

LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y SUS EFECTOS EN LOS PROCESOS EROSIVOS EN UN ECOSISTEMA SEMIÁRIDO DEL SE DE ESPAÑA*

G. C. Fisher**, A. Romero***, F. López Bermúdez***, J. B. Thornes**** & C. Francis***

Recibido: mayo 1986

SUMMARY

Plant litter production and its effect in the erosion processes in a semiarid Mediterranean ecosystem from SE of Spain

The effects of vegetation on soil erosion occur partly through the controls which surface plant litter and incorporated organic matter exercise over hydrological and geomorphological processes. The relationships between litter and other components of a dry Mediterranean ecosystem have been measured since November 1983 to February 1986 on a sloping site with eroding marl soils about 30 Km from Murcia. Results are presented here for biomass, litter production and litter composition for several perennial shrubs on this site. Litter and soil characteristics were found to vary rapidly over short distances (<1m). Litter fall from perennial shrubs usually peaks in spring and early summer, but generally surface litter variation is poorly correlated with the amount of vegetation cover and soil moisture amounts. The stronger links between vegetation cover and soil organic matter suggest an important role for root biomass as a major and strongly localized source of organic matter on this site.

Key words: Plant production. Erosion. Semiarid. Ecosystem. South-East. Spain.

RESUMEN

Los efectos de la vegetación en la protección de los suelos contra la erosión, se efectúan predominantemente a través de controles que la hojarasca de las plantas y la incorporación de materia orgánica ejercen sobre los procesos hidrológicos y geomorfológicos. Desde noviembre de 1983 a febrero de 1986, han sido estudiadas las relaciones entre la producción de biomasa y las pérdidas de suelo en un ecosistema mediterráneo seco, seguidas en una parcela de suelos margosos alterados, situada a unos 30 km de Murcia. Se presentan aquí los resultados obtenidos de biomasa, así como la composición de la hojarasca recogida mensualmente para varias especies arbustivas sobre la parcela. Se ha observado que las características de suelo y hojarasca cambian rápidamente en cortas distancias (<1m). La caída de hojarasca de las especies perennes suele presentar máximos en primavera y a principios del verano, pero por lo general la variación que registra la acumulación superficial de hojas y tallos caídos, está escasamente correlacionada con la cantidad de cubierta vegetal y la cantidad de humedad del suelo. Por el contrario, se ha constatado una estrecha relación entre cubierta vegetal y materia orgánica del suelo, lo que sugiere una importante acción de la biomasa de las raíces, así como de la localización y procedencia de la materia orgánica sobre el espacio de la parcela.

Palabras clave: Producción. Biomasa. Erosión. Ecosistemas. S.E. España.

* Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación conjunto, iniciado en 1983 en el marco de Acciones Integradas Hispano-Británicas, con el objetivo de diseñar un modelo de erosión hídrica bajo condiciones morfoclimáticas mediterráneas actuales. Varias publicaciones se han realizado ya en este sentido, en revistas especializadas españolas y extranjeras.

** Department of Geography. University of London. England.

*** Dep. Geografía Física. Fac. Letras. Universidad de Murcia. 30071 Murcia.

**** Department of Geography. University of Bristol. England.

INTRODUCCIÓN

Es generalmente aceptado que la cubierta vegetal influye en los procesos de erosión del suelo; sin embargo, no se conocen las repercusiones específicas que la producción de biomasa y su incorporación al suelo tiene en esta relación. La interceptación de la lluvia por las partes desprendidas de la vegetación y su acumulación sobre la superficie edáfica, puede ser tan importante como la acción de pantalla que las partes aéreas de la cubierta vegetal ejercen para impedir u obstaculizar la erosión hídrica por impacto de las gotas de lluvia. Cuando las hojas y los tallos caídos se incorporan al suelo, se mejora su estructura y aumenta la porosidad, en consecuencia se registra un aumento en la capacidad de infiltración y una notable disminución de la escorrentía superficial. En estos procesos también intervienen las raíces muertas puesto que incrementan la cantidad de materia orgánica en el suelo, influyen en la cohesión de sus partículas y favorecen la formación de líneas de drenaje a lo largo de los canales abiertos por ellas.

