

Con una superficie de 35,4 ha, presenta forma alargada con orientación meridiana. La altitud media es de 378 m. Su longitud y anchura son 1.100 m y 617 m, respectivamente, y el perímetro de 2.836 m (Ceballos Barbancho, 1996).

El clima de la zona es mediterráneo de transición, con influencias atlánticas y continentales, presentando veranos secos y calurosos e inviernos moderadamente fríos. La pluviometría se caracteriza por una gran irregularidad, siendo la precipitación media anual de 510 mm (Schnabel, 1995), aunque los dos últimos (1996-1997) han sido muy lluviosos y han roto este promedio, superando los 725 mm. La temperatura media anual es de 16 °C.

La cuenca se halla integrada en la unidad geomorfológica más extensa de Extremadura: la superficie general de erosión, caracterizada por su monotonía litológica, con series pizarroso-grauváquicas.

En cuanto a los suelos, según la clasificación de la FAO, podemos distinguir entre *regosoles* y *leptosoles*. Estos suelos se diferencian fundamentalmente por su profundidad (*regosoles* > 30 cm; *leptosoles* < 30 cm). Son suelos de porosidad media, con predominio de texturas francas y estructura granular.

La vegetación está constituida, en su estrato herbáceo, por especies de la familia de las leguminosas, fundamentalmente (Bernet Herguijuela, 1995). El estrato arbustivo está representado por el cantueso (*Lavandula stoechas*), como especie dominante, y el tomillo (*Thymus zygis*). En el estrato arbóreo destaca la encina (*Quercus rotundifolia*) que se distribuye de forma desigual en el conjunto de la zona de estudio (fig. 2).

