

BALANCE HÍDRICO, DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS Y MODELIZACIÓN DE LA INTERCEPTACIÓN EN DOS ARBUSTOS SEMIÁRIDOS MEDIANTE LLUVIA SIMULADA

Francisco Belmonte Serrato
Universidad Católica San Antonio de Murcia

BIBLID [0213-1781 (2001); 33: 23-34]

RESUMEN

Se utiliza un simulador de lluvia para medir el balance hídrico de interceptación en dos arbustos del matorral mediterráneo semiárido (*Thymus vulgaris* y *Rosmarinus officinalis*), aforados mediante «cajas de recogida de flujos de interceptación».

En tomillo, el balance hídrico medido supone un 44.8% de lluvia trascolada, un 48.7% de escorrentía cortical y un 6.5% de lluvia perdida por interceptación. En romero esos valores son de 42.4%, 47.7% y 9.9% respectivamente. La distribución de flujos es equiparable a la obtenida con medidas directas, pero la pérdida de lluvia por interceptación es mucho menor debido a la elevada intensidad (60 mm/h) utilizada en la serie de simulaciones.

Palabras clave: Balance hídrico, trascolación, escorrentía cortical, interceptación, simulador de lluvia, caja de recogida de flujos de interceptación.

ABSTRACT

A rainfall simulator was used to measure the hydric balance of the rainfall interception process of two semiarid mediterranean shrubs (*Thymus vulgaris* y *Rosmarinus officinalis*), gauged by «interception flow collection box».

In thyme, the hydric balance measurements are split in 44.8% throughfall, 48.7% stemflow and 6.5% interception. In rosemary, those rates are 42.4%, 47.7% and 9.9% respectively. The hydric fluxes distribution is comparable to obtained by direct measuring, but the rainfall interception losses are much less because of the high intensity (60 mm/h) of the simulation series.

Key words: Hydric balance, throughfall, stemflow, interception, rainfall simulator, interception flow collection box.

Fecha de recepción: 15 de septiembre de 1999. Fecha de aceptación: 21 de enero de 2000.

* Universidad Católica San Antonio de Murcia. Facultad de Ciencias Jurídicas y de la Empresa. Diplomatura en Turismo. Avda. de Los Jerónimos, s/n. 30120 Murcia. E-mail: fbserrato@ucam.edu

INTRODUCCIÓN

La técnica de simulación de lluvia se remonta en los estudios de procesos naturales (fundamentalmente en aquellos relacionados con la erosión del suelo), a los años 30 (Nichols y sexton, 1932; Neal, 1938; Beutner *et al.* 1940). Aunque en España los primeros trabajos no aparecen hasta la segunda mitad de los años 80 (San Roque *et al.*, 1984; Benito *et al.*, 1986; Calvo, *et al.*, 1988; Navas *et al.*, 1990).

En el estudio de la interceptación de la lluvia, su uso es mucho más reciente y restringido, debido a la dificultad que supone simular condiciones naturales de cobertura vegetal en el laboratorio, que es donde se han desarrollado la mayor parte de las experiencias (Noble y Morgan, 1983; Van Elewijck, 1989a, 1989b; González Hidalgo, 1992; Derouiche, 1996). Aunque también se ha llevado a cabo alguna experiencia de campo en cubiertas arbóreas (Teklehaimanot y Jarvis, 1991), no conocemos ninguna experiencia en la que se haya utilizado la técnica de la simulación de lluvia para medir la interceptación sobre especies de matorral en condiciones naturales

En este trabajo se mide el balance hídrico de interceptación mediante lluvia simulada, en dos arbustos del matorral mediterráneo semiárido, se comparan los resultados con los balances obtenidos mediante muestreo directo de episodios de lluvia real y se hace una valoración de la metodología utilizada.

AREA DE ESTUDIO

El estudio se ha llevado a cabo en el campo experimental de «El Ardal» situado en la Cuenca del Río Mula en la Región de Murcia, Sureste de España (figura 1). El área se encuentra a unos 550 m de altitud, en una ladera con orientación Norte. La precipitación media anual está en torno a los 300 mm, aunque con acusadas variaciones mensuales e interanuales (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1996), siendo la temperatura media de 14.5°C, con un rango que varía de 6°C en enero a 24°C en agosto.

