

# MEDIDA DE LA PRECIPITACIÓN INCORPORADA AL SUELO BAJO DISTINTAS CUBIERTAS VEGETALES EN AMBIENTE MEDITERRÁNEO SEMIÁRIDO, TOMANDO COMO INDICADOR LAS VARIACIONES DE HUMEDAD

FRANCISCO BELMONTE, M<sup>a</sup> ASUNCIÓN ROMERO Y JOSÉ MANUEL QUIÑONERO

## RESUMEN

En esta investigación se ensaya un método de estimación del balance hídrico de la precipitación en el suelo bajo diferentes tipos de cubierta de matorral de pequeño porte en ambientes mediterráneos semiáridos. En laboratorio, sobre muestras de suelo sin alterar, se ha obtenido una ecuación que relaciona la precipitación incorporada al suelo y el contenido de humedad volumétrica medida mediante el procedimiento TDR (Time Domain Reflectometry). Posteriormente, mediante simulación de lluvia, se obtienen en el campo los balances hídricos de precipitación en el suelo bajo cinco tipos de cubiertas de matorral semiárido y una parcela testigo sin vegetación y se valora el efecto de las distintas parcelas en las variaciones de humedad en el suelo.

Los resultados obtenidos son esperanzadores y el método de muestreo puede responder aceptablemente en el cálculo de balances hídricos de precipitación en el suelo bajo diferentes tipos de cubiertas.

**Palabras clave:** Balance hídrico, matorral, simulación de lluvia, humedad, TDR, ambiente mediterráneo semiárido.

## SUMMARY

In this study we assay a method of the water rainfall balance in soils with different types of small scrub cover in semi-arid Mediterranean areas. In the laboratory, samples of unaltered soil were used to obtain an equation which relates the precipitation incorporated by the soil with the mean volumetric moisture content using the TDR (Time Domain Reflectometry) method. Subsequently, simulated rainfall was used to obtain water rainfall balances in the field, in soils with five types of semi-arid scrub cover and in a control plot with no vegetation, and the effect of the different plots on the variations in soil moisture was measured.

The results are good and the sampling method is an acceptable one for calculating the water precipitation balances in soils with different covers.

**Keywords:** Water balance, scrub, simulated rainfall, moisture, TDR, semi-arid Mediterranean environment.

---

Departamento de Geografía. Campus de la Merced. Universidad de Murcia. 30001 Murcia. E-mail: franbel@um.es

Recibido: 27/01/2006.  
Aceptado: 08/05/2006.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La consideración de los efectos de la vegetación sobre los balances hídricos de precipitación en el suelo (proceso de interceptación), se remonta a Horton (1919), pero es a partir de los años cuarenta del siglo pasado cuando estos estudios empiezan a adquirir gran desarrollo, básicamente en el mundo anglosajón.

En España, habrá que esperar a los años 80 para encontrar las primeras referencias sobre este tipo de estudios (CALVO DE ANTA *et al.*, 1979; ESCARRÉ *et al.*, 1982; López Sánchez, 1989; BELLOT Y ESCARRÉ, 1989), todos ellos en relación *al balance de nutrientes* asociado a los *flujos biogeoquímicos*.

En medios semiáridos, y en relación a los balances hídricos, las investigaciones son todavía más recientes. (TROMBLE, 1988; NAVAR AND BRYAN, 1990; BELMONTE SERRATO, Y ROMERO DÍAZ, 1994, 1996, 1997, 1998, 1999; DEROUICHE, 1996; BELLOT Y ESCARRE, 1998; BELLOT *et al.*; 1999).

Pero los métodos de medida de los balances hídricos de precipitación en el suelo bajo coberturas de matorral presentan grades dificultades por varias razones: En primer lugar, no existen pluviómetros convencionales, y mucho menos pluviógrafos, tan pequeños. En segundo lugar, en matorrales semiáridos las cubiertas son poco densas, por lo que el flujo de precipitación libre puede ser más importante que el de goteo y obliga a que la red de pluviómetros tenga que densificarse para dar un valor medio estadísticamente aceptable. En tercer lugar, y lo más importante, mientras que en arbolado el flujo de escorrentía cortical supone entre el 1% y el 3% de la precipitación neta, en matorrales puede suponer entre el 30% y el 40%, siendo incluso más importante que el flujo de trascolación como puede suceder en el romero (BELMONTE SERRATO Y ROMERO DÍAZ, 1999).

De modo que, es necesario ensayar otros métodos que puedan permitirnos realizar una

«Medida de la precipitación incorporada al suelo»

medida directa de los balances hídricos, proporcionando además, la medida de la distribución de la humedad en el suelo, e incluso, su posible relación con otros factores como las propiedades químicas o físicas del suelo.

