

# VOLUMEN Y VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA LLUVIA TRASCOLADA BAJO BOSQUE Y MATORRAL MEDITERRANEO SEMIARIDO

F. BELMONTE SERRATO<sup>1</sup>, A. ROMERO DÍAZ<sup>1</sup> Y F. LÓPEZ BERMÚDEZ<sup>1</sup>

## RESUMEN

En este trabajo se estudia la importancia de la trascolación, tanto en los volúmenes de agua aportados al suelo, como en su distribución espacial, bajo tres tipos de cubierta: matorral, pinos y matorral con pinos. Se analizan 24 episodios de lluvia ocurridos en un periodo de 18 meses (Enero de 1992 a Junio de 1993) y se determina la posible influencia de factores climáticos, así como las variaciones mensuales y estacionales. Se subraya la importancia que tienen las variaciones espaciales de los volúmenes de agua aportados al suelo por trascolación sobre el establecimiento de flujos preferenciales de infiltración y de escorrentía cortical.

**Plabras clave:** Distribución de la trascolación. Interceptación, Cobertura vegetal.

## INTRODUCCION

Por lo general, el proceso de interceptación de la lluvia por la vegetación ha sido estudiado, tratando de cuantificar los diferentes flujos que se desprenden de él y, sobre todo, la pérdida de lluvia por evaporación o interceptación neta. Son muchos los trabajos que proponen ecuaciones para el cálculo de la pérdida por interceptación (RUTTER *et al* 1971), (GASH 1979), o para el cálculo de la escorrentía cortical (DE PLOEY 1982), (VAN ELEWIJCK 1989), sin embargo, no son tan numerosos los trabajos en los que se estudie la distribución de la trascolación en el suelo (BRANDT 1989, DUROCHER 1990).

La importancia de la distribución de la trascolación en el suelo se centra en las variaciones espaciales de los volúmenes de agua aportados al suelo por distintos tipos de cubierta, estas variaciones llegan a hacerse tan significativas que sin duda tienen implicaciones en los procesos de infiltración y de escorrentía cortical y, por tanto, su estudio se hace necesario para profundizar en la importancia de la cubierta vegetal sobre los procesos erosivos.

## AREA DE ESTUDIO

La investigación se ha realizado en el Campo experimental de «El Ardal» situado en la Cuenca de Mula (Murcia, España), instalado en 1989 por el Aria de Geografía física de la Universidad de Murcia para el seguimiento de los procesos de erosión y de las relaciones clima-planta-suelo (LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.* 1991).

El área experimental está situada en el centro de la Región de Murcia, a 550 m de altitud y recibe una precipitación media anual en torno a los 300 mm, aunque con acusadas variaciones mensuales e interanuales (LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.* 1983). La cubierta vegetal está compuesta por un matorral mediterráneo entre cuyas especies destacan *Rosmarinus officinalis*, *Juniperus oxycedrus*, *Rhamnus lycioides*, *Cistus clusii*, *Thymus vulgaris* y de forma aislada *Pinus halepensis*, con una densidad media de cubierta vegetal del 60% (MARTÍNEZ FERNÁNDEZ *et al.* 1991).

## METODOLOGIA

Con el proposito de conocer la distribución en el suelo de la lluvia interceptada por la vegetación, se instalaron dos parcelas para el control de la trascolación en matorral, procurando que ambas fuesen representativas de la cubierta vegetal de la

<sup>1</sup> Departamento de Geografía Física. Universidad de Murcia. Campus de la Merced. 30001 - Murcia.

zona, (BELMONTE SERRATO y ROMERO DÍAZ 1993).

La primera de las parcelas (S1) ocupa una superficie de 252 m<sup>2</sup> (14 × 18 m.), de la cual un 20% está cubierta por matorral, un 35% por pino-matorral y un 45% corresponde a suelo desnudo. La parcela se dividió en 63 cuadrados de 4 m<sup>2</sup> cada uno, colocando un pluviómetro en el centro de cada uno de ellos y a 30 cm de altura, por lo que el efecto de la cubierta por debajo de esa altura no está considerado. La segunda parcela (S2) tiene 36 m<sup>2</sup> (6 × 6 m.) con un 70% de superficie cubierta de matorral. Esta se dividió en 36 cuadrados de 1 m<sup>2</sup> cada uno, colocándose pluviómetros al igual que en la parcela anterior. Ambas parcelas tienen 15° de pendiente y orientación Norte. Los pluviómetros utilizados son de plástico con una capacidad de registro de hasta 144 mm de lluvia.