En este campo experimental, el Área de Geografía Física de la Universidad de Murcia, viene realizando desde 1989, experiencias encaminadas al seguimiento de los procesos de erosión; relaciones suelo-planta-atmósfera en medio semiárido; análisis de distintos elementos del ciclo hidrológico; problemas asociados al impacto de las prácticas agrícolas tradicionales y el abandono de tierras; producción de biomasa en matorral y respuestas de la vegetación a los cambios ambientales (López Bermúdez *et al.*, 1991, 1996; Martínez Fernández *et al.*, 1995; ICONA, 1996, Belmonte Serrato, *et al.*, 1996).

En 1992 se llevó a cabo la instalación de parcelas de medida de trascolación y escoorrentía cortical y en 1993 se incorporaron al sistema, dispositivos de medida de la interceptación en pequeños arbustos, las «cajas de recogida de flujos de interceptación» (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1998), con las que se llevaron a cabo experiencias de simulación de lluvia.

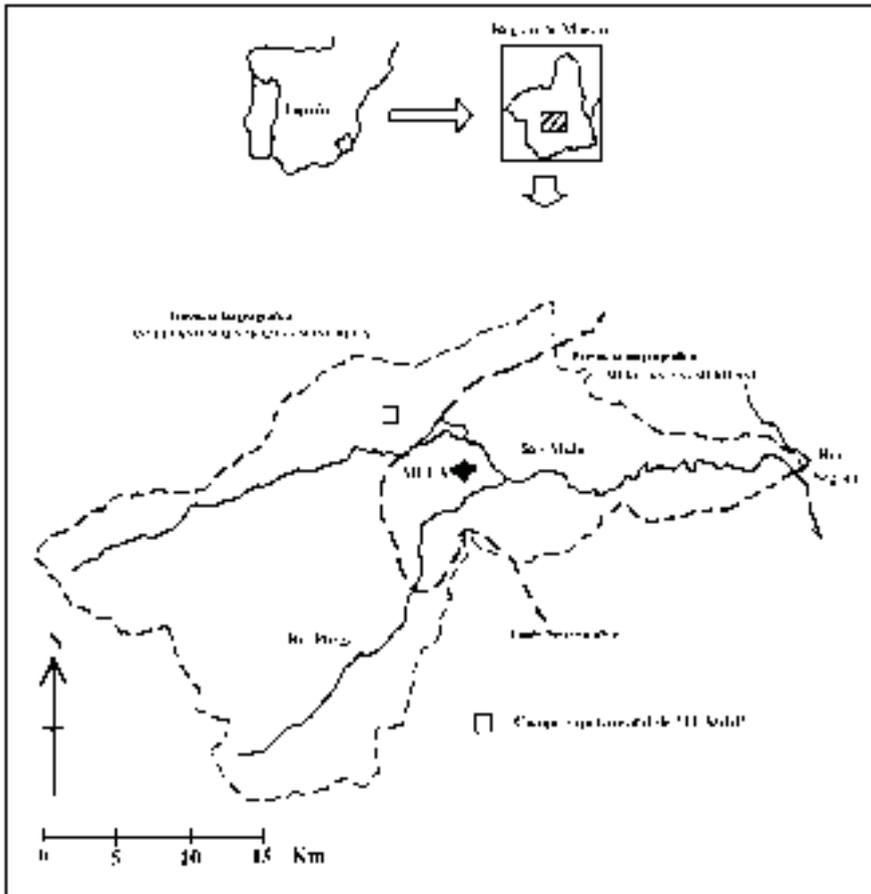


FIGURA 1. Localización del Campo experimental de «El Ardal».

INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

La experiencia se llevó a cabo en dos arbustos aislados, uno de *Thymus vulgaris* (tomillo) y otro de *Rosmarinus officinalis* (romero), que habían sido previamente dotados con cajas de recogida de flujos de interceptación (Belmonte Serrato & Romero Díaz, 1998), para medir el balance hídrico en episodios de lluvia natural. El tomillo tenía 30 cm de altura y 105 cm de perímetro máximo y la caja media 0.1 m², cubriendo la planta el 70% de la misma (figura 2a). El romero medía 50 cm de altura y 145 cm de perímetro máximo, la caja tenía 0.5 m² y la planta cubría el 50 % de esa superficie (figura 2b) (Belmonte Serrato, 1998).

a) *Thymus vulgaris*b) *Rosmarinus officinalis*

FIGURA 2. Ejemplares en los que se realizaron las simulaciones y dispositivos de medida de flujos.

En cada arbusto se realizó una serie de tres simulaciones cuyas características se recogen en la tabla 1. En las simulaciones se utilizó un simulador de lluvia del tipo descrito en Calvo, *et al.* (1988), utilizando una presión en torno a 1.8 Kg/cm², que proporciona una intensidad de precipitación de aproximadamente 60 mm/h; si bien, las intensidades medias obtenidas en el campo con pluviómetros colocados alrededor de las cajas, varían entre 58.6 y 60.5 mm/h, debido a la dificultad de mantener una presión constante. Un toldo que cubría el armazón del simulador, evitaba la dispersión del cono de lluvia por efecto del viento.

La lluvia trascolada por goteo (Tr) y escurrida por el tronco (Ec), era medida cada minuto durante los primeros 5 minutos y cada dos minutos durante el resto del tiempo de simulación. A la lluvia recogida por trascolación se le restaba aquella que entraba libremente en la parte no cubierta de la caja para obtener la trascolación real (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1998). La lluvia almacenada en la cubierta y la evaporada durante el tiempo de simulación, se obtuvo por diferencia con la lluvia incidente, es decir, la que proporcionaba el simulador.

TABLA 1
 Fechas de las simulaciones y características de algunos parámetros climáticos
 y condiciones de simulación

	Fecha	Temperatura °C	Punto de rocío °C	HR %	Duración (minutos)	Intensidad (mm/h)
Romero	25/5/93	22.6	13.7	57	17	60.3
	24/6/93	24.5	7	33	17	58.6
	5/8/93	31.7	11.5	29	17	59.6
Tomillo	25/5/93	24	13.1	51	25	58.9
	24/6/93	25.6	6.8	30	25	60.5
	5/8/93	32.1	12.3	30	25	59.7

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Balance hídrico

El balance hídrico promedio de las tres simulaciones en las dos especies (tabla 2), presenta grandes diferencias con el balance obtenido de ecuaciones empíricas de regresión basadas en episodios de lluvia real (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1999). Tanto el porcentaje de lluvia trascolada como de escorrentía cortical, es superior en el balance hídrico obtenido mediante simulación y en consecuencia, la lluvia perdida por interceptación es menor. En romero la diferencia va del 26% de pérdida media anual al 10% aproximadamente de pérdida promedio de las tres simulaciones. En tomillo va de un 26.6% a un 6.5% respectivamente. Esta diferencia se debe a que los episodios de lluvia simulados, fueron continuos y de intensidad elevada (tabla 1), mientras que los episodios naturales no suelen ser continuos, provocando una mayor evaporación, tanto durante la lluvia como en los periodos en los que esta se detiene. Concretamente en el año en que se realizaron las simulaciones, la precipitación media de los episodios fue de 5.2 mm con un promedio de duración real (contabilizan-

TABLA 2
 Balance hídrico de interceptación mediante simulación de lluvia y en episodios naturales
 en las dos especies seleccionadas

	Romero		Tomillo	
	Simulación	Episodios	Simulación	Episodios
Precipitación	17 mm	17 mm	25 mm	25 mm
Trascolación	42.4 %	30 %	44.9 %	36.4 %
E. cortical	47.7 %	44 %	48.6 %	37.4 %
Interceptación	9.9 %	26 %	6.5 %	26.6 %

do los periodos en los que hubo precipitación) de 4.2 horas y una intensidad media de 1.24 mm/h, muy alejada de la intensidad de la simulaciones (Belmonte Serrato, 1998).