En este trabajo se ensaya un método de medida del balance de precipitación bajo cubiertas de matorral de pequeño porte en ambientes mediterráneos semiáridos, como espartales, romerales, tomillares, etc. usando las variaciones de humedad edáfica medidas con el procedimiento TDR. (Time Domain Reflectometry).

Se parte de la hipótesis de que conociendo la tasa de escorrentía y la humedad previa a un episodio de precipitación, la humedad posterior puede ser un buen indicador de la precipitación realmente incorporada al suelo (lluvia neta). De esta forma, la diferencia entre la precipitación incorporada y la escorrentía con la precipitación incidente, equivale al almacenaje de la cubierta vegetal (pérdida por interceptación), que es el componente del balance hídrico de precipitación en el suelo bajo cubiertas vegetales más difícil de cuantificar.

## ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se ha llevado a cabo en el campo experimental de «El Ardal» Cuenca de Mula (Murcia) (Figura 1). El área se encentra a 550 m de altitud y pertenece al piso bioclimático mesomediterráneo, ombrotipo semiárido y, corológicamente se encuadra en la provincia biogeográfica Castellano-Maestrazgo-Manchega, sector Manchego, subsector Manchego-Espunense (SÁNCHEZ GÓMEZ *et al.*; 1998). Aunque muy próxima al límite que separa esta provincia biogeográfica de la Murciano-Almeriense. La media de precipitación anual está por debajo de los 300 mm con acusadas variaciones mensuales e interanuales (BELMONTE SERRATO Y ROMERO DÍAZ, 1996), y la temperatura media anual es de 14,5 °C. La formación vegetal predominante es el matorral (romeral), acompañado de otras especies como *Thymus zigis*, *Sideritis s. icana*, *Teucrium, s. gracilum*, *Fumana thymifolia*, *Rhamnus lycioides*, *Heliantermun cinereum*, *Cistus*