Los datos climáticos, para el periodo considerado, Enero de 1992 a Junio de 1993, (Tabla I) se

han obtenido de la estación meteorológica automática, con la que está dotado el campo experimental, que proporciona datos cada 10 minutos.

Los episodios de lluvia están identificados por la fecha en la que se recogieron los pluviómetros, normalmente al día siguiente de finalizar la lluvia, y un número que se corresponde con el orden del episodio de lluvia. La duración del episodio es la suma de los periodos de 10 minutos en los que se ha producido precipitación, la intensidad es el cociente entre el total de lluvia y su duración y la velocidad y dirección del viento están referidos al episodio de lluvia. La energía cinética de la lluvia (KE), dada en Julios por m<sup>2</sup>, está calculada a partir de la ecuación de ZANCHI y TORRI (1980):  $KE = (9,81 + 11,25 \times \text{Log } 10 \text{ Intensidad}) \times \text{precipitación}$ .

Los datos de trascalación obtenidos, (Tabla II) están considerados de modo que para S1 la trascalación del sector se refiere a la media de la superficie

TABLA I  
CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LOS EPISODIOS DE LLUVIA

Fecha	Episodio Nº	Lluvia (mm)	Duración (horas)	Intensidad (mm/h)	KE (J m <sup>2</sup> )	V. viento (km/h)	Dirección del viento
31-01-92	1	10,6	7,9	1,3	119,7	11,0	N
21-02-92	2	74,2	34,7	2,1	1003,8	14,3	WNW
05-03-92	3	24,6	17,5	1,4	282,3	10,0	N
06-04-92	4	5,6	1,5	3,7	91,0	8,9	NNE
04-05-92	5	58,2	22,2	2,6	845,4	31,0	NNE
04-06-92	6	5,8	1,3	4,5	98,6	14,3	N
14-06-92	7	56,0	14,2	3,9	925,4	17,0	W
16-06-92	8	14,8	3,7	4,0	246,1	18,0	N
23-06-92	9	29,2	9,8	3,0	441,7	9,0	NW
09-10-92	10	17,6	5,0	3,5	280,9	18,8	NNW
19-10-92	11	2,0	1,3	1,5	23,6	7,3	SW
09-11-92	12	19,2	5,4	3,6	294,7	7,5	ESE
16-11-92	13	2,4	2,0	1,2	25,7	17,0	N
28-12-92	14	17,6	8,4	2,1	244,5	18,8	NNE
03-02-93	15	37,2	20,2	1,8	522,6	11,6	WNW
05-02-93	16	18,6	10,3	1,8	233,8	9,1	WNW
08-02-93	17	6,2	1,3	4,8	107,4	6,6	N
24-02-93	18	9,2	6,9	1,3	107,9	8,5	NW
01-03-93	19	17,0	11,3	1,5	200,5	24,0	N
15-03-93	20	11,2	6,6	1,7	142,4	6,2	ESE
26-03-93	21	18,0	6,0	3,0	273,2	11,2	NNW
06-05-93	22	31,8	11,5	2,8	485,3	6,8	WSW
11-05-93	23	9,0	3,5	2,6	115,2	10,0	ESE
08-06-93	24	28,2	3,5	8,1	569,1	12,0	NNE
Total		524,2	216	2,4	7689,5	x=13,9	

cubierta, matorral y pinos, mientras que la trascolación en pinos únicamente se ha tendido en cuenta la cobertura de éstos. Para S2 se considera la media de la trascolación del sector.

**RESULTADOS**

De los datos de trascolación (Tabla II) se desprenden diferencias importantes entre la cobertura de matorral y la de pino, en tanto que el comportamiento de las dos parcelas, consideradas en su conjunto, es similar. La cobertura de pinos presenta variaciones importantes, sobre todo en episodios extremos, tanto de pequeña o gran magnitud. Si se consideran los porcentajes de trascolación de las tres coberturas por episodios (Fig. 1), se aprecia cómo para las lluvias de pequeña magnitud, inferiores a 10 mm y de corta duración, 1-2 horas, la

cobertura de pinos no deja pasar más del 25% de la lluvia, mientras que para matorral y matorral-pinos, el porcentaje de lluvia que atraviesa la cubierta vegetal oscila entre el 40 y el 60%. Esto puede explicarse, fundamentalmente, por la diferente capacidad de almacenaje, (resultado de dividir el término independiente de la función por el coeficiente b de la misma (RUTTER *et al* 1977), (Tabla IV) que en este caso, para el matorral está en torno a 1.5 mm, para matorral-pinos en torno a 2 mm y para la cobertura de pinos se eleva a 5 mm. En el otro extremo, con episodios de lluvia superiores a 40 mm, el porcentaje de trascolación en pinos alcanza valores superiores al 80% de la lluvia, llegando e incluso superando el 100% (ver Tabla II), aspecto éste, que se ha constatado en otras experiencias con cobertura de pinos, aunque no estudiado aún en profundidad. (BELMONTE