Las relaciones entre la producción de biomasa y la hidrología del suelo son muy complejas, porque dependen no sólo de la morfología y estado vegetal (entramado aéreo, tallos, estado de descomposición y espesor de hojarasca sobre el suelo), sino también de factores climáticos (intensidad de las precipitaciones, valores de evaporación, etc.). Normalmente, la presencia de una capa de hojarasca en el suelo, al protegerlo de la fuerte evaporación a que está sometido a lo largo del año, incrementa la cantidad de humedad en el suelo al favorecer la infiltración y aumentar la capacidad de almacenamiento de agua. Sin embargo, algunos tipos de hojarasca seca son hidrofóbicos y pueden hacer aumentar la escorrentía. Además, la hojarasca de cada planta posee una propiedad hidrológica diferente (WALSH & VOIGT, 1977). En particular, sobre las laderas, el efecto de la hojarasca sobre las propiedades del suelo, puede no estar relacionado con la fuente de producción de biomasa, puesto que hojas y ramas secas en la superficie del suelo, están constantemente redistribuyéndose por el agua, el viento y la fauna.

Para comprender mejor la relación ente vegetación, hojarasca, humedad del suelo y erosión en un medio semiárido, se han realizado exhaustivas observaciones y numerosos análisis, en una parcela de 3.000 m² de superficie, situada en la cuenca neógeno-cuaternaria de Mula. La importancia de los efectos de las plantas en los procesos hidrológicos y de erosión fueron detectados desde el principio; los

primeros resultados de las pruebas de infiltración realizadas mostraron valores siempre superiores en suelos con vegetación que en suelos desnudos o con cubierta detritica; las diferentes respuestas obtenidas parecen ser debidas a los efectos de la hojarasca y de la materia orgánica incorporada al suelo (THORNES, 1985). En el presente trabajo, se presentan unos resultados preliminares acerca de la producción de biomasa en general y de la hojarasca en particular, así como la calidad y cantidad de hojarasca acumulada en el suelo, en un ecosistema de matorral abierto y bajo condiciones climáticas semiáridas mediterráneas muy contrastadas. Se estudian además las relaciones entre hojarasca, materia orgánica y humedad del suelo. Al examinar estos resultados conviene tener en cuenta que como todo muestreo, el realizado por nosotros, pese al elevado número de casos tomados es insuficiente y limitado; además la recogida mensual de muestras comenzó en un período en el que el Sureste de España y el área de estudio, estaba sometida a los efectos de una prolongada y extremada sequía paralizante de la producción vegetal, iniciada en 1981.

LOCALIZACIÓN, RASGOS GEOMORFOLÓGICOS Y CLIMÁTICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La parcela experimental en donde se siguen y controlan los procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos, se halla situada en la mitad oriental de la *Cuenca de Mula*, y a unos 3,5 km al NW del pueblo de Campos del Río, Hoja n.º 912; 23-26 (Mula) del M. T. N. escala 1/50.000 (640'6X - 4213'9Y).

En conjunto, el territorio comprendido en la *Cuenca de Mula* constituye una unidad morfoestructural bastante homogénea, rodeada de imponentes relieves: Sierra de Ricote (1.124 m), salvo por el flanco oriental que se abre al valle del Segura. Los materiales blandos que la rellenan, con predominio del complejo margo-arcilloso neógeno y coluviones cuaternarios, son particularmente sensibles a los procesos de erosión hídrica. Las características climáticas semiáridas acentuadas que soporta la comarca, junto a la escasa cubierta vegetal y las malas prácticas agrarias han configurado un paisaje subdesértico intensamente abarrancado en donde la erosión ha incidido vigorosamente.