CUENCA DE GUADALPERALÓN

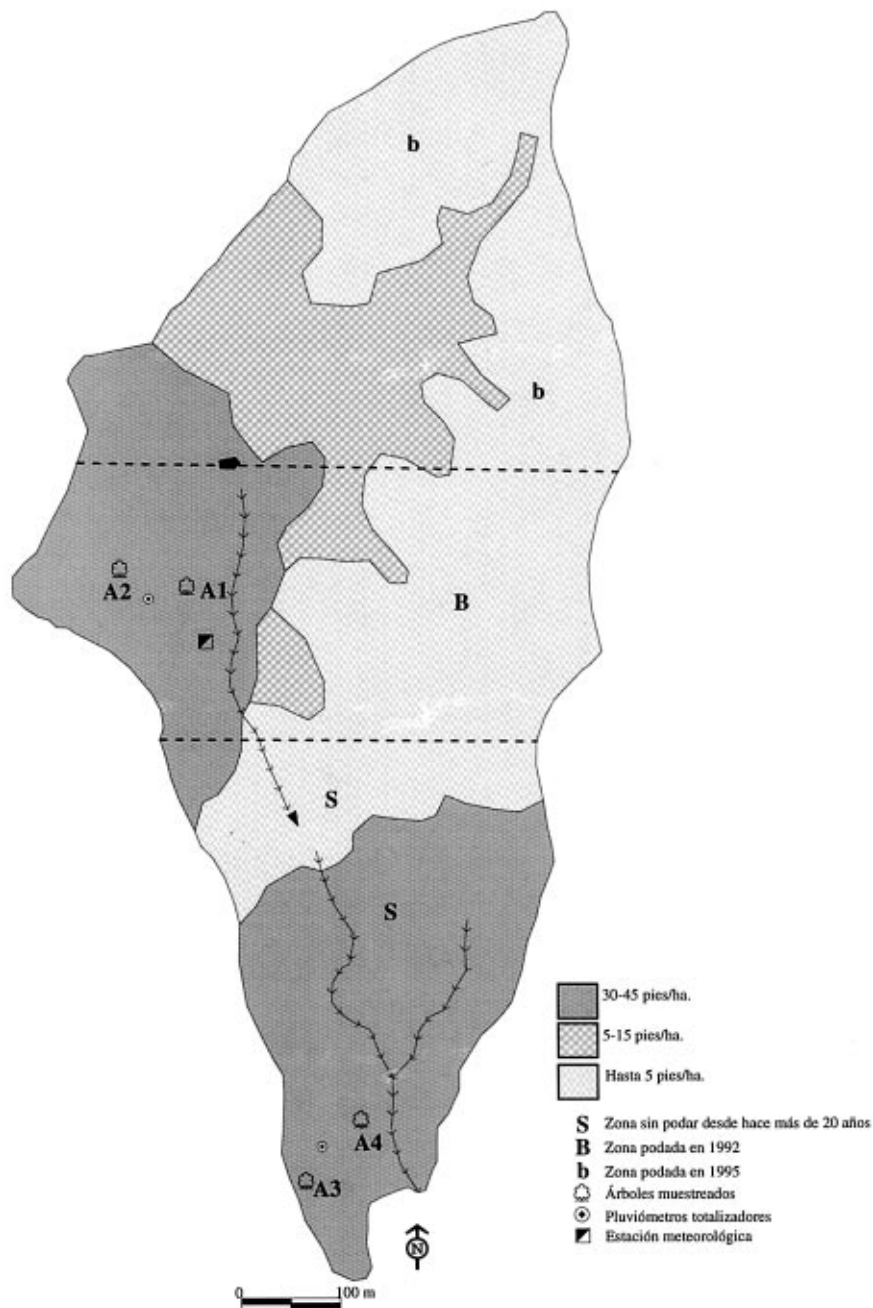


Figura 2: Cuenca de Guadalperalón con densidad de arbolado, zonas de poda y localización de los instrumentos de medición y árboles muestreados.

En función del período de poda de las encinas (conocido a través de dos series de foto aérea: 1959 –vuelo americano– y 1982, así como por la información aportada por el arrendatario de Guadalperalón) se pueden distinguir tres áreas (fig. 2):

a) *Zona alta*: donde la poda se realizó cuando comenzamos el estudio (1995) y el estado de las copas se reduce a las ramas principales, con muy poco follaje.

b) *Zona media*: aquí las encinas se podaron hace unos seis años (1992) y las copas, aunque más desarrolladas, dejan entrever grandes claros.

c) *Zona baja*: en la cual no se ha realizado la poda en los últimos veinte años, por lo que la cobertura de las copas es mucho mayor.

5. METODOLOGÍA

La medición de la interceptación de las precipitaciones por *Quercus rotundifolia* se inició en septiembre de 1995. Ésta se realiza bajo cuatro encinas, dos de ellas podadas y las otras dos sin podar.

5.1. Selección de los individuos muestreados

Para la selección de los árboles bajo los que se realiza la investigación se llevó a cabo en el verano de 1995 un estudio sobre el tamaño y desarrollo de las copas de las encinas en la cuenca experimental, como se detalla a continuación:

* Sobre una cartografía de la cuenca (ampliación de la foto aérea, E: 1/18.000, 1982) se trazaron cuatro perfiles, de dirección E-W, con una anchura de 10 cm. Todas las encinas cuya copa completa o más de la mitad de su copa quedaran dentro de esta banda fueron elegidas. De esta manera se obtuvo un total de 40 árboles.

* De todas ellas se determinó el área de proyección de la copa, así como su morfología midiendo la longitud de los radios en ocho direcciones principales (N, NE, E, ES, S, SW, W, WN); también siguiendo estas direcciones se midió la altura de la copa (distancia desde el suelo a la primera ramificación). Además se cuantificó el perímetro del tronco (a 1 m del suelo).

En la tabla 1 se representa, por perfiles, la longitud, altura y perímetro del tronco de cada árbol (las cifras corresponden a los promedios de los valores de las ocho direcciones medidas). También aparecen la media, la desviación estándar, la mediana y los valores máximo y mínimo. Podemos observar como

Tabla 1. Refleja (por perfiles) los valores promedio de la longitud y la altura de la copa (medidas siguiendo ocho direcciones: N, NE, E, ES, S, SW, W WN), así como el perímetro del tronco de 40 encinas.