TABLA II  
TRASCOLACION POR EPISODIOS

Episodio (Nº)	SECTOR S1				SECTOR S2	
	Tr* (mm) sector	Tr (%) sector	Tr (mm) pinos	Tr (%) pinos	Tr (mm) sector	Tr (%) sector
1	8,0	75,8	8,0	75,6	8,3	78,3
2	70,3	94,7	81,4	109,7	61,9	83,4
3	22,2	90,2	20,6	83,8	20,6	83,7
4	1,8	31,4	0,6	10,5	2,2	39,3
5	39,3	67,5	51,9	89,2	38,6	66,3
6	2,2	38,4	1,3	22,1	2,6	44,8
7	47,8	85,4	59,6	106,4	43,1	76,9
8	10,2	68,7	8,6	58,2	9,8	66,2
9	22,4	76,8	21,0	72,1	21,4	73,3
10	13,4	76,3	12,7	72,3	13,1	74,4
11	1,3	66,5	0,3	13,0	1,4	70,0
12	15,5	79,3	14,4	73,6	14,6	76,0
13	1,3	52,9	0,3	10,8	1,6	66,7
14	13,8	78,5	10,9	61,9	14,8	84,1
15	30,2	82,4	30,6	83,7	30,0	80,6
16	14,8	79,8	12,4	66,7	15,1	81,2
17	4,3	69,7	3,2	51,6	4,7	75,8
18	8,1	84,4	7,0	73,3	7,3	79,4
19	9,2	54,1	9,5	55,7	8,8	51,8
20	9,7	88,5	9,8	89,0	8,0	71,4
21	16,0	88,6	13,7	76,0	12,1	67,2
22	27,4	86,2	25,8	81,1	23,6	74,2
23	5,2	57,9	2,9	32,3	4,7	52,2
24	22,8	80,2	22,2	78,2	16,3	57,8
Total	417,3	79,6	428,7	81,8	384,6	73,4

\* Tr = Trascolación.

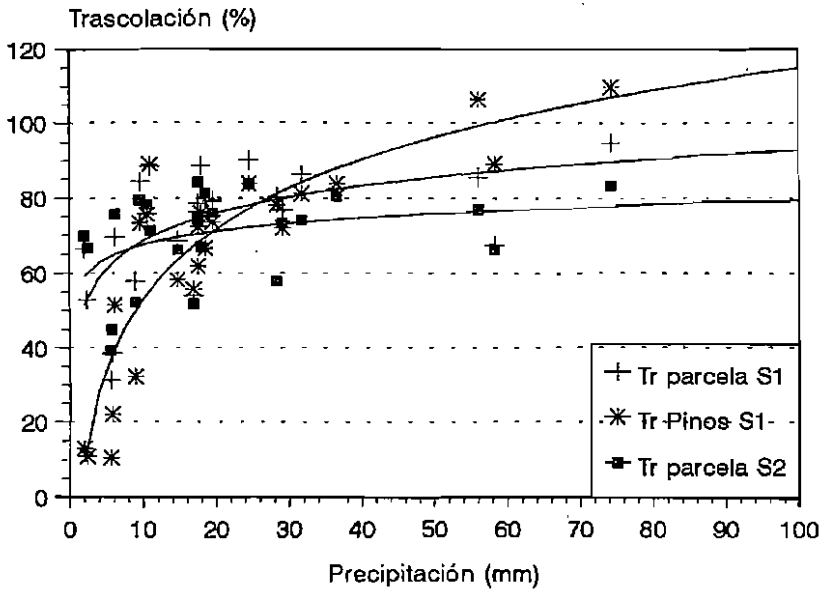
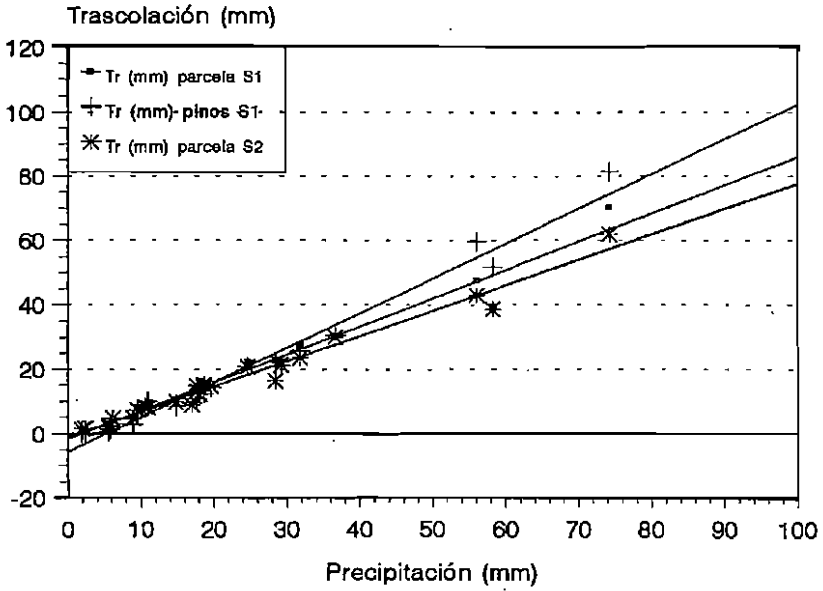