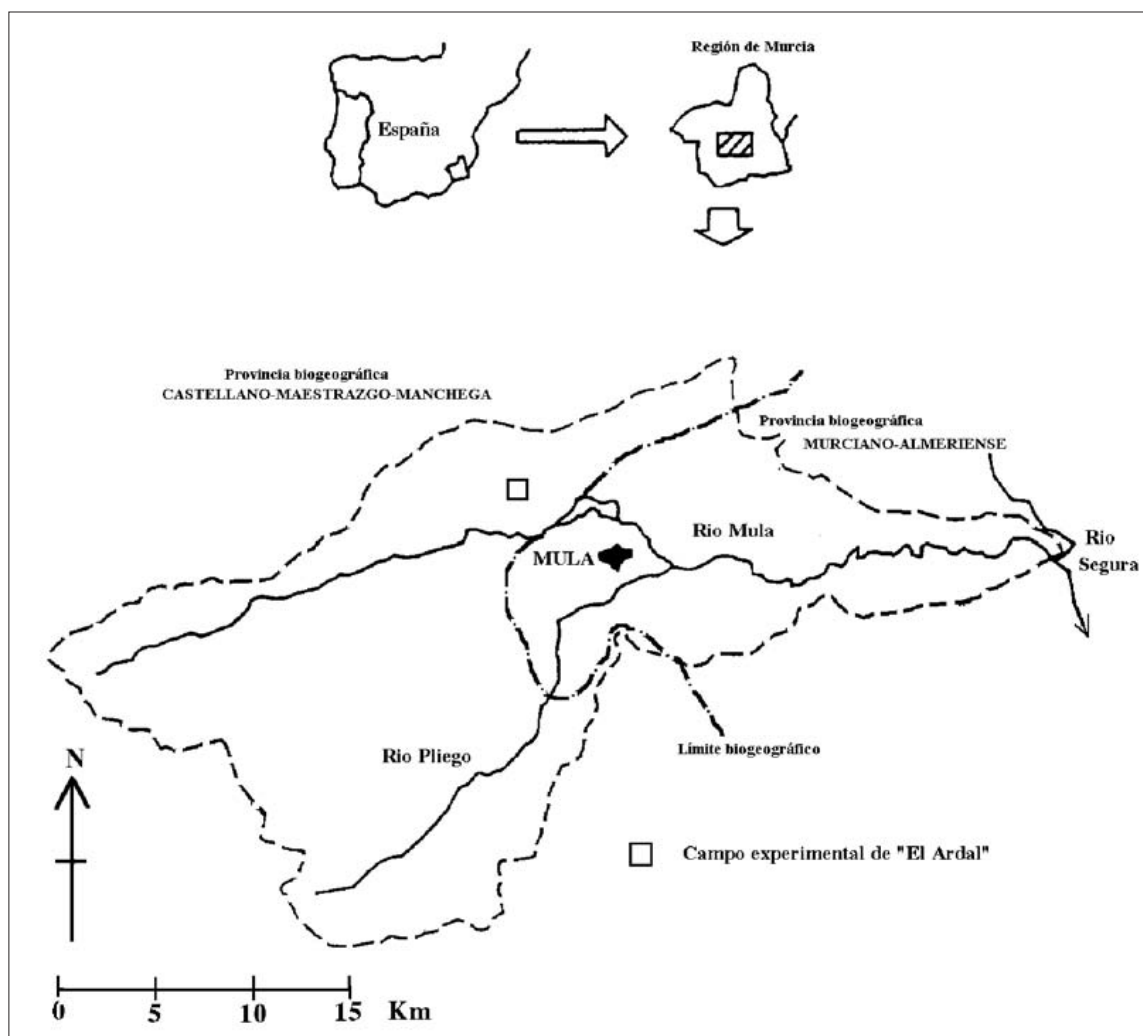


Figura 1. Localización del área de estudio.

Figure 1. Location of the study area.

*clusi*, *Artemisia Tenacísima*, y *Brachypodium retusum* también algunas especies anuales como *Erygium campestres*, o *Euphorbia nicaensis*. Es muy abundante la presencia de enebro (*Juniperus oxycedrus*) y pino carrasco (*Pinus halepensis*). De forma muy aislada aparecen ejemplares de esparto (*Stipa Tenacísima*)

## METODOLOGÍA

El trabajo se ha llevado a cabo en dos fases diferenciadas pero complementarias. En primer lugar era necesario obtener una función

de correlación entre la precipitación incorporada al suelo y los valores de humedad correspondiente medidos mediante la técnica TDR. Luego, en el campo se han realizado las simulaciones de lluvia para los distintos tipos de cubierta seleccionados.

### Funciones de correlación precipitación-humedad

Para obtener la función de conversión precipitación-humedad, se recogieron seis muestras de suelo sin alterar en puntos situados junto al

lugar donde se realizaron las simulaciones de lluvia, una muestra por cada parcela de simulación. El suelo se extrajo mediante cilindros de PVC de 20 cm de longitud por 11 cm de diámetro. Esto supone 1.900,67 cm<sup>3</sup> de suelo, con una superficie de 95.034 cm<sup>2</sup>. En cada cilindro se instaló una sonda para TDR (*L*15 cm, *s* 5 cm, *d* 0,5 cm) en posición vertical y centrada. Los cilindros se sometieron a secado en estufa a 35°C, temperatura media de las máximas en el área de estudio. Este criterio persigue dos objetivos: agilizar el tiempo de secado, ya que la temperatura media del laboratorio es de unos 20 grados, y no incurrir en una posible alteración de las propiedades del suelo de las muestras sometiéndolas a temperaturas excesivamente elevadas. La humedad se midió con frecuencia diaria hasta que los valores se estabilizaron.

A partir de aquí, las muestras se humedecieron con cantidades de agua equivalentes a determinados valores de precipitación en mm en función de la superficie del cilindro que actuaba así a modo de pluviómetro. (5, 10, 15, 20, 25, y 30 mm), lo que equivale para la superficie de los cilindros a 47,5, 95, 142,5, 190, 237,6 y 285,1 cc de agua y se midió su contenido de humedad. Después se volvió a repetir el proceso de secado y la correspondiente humectación. Las repeticiones se hicieron tres veces por cada muestra, lo que supone un total de 108 valores de agua incorporada en cc, su equivalente en mm y el valor de humedad volumétrica correspondiente.

La humectación de las muestras se realizó mediante una botella de plástico de 1.000 cc de capacidad, colocada a 10 cm por encima de los cilindros y sujeta mediante un soporte (figura 2). En la base de la botella se practicaron varios orificios para que el agua alcanzase el suelo del cilindro en forma de pequeña lluvia, pausando las humectaciones hasta que el agua incorporada en cada una de ellas se infiltraba completamente.

### Obtención del almacenaje de las distintas cubiertas

Una vez obtenida la función de conversión precipitación-humedad, se realizaron las



Figura 2. Cilindro de suelo sin alterar para la obtención de las ecuaciones de conversión humedad - precipitación.

Figure 2. Cylinder of undisturbed soil for obtaining the equations of moisture-rainfall conversion.

simulaciones en las seis parcelas seleccionadas. Las parcelas tienen una superficie de 1 m<sup>2</sup>. La parcela 1, está cubierta en su totalidad por un ejemplar de esparto (*Stipa tenacissima*); la 2 está cubierta, también en su totalidad por un ejemplar de enebro (*Juniperus oxycedrus*); en la 3 la cobertura está compuesta por romero (*Rosmarinus officinalis*) y la gramínea *Brachypodium retusum*, muy abundante en el área de estudio; la parcela 4 está cubierta por romero sin tapiz de herbáceas y la 5 es una parcela cubierta exclusivamente por *Brachypodium retusum*. La parcela 6 está desprovista de cubierta vegetal y actúa de testigo.