De cualquier modo, en ambos casos, y en ambas especies, la Ec siempre es superior a la trascolación, es decir, en los dos arbustos predomina el flujo concentrado (escorrentía cortical) sobre el flujo disperso (trascolación), aunque en romero la diferencia es mucho menor en el balance obtenido mediante simulación de lluvia que en el que se obtuvo de episodios reales. Este predominio del flujo concentrado puede responder a la necesidad de los arbustos de zonas semiáridas de concentrar la máxima cantidad de agua en la base del tronco, donde puede infiltrarse con mayor facilidad.

2. Hidrograma de los flujos de interceptación

Tomillo

El primero de los flujos que alcanza el suelo en ambos arbustos es la trascolación. En tomillo el flujo de trascolación aparece aproximadamente 1 minuto después del inicio de la lluvia, es decir, cuando la planta ha recibido 1 mm de lluvia, algo que también sucede en episodios naturales (Belmonte Serrato, 1998). La escorrentía cortical comienza a los 2 minutos del inicio de la simulación, o lo que es lo mismo, cuando la planta ha recibido en torno a 2 mm de precipitación, valor que coincide también con el obtenido en lluvias reales que fue de 1.9 mm en 1993 (Belmonte Serrato, 1998). Estos valores son superiores a los obtenidos en laboratorio con lluvia simulada en otros arbustos mediterráneos (Derouiche, 1996).

La planta alcanza su máximo almacenaje con aproximadamente 3 mm de precipitación recibida. En ese tiempo, la planta ha retenido 1.85 mm de lluvia (el 66.8 % de la lluvia recibida), saturando su capacidad de almacenaje e iniciando una primera descarga del agua retenida. A partir de aquí, se producen sucesivas cargas y descargas, aunque menos intensas que la primera y la pérdida por interceptación sólo se ve incrementada por la evaporación que se produce durante la simulación (figura 3).

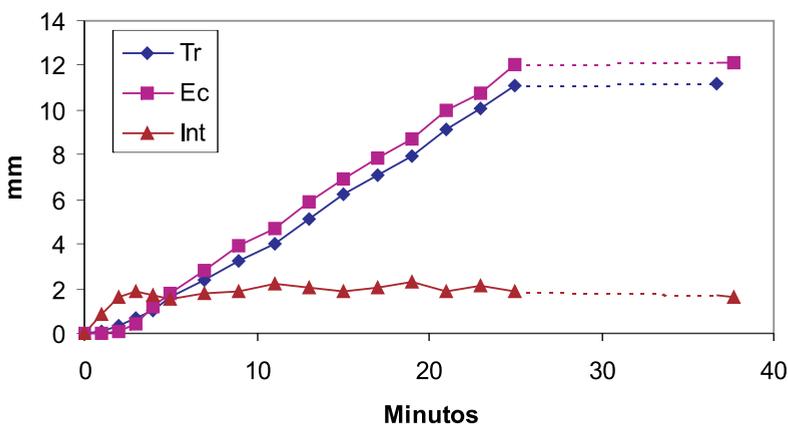


FIGURA 3. Hidrograma completo de los valores acumulados de trascolación (Tr), escorrentía cortical (Ec) e interceptación (Int) en tomillo (promedio de las tres simulaciones).

Este proceso de «carga y descarga» se debe a que las gotas de agua adheridas a la superficie vegetal, se ven continuamente aumentadas por las nuevas gotas de lluvia y cuando superan su masa crítica, caen o escurren por las ramas arrastrando consigo otras gotas más pequeñas. Tanto en romero como en tomillo, este mecanismo favorece el escurrimiento de las gotas por ramas y tronco, haciendo de este el flujo más importante. En pino carrasco sin embargo, el flujo cortical es irrelevante y en ningún caso supera el 2% de la lluvia que llega al suelo (Belmonte Serrato, 1998).

Romero

En romero, en los tres primeros minutos la lluvia interceptada alcanza 1.88 mm y a partir de aquí se inicia una descarga que es inferior a la lluvia recibida, por lo que en el minuto 4 la lluvia interceptada ha llegado a 1.9 mm.