Fig. 1. Rectas de regresión (en mm y %) entre precipitación y trascolución.

TABLA III  
TRASCOLACION ESTACIONAL

ESTACION	P (mm)	S1 Tr (mm)	S1 Tr (%)	S1 Tr (mm) pinos	S1 Tr (%) Pinos	S2 Tr (mm)	S2 Tr (%)
INV. 1992	109,4	97,7	89,3	110,0	100,5	90,7	82,8
PRI. 1992	196,6	123,7	72,9	143,0	84,3	117,7	69,4
OTO. 1992	59,6	45,4	76,2	38,6	64,8	40,8	68,5
INV. 1993	117,0	76,4	65,3	72,5	62,0	88,9	76,0
PRI. 1993	87,2	69,3	79,5	66,6	76,4	56,8	65,1
TOT. 92/93	524,2	412,6	78,7	430,7	82,2	349,9	75,3

TABLA IV  
REGRESION LINEAL POR EPISODIOS

Trascolación = a + Lluvia.b

Parcela	Total parcela	n = 24	R <sup>2</sup>	0,97
			a	-1,76
			b	0,87
S1	Pinos	n = 24	R <sup>2</sup>	0,97
			a	-5,70
			b	1,10
Parcela S2	Total parcela	n = 24	R <sup>2</sup>	0,97
			a	-1,19
			b	0,79

SERRATO y ROMERO DÍAZ 1992,1994). Para los otros dos tipos de cubierta considerado y para precipitaciones superiores a 10 mm, los porcentajes de trascolación se mantienen relativamente constantes, entre el 60 y el 80% de la lluvia (Fig. 1).

Tanto los valores estacionales como los totales (Tabla III) entran dentro del rango encontrado por otros autores para distintos tipos de cubierta (LOCKWOOD 1985). En nuestro caso, para una precipitación total de 524.2 mm, bajo cubierta de matorral-pinos (S1) trascoló el 78.7% (412.6 mm); en pinos alcanzó el suelo el 82.2% de la lluvia (430.7 mm) y en matorral (S2), la trascolación fue del 75,3% (394.9 mm).

El mayor porcentaje de trascolación en pinos se explica por la diferente estructura vegetal, que hace que la mayor parte del agua que alcanza el suelo lo haga por trascolación, mientras que la escorrentía cortical supone únicamente el 1 ó 2% de la lluvia. Las especies de matorral predominantes en el área de estudio, dividen la lluvia de tal forma que la escorrentía cortical pasa a ser la

via de acceso al suelo más importante, con valores que oscilan entre el 20 y el 50% para un porcentaje de cubierta del 100% (BELMONTE y ROMERO 1994), lo que lleva a considerar que, para los porcentajes de cubierta de ambas parcelas, la escorrentía cortical supone del 12 al 15%, lo que eleva considerablemente la cantidad de agua que alcanza el suelo, pudiendo ser bajo matorral el 90% y bajo pino un 85%, cantidad mucho más acorde con la biomasa de ambas cubiertas.

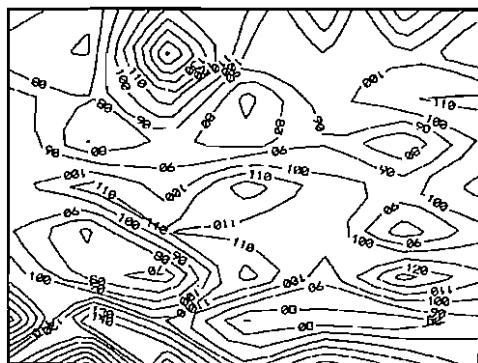
Las regresiones realizadas entre la lluvia y la trascolación, por episodios y obtenidas directamente de los datos de campo (Tabla IV), muestran una buena correlación para las tres cubiertas consideradas. Si bien los parámetros son similares para las cubiertas de matorral y matorral-pinos, difieren, como era de esperar, para la cubierta de pino (Fig. 1).