Biotopos y biocenosis actuales son buenos reflejos del clima mediterráneo extremado, de este amplio sector del centro de la Región de Murcia. El territorio recibe unas precipitaciones que rara vez rebasa los 300 mm al año, con temperaturas medias anuales en torno a los

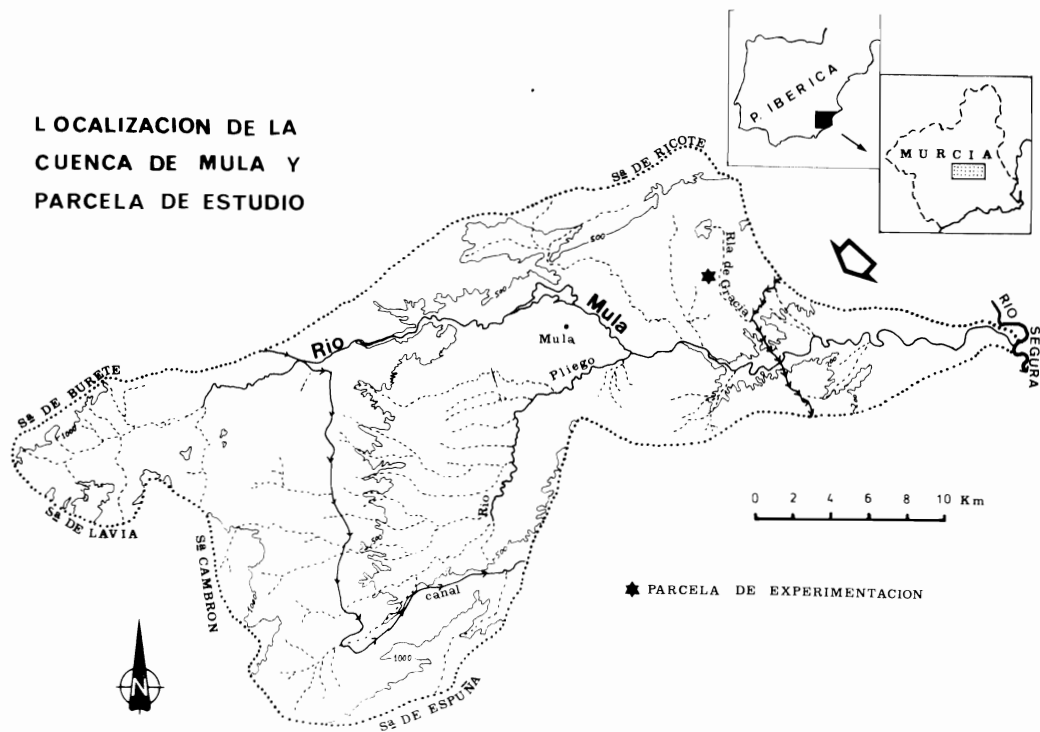


FIGURA 1. Cuenca de Mula, localización de la parcela de estudio.

Location of the study area on the Mula river basin

18°C. El número de días con temperaturas superiores a los 30°C, sobrepasa los 100 al año. La indigencia pluviométrica y el potencial evaporante de la atmósfera arrojan una evapotranspiración potencial que oscila alrededor de los 900 mm anuales. El balance hídrico es, pues, muy negativo, estableciéndose el déficit en unos 600 mm. El régimen de lluvias, característico de los climas mediterráneos, muestra dos máximos equinocciales, siendo abril y octubre los meses más lluviosos. Las precipitaciones suelen concentrarse en cortos períodos de tiempo, lo que repercute directamente en el poder erosivo por impacto y en proporcionar elevados coeficientes de escorrentía al actuar sobre materiales de notable erodibilidad.

Las condiciones bioclimáticas y la morfoestructura, son los responsables de la geometría y comportamiento de la red de drenaje. El curso de agua principal, el río Mula, presenta un régimen torrencial, con acusados y prolongados estiajes en los que deja de llevar agua, y espectaculares avenidas con desbordamientos, entonces sus caudales pueden rebasar amplia-

mente los 300 m³/sg. Su dinámica se asemeja, pues, a la de una potente *rambla*, curso efímero omnipresente en todo el dominio morfoclimático mediterráneo actual.