Árboles	PERFIL 1			PERFIL 2		
	Longitud de radio (m)	Altura de radio (m)	Perím. tronco (m)	Longitud de radio (m)	Altura de radio (m)	Perím. tronco (m)
A.1	3,50	3,81	1,46	4,66	3,84	2,02
A.2	4,49	3,16	1,34	4,18	3,02	1,30
A.3	3,50	2,46	1,82	3,68	2,99	1,68
A.4	4,88	2,87	1,90	3,77	3,07	1,02
A.5	3,90	3,46	2,37	2,89	2,76	0,95
A.6	3,34	3,41	1,94	2,87	2,75	1,00
A.7	3,21	2,93	1,75	3,87	3,19	1,38
A.8	2,43	3,60	1,28	4,56	3,12	1,69
A.9	4,32	3,12	1,75	2,39	2,96	1,30
A.10	3,89	3,26	1,09	4,64	2,93	2,09
A.11	3,02	2,81	1,08	4,75	3,19	1,75
A.12	2,85	2,55	1,37	1,95	2,70	1,60
Media	3,61	3,12	1,60	3,68	3,04	1,48
Desv. estánd.	0,57	0,33	0,33	0,77	0,20	0,32
Mediana	3,50	3,14	1,61	3,82	3,01	1,49
Máximo	4,88	3,81	2,37	4,75	3,84	2,09
Mínimo	2,43	2,46	1,08	1,95	2,70	0,95
Árboles	PERFIL 3			PERFIL 4		
	Longitud de radio (m)	Altura de radio (m)	Perím. tronco (m)	Longitud de radio (m)	Altura de radio (m)	Perím. tronco (m)
A.1	2,80	3,03	0,97	3,57	2,73	2,26
A.2	3,82	2,86	1,28	4,73	4,44	2,31
A.3	4,73	3,80	1,58	2,57	2,68	1,25
A.4	5,55	3,13	1,86	2,96	2,91	1,66
A.5	3,86	3,06	1,31	3,42	3,53	1,16
A.6	4,20	2,66	1,66	4,78	4,16	1,78
A.7	3,31	2,57	1,15	3,81	3,99	1,54
A.8	5,55	3,01	1,75			
A.9	4,28	3,72	1,30			
Media	4,04	3,02	1,40	3,96	3,46	1,67
Desv. estánd.	0,68	0,27	0,26	0,77	0,56	0,32
Mediana	3,86	3,03	1,31	3,81	3,53	1,66
Máximo	5,55	3,80	1,86	5,55	4,44	2,31
Mínimo	2,80	2,57	0,97	2,57	2,68	1,16

la longitud media en los perfiles 3 y 4 es mayor que en los dos restantes, debido a la mayor amplitud de las copas de los árboles. Se trata de las encinas que no han sido podadas desde hace más de veinte años. Son en estos mismos perfiles donde los árboles presentan una mayor disparidad en cuanto a la forma y dimensiones de sus copas.

* Finalmente, se calculó la media, la desviación estándar y la mediana del total de los 40 árboles inicialmente seleccionados (tabla 2) y con los valores obtenidos se determinó cuales serían las encinas elegidas para el estudio. Como promedio, las copas tienen un diámetro de 7,64 m, las primeras ramificaciones se encuentran a unos 3,15 m del suelo y los troncos poseen un perímetro en torno a 1,50 m.

De las cuatro encinas escogidas, dos se podaron en 1992 y sus copas presentan grandes claros (árboles 1 y 2, localizados en la zona media de la cuenca), mientras que las dos restantes no se han podado en los últimos veinte años y sus copas son mucho más densas (árboles 3 y 4, situados en la zona baja de Guadalperalón) (fig. 2). De esta manera intentamos estudiar la influencia que ejerce la poda en la interceptación de las precipitaciones. No se han elegido para el estudio árboles recién podados ya que se ha efectuado una poda abusiva quedándose reducidas las copas a unas cuantas ramas principales con muy poco follaje.

5.2. Descripción del estudio y los instrumentos utilizados

* **Precipitación.** Para cuantificar la precipitación incidente se dispone de cuatro pluviómetros: uno con registro automático, situado en la estación meteorológica y tres totalizadores manuales, de los cuales uno se localiza próximo a la estación y los dos restantes se encuentran entre los árboles muestreados: **Totalizador 1**, entre los árboles 1 y 2; **Totalizador 2**, entre los árboles 3 y 4.