La trascolación se inicia en los primeros 20 segundos y la escorrentía cortical al minuto y medio aproximadamente. El inicio más tardío de ambos flujos en el tomillo, puede deberse a su estructura, mucho más densa y compacta que la del romero (figura 2), como se desprende de la relación biomasa de hojas/biomasa total que es de 0.31 en romero y 0.40 en tomillo (Belmonte Serrato *et al.*, en preparación).

Los valores de almacenaje (1.85 mm en tomillo y 1,88 mm en romero) son similares a los obtenidos con lluvias naturales, pero son superiores a los obtenidos mediante lluvia simulada en otros arbustos. Derouiche (1996), da valores de 0.33 mm en *Pistacia lentiscus*, 0.36 mm en *Erica multiflora*, 0.9 mm en *Quercus coccifera* y 1.79 mm en la herbácea *Brchypodium retusum*.

Este último valor, similar a los obtenidos aquí, tiene una gran importancia pues *Brchypodium retusum* se encuentra muchas veces asociado como substrato herbáceo a *Rosmarinus officinalis*, con lo que la capacidad de almacenaje conjunta se elevaría hasta los

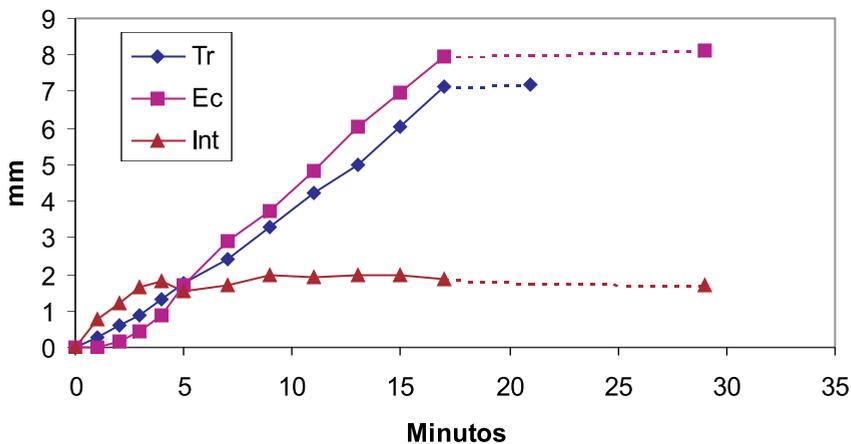


FIGURA 4. Hidrograma completo de los valores acumulados de trascolación (Tr), escorrentía cortical (Ec) e interceptación (Int) en romero (promedio de las tres simulaciones).

3.5 mm, lo cual, y dado los bajos promedios de precipitación por episodio que suelen darse en el sureste de la península (en el área de estudio este promedio fue de 5.2 mm en 1993), pueden ocasionar pérdidas del 67% de la precipitación anual en coberturas totales (100%).

3. Modelización del proceso

Tanto en tomillo como en romero, se ha dividido el tiempo de simulación en dos partes. En los primeros siete minutos, almacenaje, trascolación y escorrentía cortical se reparten la precipitación incidente, pero a partir de aquí, con la capacidad de almacenaje