Las parcelas, se han seleccionado relativamente próximas entre sí, de modo que las características del suelo son bastante similares, aunque suficientemente alejadas como para que las simulaciones de lluvia hechas en cada una,

no puedan perturbar las condiciones de humedad del suelo de las otras.

En su interior se colocaron cuatro puntos de muestreo para TDR a 15 cm. de profundidad y 5 cm. de separación entre varillas. Tres de los puntos se colocaron de forma aleatoria y el cuarto junto a los troncos de esparto (figura 3), enebro y romero, de los que se conoce que trasladan gran parte de la lluvia interceptada a través de los troncos hasta el suelo (BELMONTE SERRATO Y ROMERO DÍAZ, 1999). En las parcelas de suelo desnudo y de *Brachypodium retusum* todos los puntos están distribuidos de forma aleatoria. El objetivo de esta distribución es medir las variaciones de humedad del suelo tanto en las zonas que reciben flujo concentrado (entorno de los troncos), como en las que recibe flujo disperso (resto de cubierta), para obtener un valor real de conversión lluvia-humedad, imprescindible para determinar la lluvia almacenada por la vegetación.

Las simulaciones se realizaron con un simulador como el descrito en CALVO *et al.* (1988). Se realizaron dos simulaciones por parcela dejando 15 días entre la primera y la segunda simulación.

Antes de realizar las simulaciones se determinó el valor de precipitación a partir del cual empezaba a generarse escorrentía. Para ello, se realizó una simulación, en un lugar diferente



**Figura 3.** Puntos de muestreo de humedad en el suelo mediante la técnica TDR bajo una cobertura de esparto.

**Figure 3.** Points of soil moisture sampling by TDR's method under a *Stipa tenacissima* cover.

de las parcelas pero próximo a ellas, antes del inicio de cada sesión. Tras estos primeros datos, se decidió realizar las simulaciones con una cantidad de precipitación que no superase el umbral de generación de escorrentía. De esta forma, se podía suprimir la medida de la escorrentía en el cálculo del balance de precipitación, y además permitía el uso de parcelas abiertas al no tener que recoger escorrentía.

La cantidad de precipitación en cada simulación fue de 12 mm, prolongando las simulaciones hasta que el agua se vertía completamente en el área de las parcelas. La intensidad media de las simulaciones fue la mínima que pudo obtenerse con el simulador, trabajando a la presión que permitía una dispersión más o menos homogénea del goteo en un área de 1m<sup>2</sup> aproximadamente. La presión de trabajo fue de 1,2 Kg/cm<sup>2</sup> y las intensidades obtenidas de entre 35 y 38 mm/h.

Uno de los problemas que presentan los simuladores de lluvia es que las intensidades de simulación (en torno a 60 mm/h), en medios mediterráneos sólo se corresponden con un número muy limitado de episodios de precipitación, si bien, son precisamente esos los que generan las mayores tasas de escorrentía y sedimentos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ecuaciones de conversión humedad-precipitación

Puesto que el secado se ha realizado a una temperatura de unos 35°C, se ha considerado que los valores de humedad a peso seco, se corresponden con los mínimos valores de humedad obtenidos en el área en condiciones naturales. La humedad media obtenida en el área en los meses de julio y agosto es de 0,043 y 0,041 cc/cc, respectivamente.

En cada muestra de suelo se realizaron tres ciclos de humectación y secado, de modo que el dato de humedad mínima es la media de esos tres valores de humedad a peso estabilizado (tabla 1). Se observa que esos valores medios de

Muestra	Humedad (1)	Humedad (2)	Humedad (3)	Humedad media
1	0,047	0,051	0,039	0,045
2	0,035	0,048	0,033	0,038
3	0,039	0,051	0,030	0,04
4	0,044	0,048	0,038	0,043
5	0,022	0,027	0,029	0,027
6	0,017	0,023	0,015	0,018

**Tabla 1.** Humedad mínima en cc/cc en los tres ciclos de secado en las muestras analizadas.

**Table 1.** Minimal moisture in cc/cc on the dried three cycles in the analyzed samples.

humedad mínima se asemejan bastante a los valores medios obtenidos en julio y agosto en condiciones naturales. Transformados a mm (tabla 2), los valores oscilan entre 1,6 en el suelo bajo esparto y 0,4 mm en el suelo sin cubierta vegetal.