VEGETACIÓN Y SUELOS

La vegetación de la parcela está compuesta, fisionómicamente por un matorral bajo y discontinuo, según la clasificación de TOMASELLI (1981). En abril de 1984, un muestreo realizado al azar a lo largo de cinco transectos continuos, en cuadrados de 4 m², dio como resultado una superficie cubierta de vegetación del 35%; este valor se redujo al 22% en noviembre del mismo año, al desaparecer buena parte de las especies perennes y anuales, a causa de la prolongada y acusada sequía estival.

Las especies botánicas predominantes son *Brachypodium sp* y *Thymus sp*, registrándose en el conjunto de la parcela una concentración de la vegetación en la concavidad topográfica que presenta en el centro y en sentido longitu-

TABLA 1. Frecuencia de las principales especies en la cubierta vegetal (abril 1984)
Species occurrence on the plant cover (april 1984)

ESPECIES	FRECUENCIA (n=189)	% DE CUBIERTA
Suelo desnudo	189	64'8
<i>Brachypodium sp</i>	160	9'2
<i>Thymus sp</i>	175	8'6
<i>Stipa tenacissima</i>	67	7'0
<i>Fumana thymifolia</i>	77	0'8
<i>Sideritis leucantha</i>	74	1'3
<i>Salsola genistoides</i>	32	3'2
<i>Phlomis lychnitis</i>	8	0'1
<i>Rhamnus lycioides</i>	4	0'2
<i>Fumana ericioides</i>	10	0'1
<i>Helianthemum sp</i>	11	0'1
Otras especies herbáceas	147	4'3

TABLA 2. Algunos datos analíticos para un perfil de suelo representativo
Selected analytic data for a soil section type

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA	pH EN AGUA	CONDUCTIVIDAD umhos/cm	MATERIA ORGÁNICA %	ARENA %	ARCILLA %	LIMOS
A1 6-8 cm	8'5	46	5'5	6'2	40'8	53'0
A2 15-18 cm	8'4	50	3'7	6'2	46'9	46'9
AC 55-57 cm	8'5	108	1'7	4'2	55'8	40'1
C 120-122 cm	8'5	148	0'9	3'7	36'5	

dinal a la pendiente de la ladera. En la tabla 1 se recogen las especies muestreadas, su frecuencia y su porcentaje de participación en el total de la cubierta vegetal. La única especie leñosa que se da en la parcela y no se registra en el listado, por su escasez, es *Thymelaea hirsuta*. Por lo demás, el ecosistema estudiado es pastado, con cierta regularidad, por ganado mixto de ovejas y cabras.

La vegetación se asienta sobre suelos margosos (entisoles) de escasa diferenciación entre horizontes, pero con abundante materia orgánica hasta 25 cm de profundidad. La roca subyacente contiene gran cantidad de arcilla y es muy carbonatada (con un contenido medio del 55%), en cambio no es muy yesífera o salina; los suelos son alcalinos en reacción.

MÉTODOS

a) *Biomasa*: Las primeras medidas de biomasa fueron hechas en mayo de 1985 para *Thymus sp*, *Stipa tenacissima*, *Sideritis Leucantha* y *Brachypodium sp*, en conjunto representaron poco más del 25% de la vegetación de la parcela, en primavera. El método utilizado fue el análisis de dimensiones», usado en otros ecosistemas mediterráneos de arbustos (GRAY & SCHLESINGER, 1981). En el caso de las especies arbustivas, se seleccionaron diez plantas de

tamaño diferente, en un lugar próximo a la parcela para no alterar su cubierta vegetal. Se midió la altura, el diámetro de la corona vegetal y el diámetro máximo del tronco. Las raíces se excavaron cuidadosamente dejando al descubierto la práctica totalidad del aparato radicular hasta una profundidad que en algunos casos superó los 300 cm; en laboratorio se separaron las hojas de los tallos leñosos, fueron pesados y con posterioridad secados a 110°C. Relacionando estos datos con los procedentes de las dimensiones y cubierta vegetal de la parcela, se estimó la biomasa.