La Fig. 2 muestra la distribución espacial de la trascolación por estaciones, en el periodo considerado, para la parcela S1, a 30 cm del suelo, que es la altura a la que están colocados los pluviómetros.

El Invierno y la Primavera del 92 presentan cierta semejanza en cuanto a la distribución de la trascolación, que difiere bastante de la que puede observarse en el Otoño del 92 y el Invierno y la Primavera del 93, que presentan una gran semejanza entre sí. Estas diferencias se deben fundamentalmente a la cobertura de pinos, que como ya se ha mencionado, presenta un comportamiento muy diferente según el volumen de lluvia recogida. En el Invierno y la Primavera del 92 existe mayor heterogeneidad en cuanto a la cantidad de lluvia por episodio, mientras que a partir del Otoño del

INVIERNO 92

P = 109.4 mm



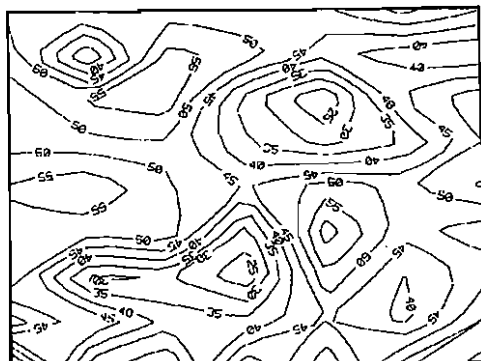
PRIMAVERA 92

P = 169.6 mm



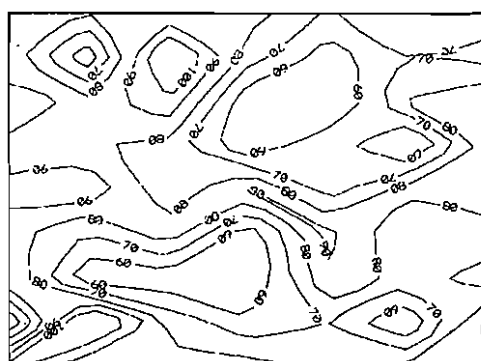
OTOÑO 92

P = 59.6 mm



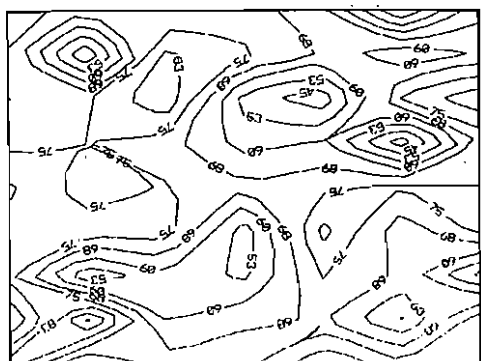
INVIERNO 93

P = 117.0 mm



PRIMAVERA 93

P = 87.2 mm



TOTAL 92-93

P = 524.2 mm

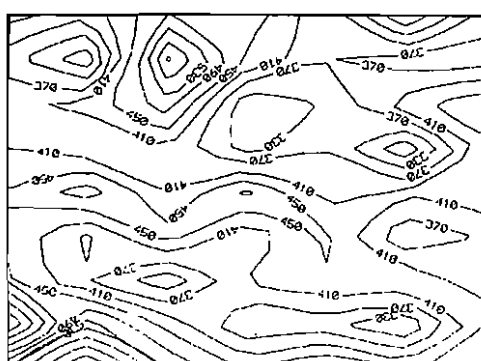


Fig. 2. Distribución total y estacional de la Trascolución (mm) en el sector S1.