Como se ha comentado en el apartado de metodología, las muestras se humedecieron con cantidades de agua equivalentes a determinados valores de precipitación. En todos los casos, se apreciaron signos de saturación a partir de los 25 mm, aunque en ninguna de las muestras se produjo encharcamiento superficial ni siquiera al alcanzar los 30 mm.

Hay que resaltar, sin embargo, que se trata de muestras de suelo de reducidas dimensiones y confinadas en unos límites impermeables, de modo que los niveles de encharcamiento no dicen nada respecto a los que se producirían en condiciones naturales.

Esto no tiene mayor trascendencia en la relación entre la precipitación incorporada y la medida de humedad volumétrica. De hecho, los coeficientes de determinación de Pearson obtenidos son bastante elevados, entre  $R^2$  0,96 y

Suelos	Humedad volumétrica cc/cc	(mm)
1	0,045	1,6
2	0,038	1
3	0,040	1,4
4	0,043	1,5
5	0,027	0,60
6	0,018	0,40

**Tabla 2.** Valores de humedad mínima y su correspondiente valor en mm.

**Table 2.** Values of minimal moisture and its corresponding value in mm.

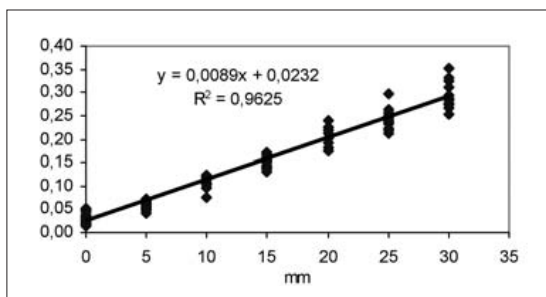
0,98. Por otro lado, las medidas a 25 y 30 mm no difieren sustancialmente en sus márgenes de error del resto de valores de agua incorporada.

La mejor correlación ( $R^2$  0,98) se ha obtenido en los suelos con menor cubierta vegetal, muestras 5 y 6 que son los que tienen un menor porcentaje de materia orgánica, y una densidad aparente ligeramente inferior, aunque también estos suelos tienen una menor cantidad de macroporos, debido a la escasa presencia de raíces, y un menor tamaño de los agregados, pérdidas de agua más reducidas hacia el interior del suelo (CALVO et al; 2003). Estos condicionantes pueden estar facilitando una humectación más homogénea del perfil edáfico que permite mejorar la medida con el TDR.

La serie conjunta (figura 4) presenta también buen coeficiente de correlación, aunque se aprecia una progresiva mayor dispersión de los valores a partir de unos 20 mm de precipitación incorporada, lo que parece indicar que la muestra empieza a saturarse a pesar de que no se aprecie encharcamiento superficial.

Esto no tiene demasiada importancia para el objetivo de obtener una función que transforme agua incorporada al suelo (en mm) en valores de humedad volumétrica o viceversa, y que nos permita calcular los balances hídricos de las posteriores simulaciones en el campo.

Para las simulaciones que se realizaran sobre las parcelas, la ecuación que nos interesa es la que transforma los valores de humedad en precipitación (tabla 3). Esta nos va a permitir conocer la cantidad de humedad en el suelo (en mm) previa a la simulación, y, de este modo, poder calcular el balance hídrico tras la simulación.



**Figura 4.** Relación entre el agua incorporada a las muestras (mm) y el valor de humedad volumétrica medido con el TDR. Serie conjunta.

**Figure 4.** Relationship between the water incorporated to the samples (mm) and the value of volumetric moisture measured with the TDR. Combines series..

Suelos	Ecuación	R <sup>2</sup>
1	P = 113,74 x h. - 3,1107	0,97
2	P = 109,97 x h. - 2,3669	0,96
3	P = 114,43 x h. - 3,4274	0,97
4	P = 99,778 x h. - 1,6913	0,96
5	P = 107,67 x h. - 1,6994	0,98
6	P = 116,07 x h. - 2,0987	0,98
General	P = 108,55 x h. - 1,9528	0,96

**Tabla 3.** Ecuaciones de transformación de humedad del suelo en cc/cc a mm incorporados

**Table 3.** Soil moisture transformation equations in cc/cc to built-in mm.

### Estimación de los balances hídricos

Después de obtener las ecuaciones que permiten transformar los valores de humedad volumétrica a precipitación incorporada al suelo en mm, se procedió a realizar las simulaciones de lluvia que nos permitirían realizar el cálculo del balance hídrico de precipitación en el suelo. Como se ha comentado en el apartado de metodología, previamente se estimó la precipitación a partir de la cual se iniciaba la escorrentía, para trabajar con una cantidad de agua que no provocara inicio de escorrentía y, por tanto, hiciera innecesario medir esta valor en

el cálculo del balance hídrico. En la tabla 4 se recogen algunas características climáticas y condiciones de simulación en las fechas de realización de las simulaciones previas. La duración de la primera simulación hasta el momento en que empiezan a apreciarse signos de escorrentía, fue de 19 minutos y el agua incorporada equivalente a 12 mm de precipitación con una intensidad media de 37,9 mm/h.