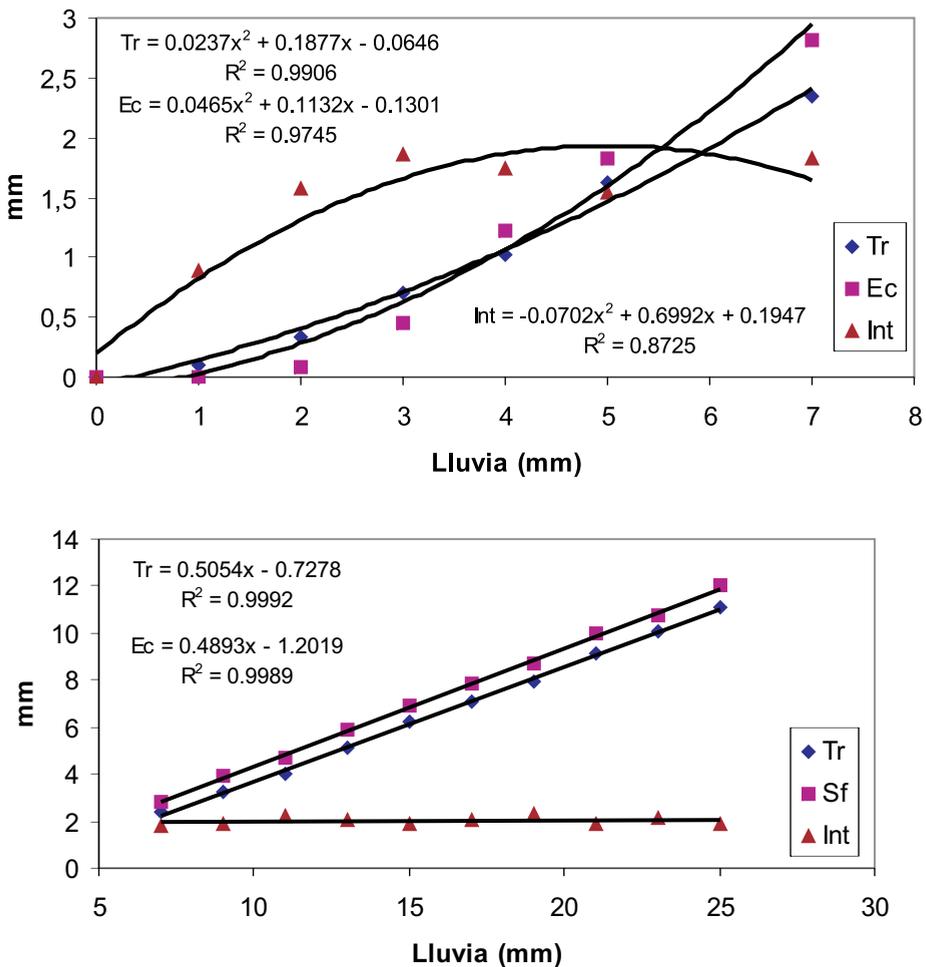


FIGURA 5. Curvas de ajuste de Tr, Ec e Int en tomillo, en los primeros 7 minutos de simulación (arriba) y durante el resto de la simulación (abajo).

saturada, la lluvia interceptada se reduce a la tasa de evaporación que se produce durante el tiempo de simulación, es decir que la curva de interceptación se hace prácticamente constante. En esos primeros 7 mm de lluvia, los tres flujos hídricos pueden ajustarse a funciones polinómicas con elevados coeficientes de correlación (figuras 5 y 6 superior) y a partir de aquí, y hasta el final de la simulación, los flujos de trascolación y escorrentía cortical se reparten la lluvia incidente ajustándose a funciones lineales de ajuste casi perfecto (figuras 5 y 6 baja).

Estos resultados indican que en lluvias de intensidad continua o casi continua, la capacidad de almacenaje de la cubierta, más la evaporación producida durante la lluvia, ocasionan el total de lluvia perdida por interceptación. Sin embargo, en condiciones naturales, las