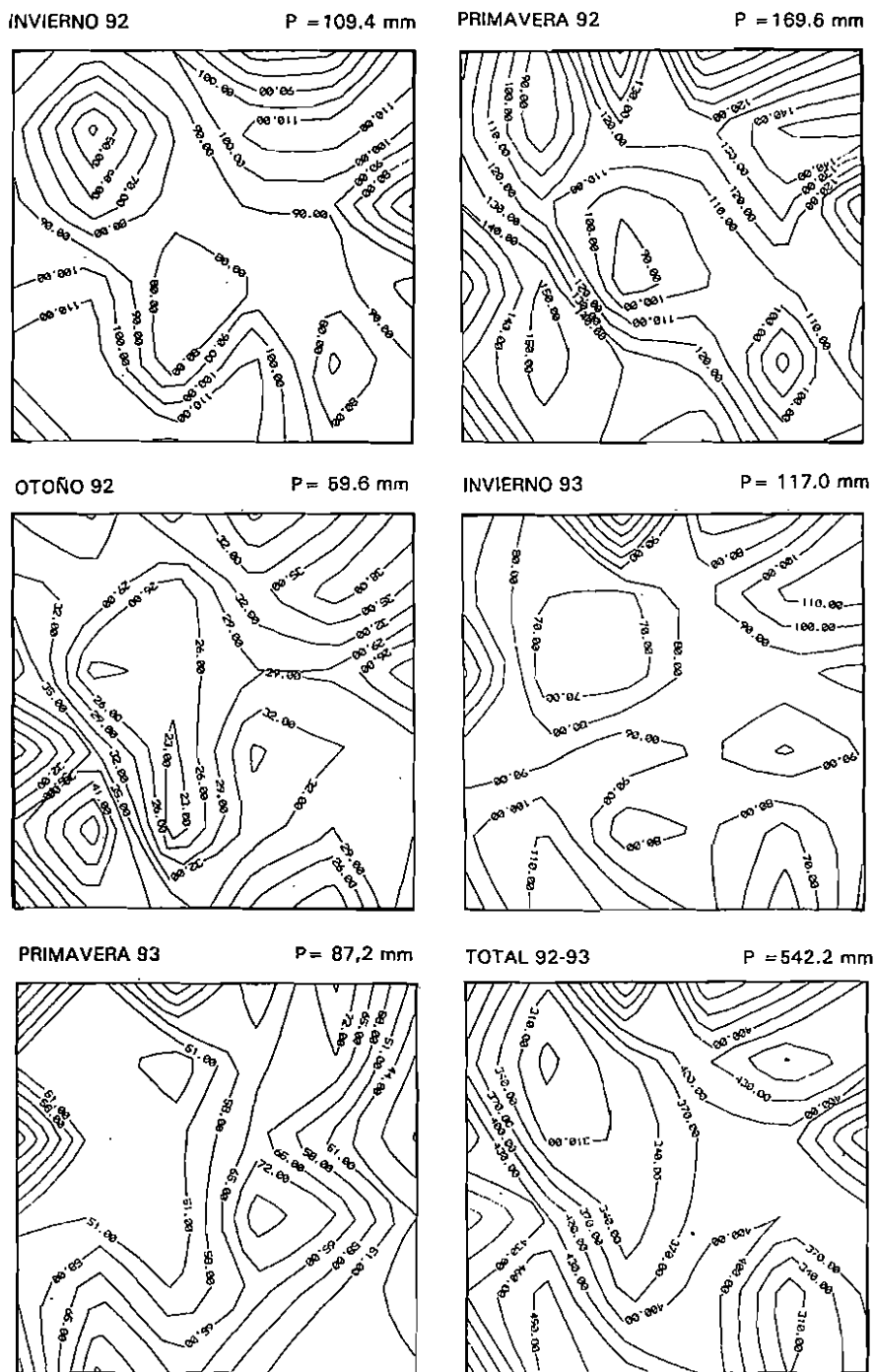
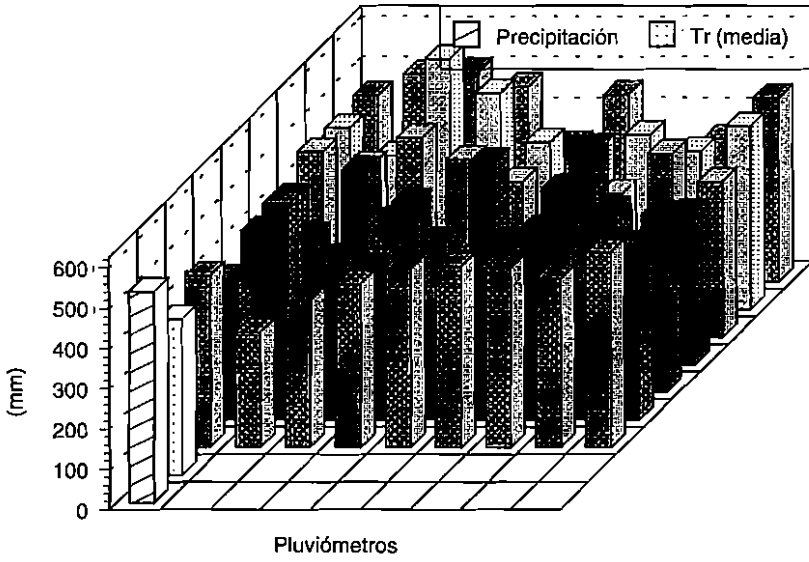
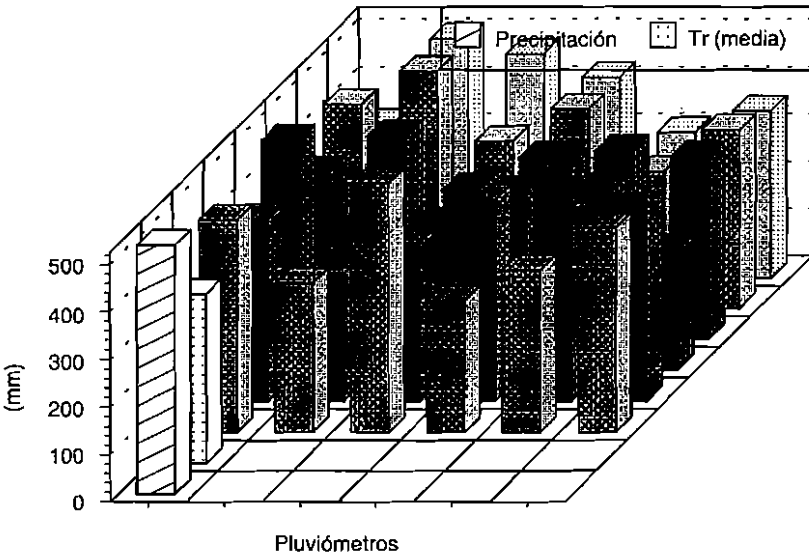