Quince días después, se necesitaron 13 mm y 22 minutos de simulación para apreciar signos de inicio de escorrentía, con una intensidad media de simulación algo menor.

Tras estas simulaciones previas, la precipitación que se utilizó para realizar las simulaciones sobre las parcelas seleccionadas fue de 12 mm. En la tabla 5 se recogen los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas.

En la tabla 6 aparece el resumen de los balances hídricos de precipitación en el suelo en todas las parcelas. Se aprecia claramente un aumento de la precipitación incorporada al suelo a medida que se reduce la cobertura. Aún así, en la parcela sin vegetación (6), no toda la precipitación se incorpora a la humedad edáfica, un 2% de la lluvia no se ha incorporado, probablemente debido a la elevada pedregosidad sobre la que se retiene una pequeña parte del agua que alcanza el suelo y, en menor medida, a la evaporación durante el tiempo de simulación.

Los valores de lluvia retenida (almacenaje de la cubierta), son comparables a los obtenidos por otros autores en distintas especies y en diferentes condiciones de muestreo y ambientes (tabla7), lo que corrobora la validez del método utilizado.

Fecha	Temperatura °C	HR %	Duración (minutos)	Precipitación mm	Intensidad (mm/h)
10/1/05	10,5	68	19	12	37,9
25/1/05	12,4	62	22	13	35,5

**Tabla 4.** Temperatura, humedad relativa y condiciones de simulación en las fechas del muestreo.

**Table 4.** Temperature, relative moisture and simulation conditions during the sampling dates.

<b>Parcela 1</b>	<b>(mm)</b>	<b>Humedad previa P. equivalente</b>	<b>Humedad final P. equivalente</b>	<b>Precipitación incorporada</b>	<b>Precipitación retenida</b>
Simulación 1	12	0,164 15,57	0,250 25,28	9,71	2,29
Simulación 2	12	0,211 20,91	0,299 30,85	9,94	2,06
<b>Parcela 2</b>	<b>(mm)</b>	<b>Humedad previa P. equivalente</b>	<b>Humedad final P. equivalente</b>	<b>Precipitación incorporada</b>	<b>Precipitación retenida</b>
Simulación 1	12	0,093 7,47	0,180 17,1	9,84	2,16
Simulación 2	12	0,135 12,22	0,220 21,96	9,74	2,26
<b>Parcela 3</b>	<b>(mm)</b>	<b>Humedad previa P. equivalente</b>	<b>Humedad final P. equivalente</b>	<b>Precipitación incorporada</b>	<b>Precipitación retenida</b>
Simulación 1	12	0,068 4,62	0,156 14,67	10,04	1,96
Simulación 2	12	0,118 10,31	0,206 20,26	9,97	2,03
<b>Parcela 4</b>	<b>(mm)</b>	<b>Humedad previa P. equivalente</b>	<b>Humedad final P. equivalente</b>	<b>Precipitación incorporada</b>	<b>Precipitación retenida</b>
Simulación 1	12	0,060 3,71	0,150 13,98	10,27	1,73
Simulación 2	12	0,098 8,04	0,187 18,17	10,13	1,87
<b>Parcela 5</b>	<b>(mm)</b>	<b>Humedad previa P. equivalente</b>	<b>Humedad final P. equivalente</b>	<b>Precipitación incorporada</b>	<b>Precipitación retenida</b>
Simulación 1	12	0,120 10,54	0,220 21,91	11,37	0,63 0,76
Simulación 2	12	0,174 16,63	0,272 27,87	11,24	
<b>Parcela 6</b>	<b>(mm)</b>	<b>Humedad previa P. equivalente</b>	<b>Humedad final P. equivalente</b>	<b>Precipitación incorporada</b>	<b>Precipitación retenida</b>
Simulación 1	12	0,220 21,91	0,323 33,64	11,73	0,27
Simulación 2	12	0,270 27,60	0,299 39,23	11,64	0,36

**Tabla 5.** Resultados de las simulaciones sobre las parcelas.

**Table 5.** Table 5: Simulation results on the plots.



Parcelas y Tipo de cubierta	Precip. (mm)	P. neta (mm)	P. retenida (mm)	P. neta (%)	P. retenida (%)
1 <i>Stipa tenacissima</i>	12	9,8	2,17	81,67	22,14
2 <i>Juniperus oxycedrus</i>	12	9,79	2,21	81,58	22,57
3 <i>Rosmarinus officinalis</i> y <i>Brachypodium retusum</i>	12	10	1,99	83,33	19,90
4 <i>Rosmarinus officinalis</i>	12	10,2	1,8	85,00	17,65
5 <i>Brachypodium retusum</i>	12	11,3	0,69	94,17	6,11
6 Sin vegetación	12	11,68	0,31	97,33	2,65

Tabla 6. Resumen de balances hídricos

Table 6. Summary of water balances.