Tabla 2. Promedio de la media, desviación estándar, mediana, máximo y mínimo de la longitud, altura y perímetro del tronco de todos los árboles seleccionados inicialmente.

	Longitud de radio (m)	Altura (m)	Perímetro tronco (m)
Media	3,82	3,16	1,53
Desv. estándar.	0,70	0,11	0,20
Mediana	3,81	3,08	1,55
Máximo	5,55	4,44	2,37
Mínimo	1,95	2,46	0,95

El pluviómetro conectado a un registrador automático (o datalogger) es de tipo balancín, de 0,2 mm de resolución y extrae información cada cinco minutos (foto 1).

Los totalizadores constan de un recipiente de plástico, con embudo (de 22 cm de altura y 10 cm de diámetro), que va introducido en un tubo (de 1 m de altura y 12,5 cm de diámetro), y apoyado en un soporte rectangular de tablé (de 15 x 9 cm) (foto 2).

* **Trascolación.** La trascolación se mide bajo cuatro encinas. El volumen de agua trascolada se controla por medio de pluviómetros (como los que aparecen en la foto 2), dispuestos formando una cuadrícula. Partiendo del tronco y en cada uno de los sentidos, siguiendo la dirección de la vertiente, los pluviómetros se fijaron a 1 m de éste y distan ente sí 1,5 m. Este sistema de colocación de los instrumentos de medición se justifica por la forma asimétrica de las copas (fig. 3), lo que da lugar a una gran variabilidad espacial del agua trascolada. En algunos casos la red no está completa debido a la aparición de afloramientos rocosos que hicieron imposible la instalación de pluviómetros.



Foto 1: Vista general de la estación meteorológica.



Foto 2: *Pluviómetros totalizadores.*

El número de pluviómetros de control es de 174, distribuidos de la siguiente manera (fig. 4):

ÁRBOL 1	39 pluviómetros.
ÁRBOL 2	50 «
ÁRBOL 3	39 «
ÁRBOL 4	35 «

* **Escorrentía cortical.** Para la medición de la escorrentía cortical se ha instalado un canal de goma, de 3 m de longitud, colocado en espiral dando dos vueltas al tronco, que va unido a éste con un pegamento especial y sellado con espuma de poliuretano. El canal está conectado a un bidón de 65 l (foto 3).

* **Variables meteorológicas:** En la estación meteorológica, además de la precipitación, se recogen datos de temperatura, humedad relativa del aire, radiación solar, dirección y velocidad del viento, en intervalos de cinco minutos. Para ello se dispone de tres sensores (foto 4):

– Sensor combinado para la medición de la humedad relativa y temperatura, marca SKYE, modelo SKH2013.