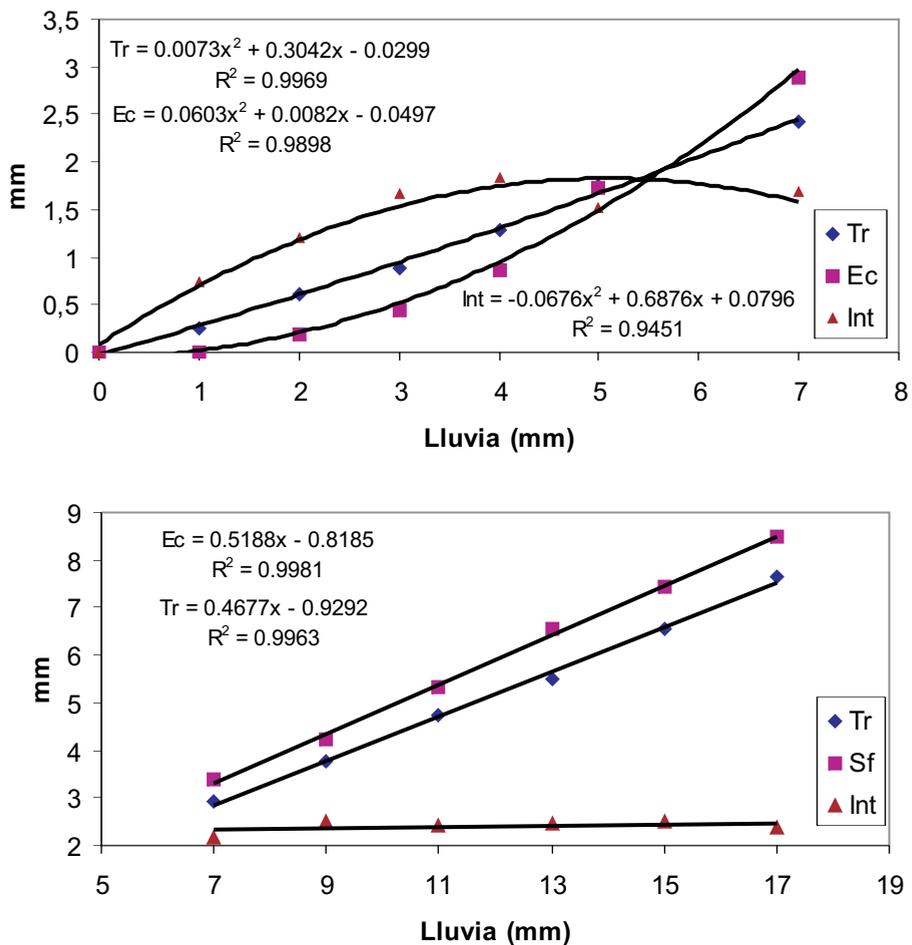


FIGURA 6. Curvas de ajuste de Tr, Ec e Int en romero, en los primeros 7 minutos de simulación (arriba) y durante el resto de la simulación (abajo).

lluvias nunca se presentan con intensidad continua y lo normal es que se dividan en episodios separados por periodos sin lluvia, en los que la capacidad de almacenaje de la cubierta o parte de ella se recupera para poder ser «cargada» en el siguiente episodio con lo que la pérdida final por interceptación vendrá dada por la suma de todas las «cargas» del almacenaje más la evaporación durante la lluvia. Esto explica la diferencia entre los valores del balance de interceptación obtenido de la simulaciones y los que se obtienen, para esa misma cantidad de lluvia, de las ecuaciones derivadas de episodios reales (tabla 2).

CONCLUSIONES

La técnica de simulación de lluvia se muestra adecuada para modelizar el proceso de interceptación en los primeros minutos de lluvia en lluvias de intensidad constante.

Las simulaciones han permitido modelizar el proceso de carga de la cubierta hasta el momento de la saturación de la misma, y el correspondiente reparto de cada uno de los flujos hídricos en el tiempo en que dura la carga de la cubierta. Si bien, esta modelización sólo es válida para lluvias de intensidad similar a la utilizada en las simulaciones (60 mm/h, aproximadamente).

Se constata que una vez saturada la cubierta, se produce una primera descarga de agua almacenada, que es superior a la lluvia recibida, permitiendo una nueva «carga» de parte de la cubierta. Estas «cargas» y «descargas» se suceden a partir de aquí, aunque con menor intensidad, hasta el final de la lluvia, y de su tendencia a caer directamente al suelo o resbalar por las ramas y tronco, depende la importancia de los flujos de trascolación o escoorrentía cortical.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de los Proyectos de Investigación MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*), contrato N° ENV4-CT95-0119 (DG-XII-DTEE), financiado por la Unión Europea (1991-1998); y RESEL-LUCDEME (Dirección General de Conservación de la Naturaleza). El Dr. José Martínez Fernández colaboró en la obtención de los datos de campo. El autor expresa su agradecimiento.

REFERENCIAS

- BELMONTE SERRATO, F.; ROMERO DÍAZ, A. Y LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1996): «Volumen y variabilidad espacial de la lluvia trascolada bajo bosque y matorral mediterráneo semiárido». *Ecología*, **10**, 95-104.
- BELMONTE SERRATO, F. & ROMERO DÍAZ, M.A. (1996): «Aproximación a las características climáticas en 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. & ROMERO DÍAZ, A. (1998): «A simple technique for measuring rainfall interception by small shrub: Interception flow collection box». *Hydrological Processes*, **vol. 12**, 471-481.