Fig. 3. Distribución total y estacional de la Traslación (mm) en el sector S2.



PARCELA S1



PARCELA S2

Fig. 4. Volumen total y distribución de la trascolución en el periodo Enero 1992-Junio 1993.



92 los episodios de lluvia se hacen más homogéneos (Tabla I). Este comportamiento de la cobertura de pinos, llega a permitir el establecimiento, bajo dicha cobertura, de áreas, que para el Invierno del 92 suponen el 20% de la parcela, en las que la trascolación es superior a la lluvia, alcanzando valores del 150%. Estas diferencias en los aportes de agua al suelo, permiten definir áreas deprimidas en las que la trascolación no alcanza el 50% del total de la serie y otras en las que la trascolación es igual e incluso superior a la precipitación total. Esto tiene consecuencias inmediatas en los flujos de infiltración y de escorrentía superficial.

Por los que respecta a la parcela S2, con cubierta de matorral (Fig. 3), la distribución de la trascolación presenta, estacionalmente, un comportamiento más heterogéneo, aunque con cierta similitud, como ocurría con S1, en el Invierno y Primavera del 92. Aunque aquí no llegan a aparecer áreas con trascolación superior a la lluvia, sí existen grandes diferencias que van desde el 40 hasta el 90% de la lluvia total.

Los volúmenes totales de trascolación por pluviómetro, para todo el periodo, en cada una de las parcelas (Fig. 4) muestra profundas diferencias entre ellos con una varianza muy alta que perfila la más que segura influencia sobre los flujos de infiltración y escorrentía superficial, sobre todo teniendo en cuenta que estas diferencias se hacen aun mayores cuando se consideran los episodios de lluvia individualmente.

## CONCLUSIONES

Del trabajo realizado hasta el momento se puede concluir que:

— Los volúmenes totales de lluvia trascolada varían para los tres tipos de cubierta considerados, el 75% de la lluvia bajo matorral, el 78% bajo cubierta de matorral-pinos y el 82% bajo pinos.

— La división que la cubierta vegetal hace de la lluvia interceptada depende, en primer lugar, de la estructura de la cubierta y, en segundo lugar, de las características de intensidad y volumen del episodio de lluvia.

— La agrupación de los episodios de lluvia en totales mensuales o estacionales no introduce variaciones significativas en la relación lluvia-trascolación.

— La distribución que la cubierta de pinos hace de la lluvia interceptada, genera áreas en las que los aportes de agua al suelo oscilan entre el 50 y el 150% de la lluvia, con las inmediatas consecuencias para la infiltración y la escorrentía superficial.