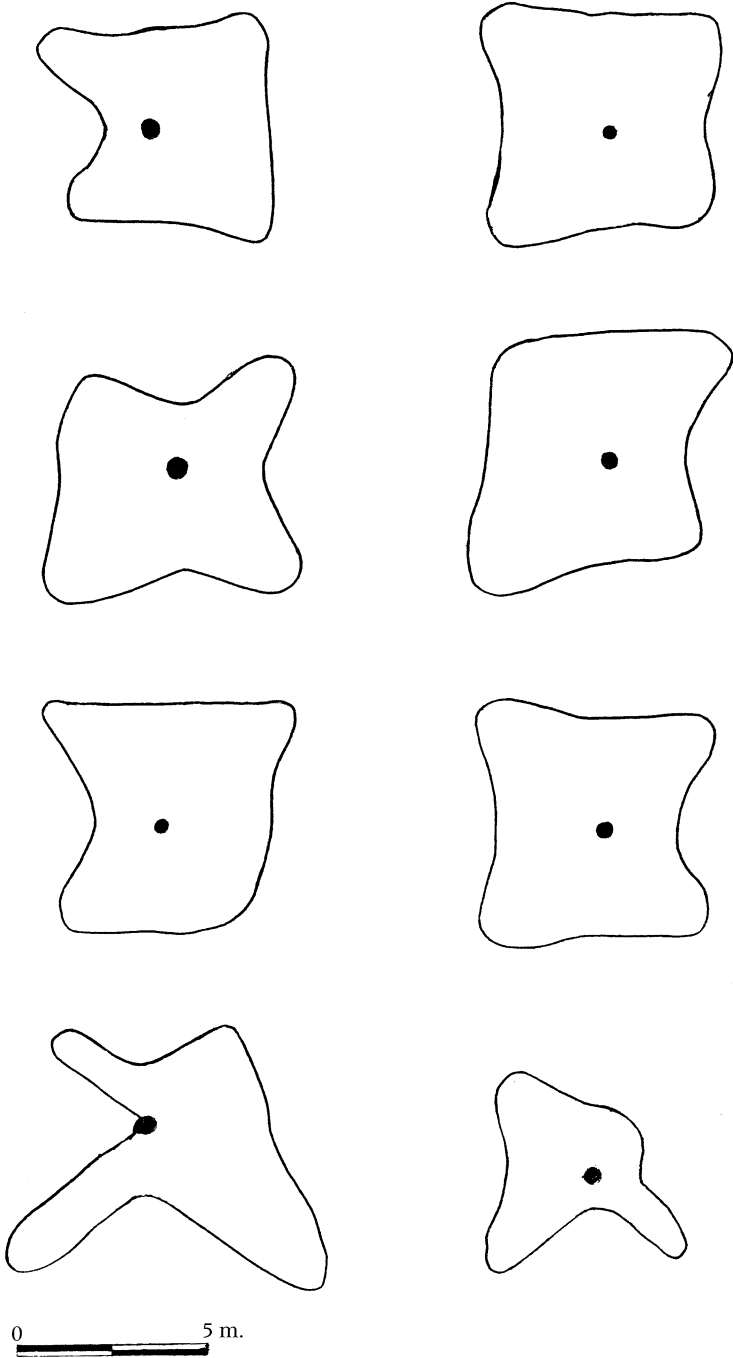
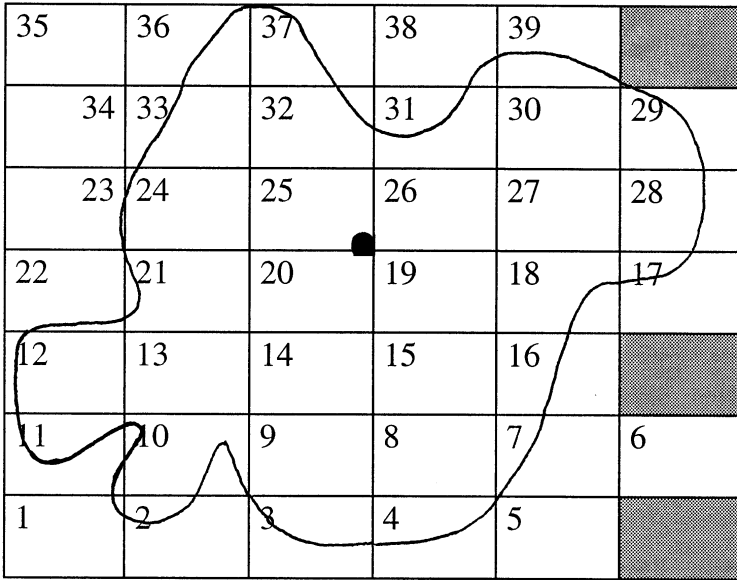


Figura 3: Morfología de algunas de las copas de los árboles más representativas. La asimetría es acusada, especialmente en las encinas que han sido podadas recientemente.

ÁRBOL 1.



ÁRBOL 2.