- BELMONTE SERRATO, F. (1998): «*Interceptación en bosque y matorral mediterráneo semiárido: Balance hídrico y distribución espacial de la lluvia neta*». Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia. (Cd-Rom), 375 pp.
- BELMONTE SERRATO, F.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J.; & LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1999): Estimación de la biomasa de *Thymus vulgaris* a partir de algunos parámetros dimensionales sencillos». (en preparación)
- BENITO RUEDA, E.; GÓMEZ ULLA, A. Y DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F. (1986): «Descripción de un simulador de lluvia para estudios de erodebilidad del suelo y estabilidad de los agregados al agua». *An. Edafol. Agrobiol.*, **XLV (9-10)** 1115-1128.
- BEUTNER, E.L.; GAEBE, R.R. Y HORTON, R.E. (1940): «Sprinkled-plot runoff and infiltration experiments on Arizona desert soils». *Trans. Am. Geophys. Union*, **21**, 550-558.
- 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.
- 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.
- GONZÁLEZ HIDALGO, J.C. (1992): «*Pautas espaciales de la erosión hídrica en el semiárido aragonés*». Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza. 375 pp.
- ICONA. (1996): «*Red de estaciones experimentales de seguimiento y evaluación de la erosión y al desertización (RESEL)*», PROYECTO LUCDEME. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, pp. 70-73.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, A.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1991): «Soil erosion in a semi-arid mediterranean enviroment. El Ardal experimental field (Murcia, Spain)», In: *Soil Erosion studies in Spain*. M. Sala; J.L. Rubio & J.M. García Ruiz (Eds.). Geforma Ediciones, Logroño.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, A.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, José; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Julia. (1996): «The El Ardal Field Site: Soil and vegetation cover», In: *Mediterranean Desertification and Land Use*. Jane Brandt & John B. Thornes (Eds), by Jhon Wiley & Sons, Ltd.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, José; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Julia, LÓPEZ BERMÚDEZ, F. & ROMERO DÍAZ, A. (1995): «Land Use and soil-vegetation relationships in a Mediterranean ecosystem: El Ardal, Murcia, Spain. *Catena*, **25**, 153-167.
- NÁVAR, J. & BRYAN, R. (1990): «Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in Northeastern Mexico». *Journal of Hydrology*, **115**, 51-63.
- NAVAS, A.; ALBERTO, F.; MACHÍN, J. Y GALÁN, J. (1990): «Desing and operation of a rainfall simulator for field studies of runoff and soil erosion». *Soil Technology*, **3**, 385-397.
- NEAL, J.H. (1938): «The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion». Univ. Of Missouri Agricultural Experiments Station Research Bulletin 280.
- NICHOLS, M.L. Y SEXTON, H.D. (1932): «A method of studing soil erosion». *Agricultural Engineering*, **13**, 101-103.

- NOBLE, C.A. Y MORGAN, R.P.C. (1983): «Raifall interception and splash detachment with a brussels sprouts plant: a laboratory simulation». *Earth Surf. Proc. and Landforms*, **8**, 569-577.
- SANROQUE, P.; RUBIO, J.L. Y SÁNCHEZ, J. (1984): «Simulador de lluvia para el estudio de la erosionabilidad del suelo en laboratorio». *I Congreso Español de Geología*, **I**, 783-794.
- TEKLEHAIMANOT, Z.; Y JARVIS, P.G. (1991): «Direct mesurement of evaporation of intercepted water from forest canopies». *Journal of Applied Ecology*, **28**, 603-618.
- TROMBLE, J.M. (1988): «Water interception by two arid land shrubs». *Journal of Arid Enviroments*, **15**, 65-70.
- VAN ELEWIJCK, L. (1989a): «Stemflow on maize: a stemflow equation and the influence of rainfall intensity on stemflow amount». *Soil Technology*, **2**, 41-48.
- VAN ELEWIJCK, L. (1989b): «Influence of leaf and branch slope on stemflow amount». *Catena*, **16**, 525-533.