Autor y año	Condiciones	Cubiertas	P. retenida (mm)
Belmonte, 2001	Simulación	<i>Thymus vulgaris</i>	1,85
		<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,88
Derouiche, 1996	Simulación	<i>Pistacia lentiscus</i>	0,33
		<i>Erica multiflora</i>	0,36
		<i>Quercus coccifera</i>	0,9
		<i>Brachypodium retusum</i>	1,7
Belmonte, 1997	naturales	<i>Juniperus oxycedrus</i>	1,7
		<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,4
		<i>Thymus vulgaris</i>	1,6
		<i>Pinus halepensis</i>	2
Rutter, 1975	naturales	<i>Pinus sylvestris</i>	1,6
		<i>Pinus nigra</i>	1
		<i>Picea abies</i>	1,5
Crockford y Richardson, 1990	naturales	<i>Pinus radiata</i>	2
Chagyuan Tang, 1996	naturales	<i>Pinus eliot</i>	1,77

Tabla 7. Valores de precipitación retenida en mm por distintos autores y en distintos tipos de cubiertas.

Table 7. Retained rainfall values in mm from different authors and for different types of cover.

## CONCLUSIONES

Los ensayos para obtener la función de correlación entre la precipitación incorporada al suelo y el contenido de humedad en el mismo, han proporcionado ecuaciones estadísticamente muy significativas. Los coeficientes de correlación oscilan entre  $R^2 = 0.96$  y  $0.98$ , lo que permite el uso de las mismas en la transformación del contenido de humedad volumétrica a mm de precipitación.

En las simulaciones de lluvia realizadas se ha comprobado que la incorporación de agua al

suelo aumenta a medida que se reduce la densidad de cubierta vegetal, diferente para los distintos tipos de coberturas muestreadas. Esto da validez a las variaciones de humedad del suelo como indicador de la precipitación real incorporada al suelo y la retenida por las distintas cubiertas.

Los balances de precipitación en el suelo y precipitación retenida (almacenaje de la cubierta), son muy similares a los obtenidos por otros procedimientos en las mismas especies, así como en especies y ambientes distintos. Lo que indica que el método ensayado es efectivo.