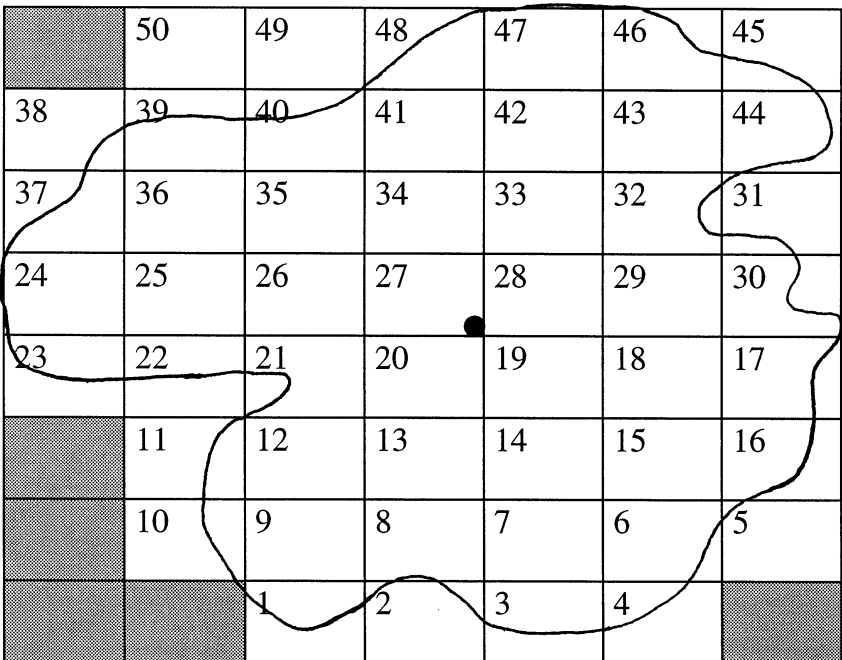
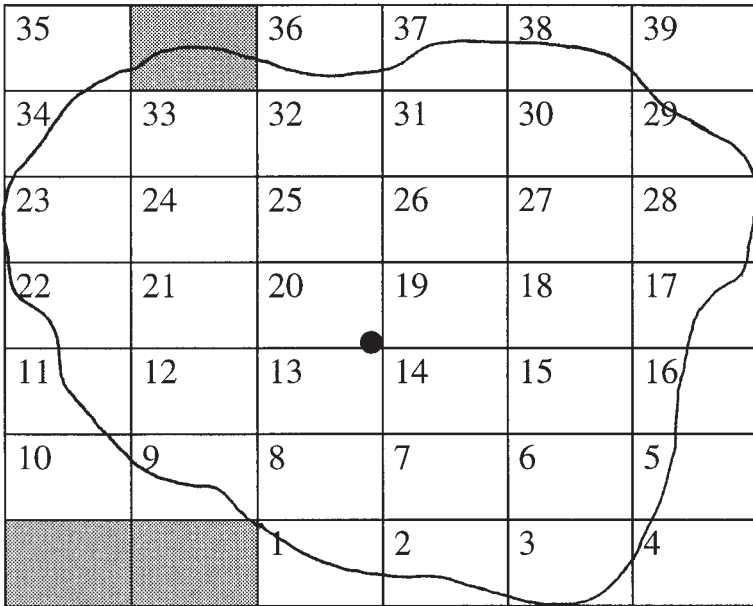
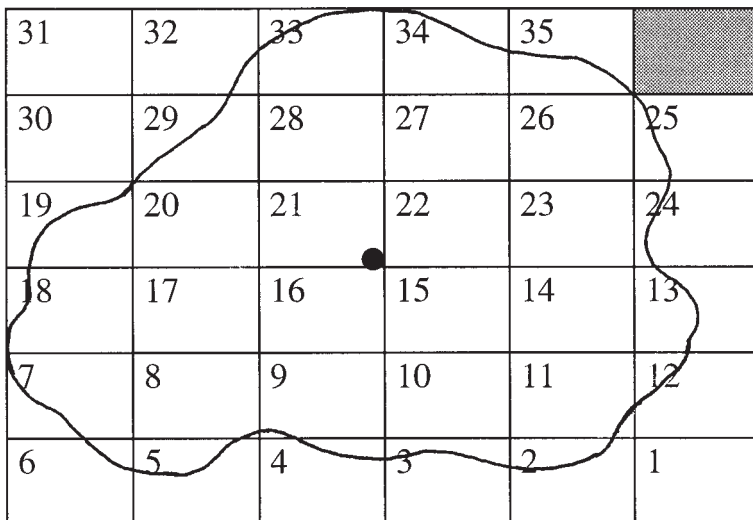


Figura 4: Distribución en cuadrícula de los pluviómetros bajo la copa de los árboles (1 y 2).