— En matorral la distribución de los aportes al suelo por trascolación implica variaciones que van entre el 40 y el 90% de la lluvia.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se integra en el Proyecto MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) creado y financiado por la CE, dentro del programa EPOCH (European programme on climate and Natural Hazards) contrato número EPOCH-CT90-0014-(SMA); a él nuestro agradecimiento.

## SUMMARY

Throughfall, water volume arriving the soil and its spatial distribution, under three kinds of vegetation cover: shrubs, pines and shrub-pines will be studied in this work. 24 rainfall events during a 18 months period (January-1992 to June-1993) will be analyzed, estimating the influence of climatic factors and seasonal variations. It is stressed the influence of spatial variations of water volumes arriving the soil by throughfall on preferential fluxes of infiltration and surface runoff.

**Key Words:** Throughfall distribution, Intercepcion, Vegetal cover.

## BIBLIOGRAFIA

- BELMONTE SERRATO F. y ROMERO DÍAZ A. 1992: «Evaluación de la capacidad de interceptación de la lluvia por la vegetación y su relación con la erosión de los suelos en el sureste semiárido español. Primeros resultados». En: *Estudios de Geomorfología en España*, F. LÓPEZ BERMÚDEZ, C. CONESA GARCÍA y A. ROMERO DÍAZ (Eds.). Sociedad Española de Geomorfología, Murcia, pp. 33-34.
- BELMONTE SERRATO F. y ROMERO DÍAZ A. 1993: «Instrumentos y métodos para el estudio de la capacidad de interceptación en algunas especies vegetales mediterráneas. "El Ardal" (Murcia)». En: *Nuevos Procesos Territoriales*. Asociación Española de Geomorfología, Sevilla, pp. 181-185.
- BELMONTE SERRATO F. y ROMERO DÍAZ A. 1994: «Distribución de flujos de agua en el proceso de interceptación en cuatro especies vegetales mediterráneas y su relación con la cantidad de agua disponible en el suelo». En: *Geomorfología en España*. J. ARNÁEZ, J. M. GARCÍA RUIZ y A. GÓMEZ VILLAR (Eds.) Sociedad Española de Geomorfología, Logroño, pp. 201-210.
- BRANDT C. J. 1989: «The size distribution of throughfall drops under vegetation canopies» *Catena*. Vol. 16, p. 507-524.
- DE PLOEY J. 1982: «A stemflow equation for grasses and similar vegetation». *Catena*. Vol. 9, p. 139-152.
- DUROCHER M. G. 1990: «Monitoring spatial variability of forest interception». *Hydrological processes*. Vol. 4, p. 215-229.
- GASH J. H. C. 1979: «An analytical model of rainfall interception by forest». *Quart. J. R. Met. Soc* 105, pp. 43-45.
- LOCKWOOD J. G. 1985: *World climate system*. Arnold, London, 292 pp.
- LÓPEZ BERMÚDEZ F., ROMERO DÍAZ A. & MARTÍNEZ FERNÁNDEZ J. 1991: «Soil erosion in semiarid mediterranean environment. The «El Ardal» experimental field (Murcia, Spain)». In: *Soil Erosion Studies in Spain*. J. M. GARCÍA RUIZ, M. SALA & J. L. RUBIO (Eds.). Geofoma Ediciones, pp. 137-152.
- LÓPEZ BERMÚDEZ F., GARCÍA RUIZ J. M., ROMERO DÍAZ A., RUIZ FLAÑO P., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ J. y LASANTA T. 1993: *Medidas de flujos de agua y sedimentos en parcelas experimentales*. Cuadernos Técnicos de la S.E.G. nº 6, Geofoma Ediciones, Logroño, 38 pp.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ J., LÓPEZ BERMÚDEZ F., ROMERO DÍAZ A. y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ J. 1991: «El matorral semiárido del sureste de España. Aportación metodológica para su evaluación». *Studia Oecologica*, VIII, Salamanca, pp. 97-105.
- RUTTER A. J., KERSHAW K. A., ROBINS P. C. & MORTON A. J. 1971: «A predictive model of rainfall interceptions in forests. 1. Derivation of the model from observations in a plantation of corsican pine». *Agricultural Meteorology*, 9, pp. 367-384.
- 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». *J. Appl. Ecol.*, 14, pp. 567-588.
- VAN ELEWIJCK L. 1989: «Stemflow on maize a stemflow equation and the influence of rainfall intensity on stemflow amount». *Soil technology*, 2, pp. 41-48.
- ZANCHI G. & TORRI D. 1980: «Evaluation of rainfall energy in central Italy». In: *Assessment of Erosion*. M. DE BOODT & D. GABRIEL Eds. Wiley, Chichester, pp. 133-141.