En cualquier caso, este es un primer ensayo, en condiciones de simulación, del uso de las variaciones de humedad del suelo como indicador de la precipitación realmente incorporada bajo distintas cubiertas vegetales, que es preciso continuar con nuevas simulaciones y en condiciones naturales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto de Investigación AGF95-0635, financiado por la CICYT en el marco del Plan Nacional de I+D (1995-1998) y RESEL-LUCDEME (Dirección General de Conservación de la Naturaleza). Los autores expresan su agradecimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLOT, J. Y ESCARRE, A. 1989. Efecto del estado de desarrollo del bosque mediterráneo sobre la distribución del agua de lluvia y nutrientes sobre en el suelo forestal. *Options Méditerranéennes-Série Séminaires*, 3: 221-225.
- BELLOT, J. Y ESCARRE, A. 1998. Stemflow and throughfall determination in a resprouted Mediterranean holm-oak forest *Ann. Sci. For.* 55: 847-865.
- BELLOT, J.; SÁNCHEZ, J.R.; CHIRINO, E.; HERNÁNDEZ, N.; ABDELLI, F. Y MARTÍNEZ, J.M. 1999. Effect of different vegetation type cover on the soil water balance in semi-arid areas of South Eastern Spain. *Phys. Chem. Earth (B)*. Vol. 24, No. 4: 353-357.
- BELMONTE SERRATO, F.; ROMERO DÍAZ, A. 1994. Distribución de flujos de agua en el proceso de interceptación en cuatro especies mediterráneas y su relación con la cantidad de agua disponible en el suelo. En: *Geomorfología en España*. ARNÁEZ, J.; GARCÍA RUÍZ, J.M. Y GÓMEZ VILLA, A. (eds). S.E.G. Logroño: 201-210.
- BELMONTE SERRATO, F. Y ROMERO DÍAZ, A. 1996. Aproximación a las características climáticas de el área de influencia del campo experimental de «El Ardal» (Murcia). La representatividad de las series climáticas disponibles. *Papeles de Geografía*, 23-24: 47-61.
- BELMONTE SERRATO, F. Y ROMERO DÍAZ, M.A. 1997. A simple technique for measuring rainfall interception by small shrub: interception flow collection box *Hydrologica Processes*, 12: 471-481.
- BELMONTE SERRATO, F. 1997. *Interceptación en bosque y matorral mediterráneo semiárido: balance hídrico y distribución de la lluvia neta*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia. 375 pp.
- BELMONTE SERRATO, F. Y ROMERO DÍAZ, A. 1998. *Modelos y técnicas en interceptación*. Cuadernos Técnicos de la S.E.G. n° 11, Geoforma Ediciones. Logroño.
- BELMONTE SERRATO, F. Y ROMERO DÍAZ, A. 1999; *Interceptación EN algunas especies del matorral mediterráneo*. Cuadernos de Ecología y Medio Ambiente. N° 7 202 pp. Universidad de Murcia.
- CALDER, I.R. 1990. *Evaporation in the uplands*. J.Wiley (ed) Chichester.
- CALVO, A.; GISBERT, B.; PALAU, E. Y ROMERO, M. 1988. Un simulador de lluvia portátil de fácil construcción. En: M.SALA Y F. GALLART (eds.). *Métodos y técnicas para la medición de procesos geomorfológicos*, S.E.G Monografía, 1: 6-15.
- CALVO CASÉS, A; BOIX-FAYOS, C & IMENSON, I.C. 2003. Runoff generation, sediment limestone slopes of some Mediterranean environments in SE Spain. *Geomorphology*, 50, 269-291.
- CALVO DE ANTA, R.N., GONZÁLEZ, A.P. Y VIQUEIRA, F.D. 1979. Nuevos datos sobre la influencia de la vegetación en la formación del suelo en Galicia. II. Aportes de elementos por lavado de cubierta y tronco. *An. Edafol. Agrobiol.* 38: 1675-1692.
- DELGADO INIESTA, M.J.; BELMONTE SERRATO, F. Y LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 2000. Relaciones entre estabilidad de agregados y propiedades físicas y químicas de los suelos en un ambiente mediterráneo semiárido. *Rev. C.& G.*, 14 (1-2), 35-45. SEG. AEQUA. Geoforma Ediciones.

- DEROUICHE, A. 1996. Estimation et modelisation des composantes du bilan hydrique chez différentes formation arborees, arbustives et herbacees mediterrannennes. Tesis Master of Science. Zaragoza. 119 pp.
- DUROCHER, M.G. 1990. Monitoring spatial variability of forest interception. *Hydrological Processes*, vol. 4: 215-229.
- ESCARRÉ, A.; LLEDÓ, M.J.; BELLOT, J.; HERVÁS, J.; PUJALTE, E. Y GARRIDO, P. 1982. Balance de nutrientes en pequeñas cuencas de encinar. I. Selección de la zona de estudio e instalación de instrumentos para la recogida de datos. *Mediterránea Ser. Biol.* 6: 141-165.
- HORTON, R.E. 1919. Rainfall interception. *Monthly Weather. Rev.* 47: 603-623.
- LÓPEZ SÁNCHEZ, M.V. 1989. *Estudio de los flujos hídricos y del estudio de la deposición seca y lixiviación en el aporte de nutrientes de un suelo forestal bajo encina (Q. ilex) y pino (P. Sylvestris)*. Tesis Master of Science. CIMEAM. IAM2.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. Y CEBALLOS, A. 2001. Diseño y validación de una sonda TDR para la medición de la humedad del suelo. En: *Temas de investigación de zona no saturada*. J.J. LÓPEZ, Y M.QUEMADA (Eds.). Universidad Pública de Navarra, Gobierno de Navarra, Pamplona, 37-43.
- NAVAR, J. Y BRYAN, R. 1990. Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in Northeastern México. *Journal of Hydrology*. 115: 51-63.
- ROMERO DÍAZ, F. LÓPEZ BERMÚDEZ, F. BELMONTE SERRATO, F. Y BARBERÁ G.G. 1998. erosión y escorrentía en el campo experimental de «EL Ardal» (Murcia). Nueve años de experiencias. *Papeles de Geografía*, 27: 129-144.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, P. (COORD.) 1998. *Flora de Murcia. Claves de identificación e iconografía de plantas vasculares*. Ed. Diego Marín. Murcia, 378 pp.
- TROMBLE, J.M. 1988. Water interception by two arid land shrubs. *Journal of Arid Enviroments*, 15, 65-70.
- TOPP, G.C., DAVIS, J.L. Y ANNAN, A.P. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*. 16. pp. 574-582.