ÁRBOL 3.



ÁRBOL 4.



Afloramiento rocoso.
 Tronco.
 Contorno de la copa.

Figura 4: Distribución en cuadrícula de los pluviómetros bajo la copa de los árboles (3 y 4).



Foto 3: Colector de escorrentía cortical.

- Sensor de radiación solar global, marca SKYE, modelo HOPLS.
- Sensor combinado para la medición de la dirección (veleta) y velocidad del viento (anemómetro).

5.3. Valoración de la metodología seguida

El inconveniente principal que se planteó al inicio del estudio fue el del mantenimiento de la estación experimental en el campo, puesto que se trata de una dehesa de aprovechamiento ganadero en la que, a lo largo de todo el año, hay ovejas, vacas y cerdos. Fue por ésto por lo que se tomó la decisión de cercar la red de pluviómetros bajo cada encina y no se han podido instalar más fuera de la protección de la copa, en la zona de influencia directa, como



Foto 4: Estación meteorológica: sensores de temperatura, humedad relativa del aire, radiación solar, dirección (veleta) y velocidad del viento.

hubiéramos querido hacer, puesto que entonces el espacio ocupado por la valla se habría ampliado mucho.

La distribución de los pluviómetros en cuadrícula nos permite analizar mejor las variaciones en el porcentaje de interceptación en función de la superficie foliar bajo la que se sitúe el pluviómetro. En general, cualquier tipo de regularidad en la colocación de los mismos ha sido poco utilizada en trabajos precedentes, fundamentalmente porque en la mayoría de ellos se trata del efecto de un bosque en su conjunto, con densidad elevada de arbolado y de características muy diferentes a las del monte adhesado del centro-oeste español (Calabuig *et al.*, 1979)

En cuanto al sistema utilizado para medir la escorrentía cortical, no ha dado ningún problema hasta el momento y se considera muy satisfactorio. Tan sólo en lluvias de máxima intensidad no ha sido capaz de canalizar todo el flujo hídrico que se ha producido (evento del 5-6 de noviembre de 1997) y los colectores se han saturado. Según la bibliografía, el valor de la escorrentía cortical resulta insignificante en el caso del encinar, dado el intenso efecto de esponja de la corteza (Calabuig *et al.*, 1979).

Después de más de dos años de trabajo los resultados son satisfactorios. La investigación iniciada en 1995 se prolongará hasta septiembre de 1998 con el fin de disponer de los datos de tres años hidrológicos completos. La variabilidad de las precipitaciones, no sólo anuales, sino también interanuales de nuestro clima exigen la mayor disponibilidad posible de información. Cuanto más larga sea la serie de datos, tanto mejor podremos llegar a comprender los procesos hidrológicos que operan en una cuenca, así como la relevancia de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, en el marco del proyecto AMB95/0986-CO2-02, y apoyado por la Junta de Extremadura, Dirección General de Enseñanzas Universitarias e Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aussenac, G.** (1968): Interception des précipitations par le couvert forestier. *Ann. Sci. Forest.*, 25 (3), pp. 135-156.
- Aussenac, G.** (1970): Action du couvert forestier sur la distribution au sol des précipitations. *Ann. Sci. Forest.*, 27, pp. 383-399.
- Bernet Herguijuela, R.** (1995): *La cubierta herbácea en sistemas de dehesa degradados*. Junta de Extremadura y FUNDICOT.
- Belmonte Serrato, F. & Romero Díaz, M.A.** (1994): Distribución de flujos de agua en el proceso de intercepción en cuatro especies vegetales mediterráneas y su relación con la cantidad de agua disponible en el suelo. *III Reunión Nacional de Geomorfología*, Logroño, pp. 201-210.
- Calabuig, E., Gago, M.L. & Gómez Gutierrez, J.M.** (1979): Influencia de la encina (*Quercus Rotundifolia* lam.) en la distribución del agua de lluvia. *Anuario del centro de Edafología y Biología Aplicada*, vol. 4, Salamanca.
- Ceballos Barbancho, A. & Schnabel, S.** (1996): Runoff Generation in a Small Catchment under Silvo-pastoral Landuse in a South-west Spain. *Conference «Ecohydrological Processes in Small Basins»*, Strasbourg, France.
- Ceballos Barbancho, A.** (1996): *Escorrentía superficial en un área de dehesa de la provincia de Cáceres. Planteamiento metodológico*. Memoria de Licenciatura. Dpto. de Geografía y O.T. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Ceballos Barbancho, A.** (1997): *Balance de agua de una cuenca hidrográfica bajo explotación de dehesa en Extremadura*. Tesis Doctoral. Dpto. de Geografía y O.T. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Escarré, A., Lledo, M.J., Bellot, J. et al.** (1986): *Balance hídrico, meteorización y erosión en una pequeña cuenca de encinar mediterráneo*. Proyecto LUCDEME II, ICONA, Monografía 47.
- Gash, J.H.C & Morton, A.J.** (1978): An application of the Rutter model to the estimation of the interception loss from the Thetford forest. *Journal Hidrology*, 38, pp. 89-105.

- Gash, J.H.C.** (1979): An analytical model of rainfall interception by forest. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 105, pp. 43-55.
- Gómez Amelia, D. & Schnabel, S.** (1992): Procesos sedimentológicos e hidrológicos en una pequeña cuenca bajo explotación de dehesa en Extremadura. *II Reunión Nacional de Geomorfología*, Murcia, pp. 55-63.
- Horton, R.E.** (1919): Rainfall interception. *Monthly Weather Rev.*, 47, pp. 603-623.
- Kittredge, J.** (1948): Interception and stemflow. *Forest influences*, 11, pp. 99-114.
- Lossaint, P. & Rapp, M.** (1971): Repartition de la matière organique productivité et cycle des éléments minéraux dans les écosystèmes de climat méditerranéen. En: Duvigneaud, P. (de). *Productivité des écosystèmes forestiers. Actes coll. Bruxelles*, Unesco.
- Loustau, D., Berbigier, P., Granier, A. & El Hadj Moussa, F.** (1992): Interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. I. Variability of throughfall and stemflow beneath the pine canopy. *Journal of Hydrology*, 138, pp. 449-46.
- Llorens, P.** (1996): Monitoring evapotranspiration and interception from grassland and forest patches overgrown in abandoned terraces at the Cal Parisa basin. *Conference on Ecohydrological Processes in Small Basins*, Strasbourg, France.
- Rapp, M. & Romane, F.** (1968): Egouttement des précipitations sous des pleuplements de *Quercus ilex* L. et de *Pinus halepensis* Mill. Contribution a l'étude du Bilan de l'eau dans les écosystèmes méditerranées. *Oecol. Plant.*, 3, pp. 271-284.
- Rowe, P. & Colman, E.A.** (1951): Disposition of rainfall in two mountain areas of California U.S. *Dept. Agric. Tech Bull.* 1018.
- Rutter, A.J., Kershaw, K.A., Robins, P.C. & Morton, A.J.** (1971): A predictive model of rainfall interception in forests. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. *Agric. for Meteorology*, 9, pp. 367-384.
- Rutter, A.J., Morton, A.J. & Robins, P.C.** (1975): A predictive model of rainfall interception in forests. II. Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood stands. *Journal Appl. Ecology*, 12, pp. 367-380.
- Rutter, A.J. & Morton, A.J.** (1977): A predictive model of rainfall interception in forests. III. Sensitivity of the model to stand parameters and meteorological variables. *Journal Appl. Ecology*, 14, pp. 567-588.
- Schnabel, S.** (1997): *Soil Erosion and Runoff Production in a Small Watershed under Silvo-Pastoral Landuse (Dehesas) in Extremadura, Spain*. Geoforma Ediciones, Logroño.
- Wood, D.M.** (1937): The interception of precipitation in an oak-pine forest. *Ecology*, 18 (2), pp. 251-255.