Para las especies herbáceas y *Stipa tenacissima* el método seguido fue el siguiente: se hicieron cuadrados de 20 x 20 cm. Se midieron las longitudes de las hojas de vegetación de su interior para cada especie y planta, posteriormente los ejemplares eran cortados a ras del suelo. La biomasa del aparato radicular fue estimada por excavado y puesta al descubierto en ese mismo cuadrado o mediante extracción de repetidas muestras de suelo hasta una profundidad de 30 cm. En los estudios iniciales de biomasa también se realizaron análisis químicos de las plantas recogidas. El material fue secado, pesado y liberado de la materia orgánica mediante ignición y soluciones ácidas, determinando con posterioridad el contenido de Ca, Mg, K, Na por espectrofotómetro de absorción atómica y el contenido de P por colorimetría.

b) *Hojarasca caída*: Las hojas y tallos desprendidos de la vegetación han sido recolectados durante dos años (desde marzo de 1984) en trampas colocadas individualmente en especies perennes de la parcela, incluyendo *Thymelaea hirsuta*, pero excluyendo *Bra-*

chypodium sp por los problemas que planteaba la obtención de sus restos desprendidos y esparcidos por el suelo.

En febrero de 1985, se colocaron nuevas trampas con objeto de obtener más muestras de *Stipa tenacissima*, *Thymus sp* y *Sideritis leucantha*. Las trampas fueron confeccionadas con malla de polipropileno de 1 mm de luz y colocadas a modo de cono invertido alrededor de los ejemplares de plantas seleccionadas. Este modelo de trampa se hizo con objeto de minimizar las pérdidas de hojarasca debidas al viento o a los animales, si bien se registraron mermas inevitables debidas al fuerte viento que sopla durante algunos días del invierno. La recolección y pesada de la hojarasca caída y acumulada en las trampas se ha realizado con regularidad los primeros días de cada mes y, desde julio de 1984 se analizaron también los contenidos en Ca, Mg, Na y P.

c) *Hojarasca sobre el suelo, materia orgánica y humedad del suelo*: Estos elementos han sido medidos en cuatro ocasiones: noviembre de 1983, abril y noviembre de 1984 y mayo de 1985. En abril de 1984 fueron muestreados al azar 100 cuadrados de 2×2 m de 750 que son los que cubren la parcela; en noviembre de 1984 y mayo de 1985 el muestreo se realizó en cuadrados emplazados sistemáticamente en transectos (FRANCIS *et al.*, 1985). La hojarasca acumulada en la superficie del suelo y la materia orgánica incorporada al mismo en los cuatro primeros centímetros de espesor se midieron usando cajas Kubierna; la hojarasca de las muestras secas era apartada mediante

tamizado manual. La materia orgánica hubo de ser lavada muy cuidadosamente para eliminar todo el carbonato cálcico del suelo que impregnaba los restos de vegetación desprendidos. En la hojarasca, recogida en abril de 1984, se analizaron los contenidos en Ca y Mg, y después de lavados con ácido sulfúrico, se cuantificó el C mediante combustión húmeda y el N por el método de Kjeldahl. Estas determinaciones químicas fueron hechas porque la descomposición e incorporación de hojarasca de las plantas a la superficie del suelo depende no sólo del carácter químico, biológico y físico del suelo, sino también de la naturaleza orgánica e inorgánica de la propia hojarasca. La materia orgánica y la humedad fueron también medidas en muestras de suelo a profundidades de 7.5 y 25 cm, estimándose por la pérdida de peso registrada después de la ignición a 375°C durante 48 horas; este procedimiento inhibe la descomposición del carbonato. La humedad del suelo fue determinada por termogravimetría.

RESULTADOS

a) *Biomasa*: Los cuatro componentes vegetales más importantes respecto a la cantidad de biomasa por unidad de superficie fueron: *Stipa tenacissima* (3.100 g/m²), *Thymus sp* (800 g/m²), *Brachypodium sp* (500 g/m²) y *Sideritis leucantha* (300 g/m²). En todos los casos,

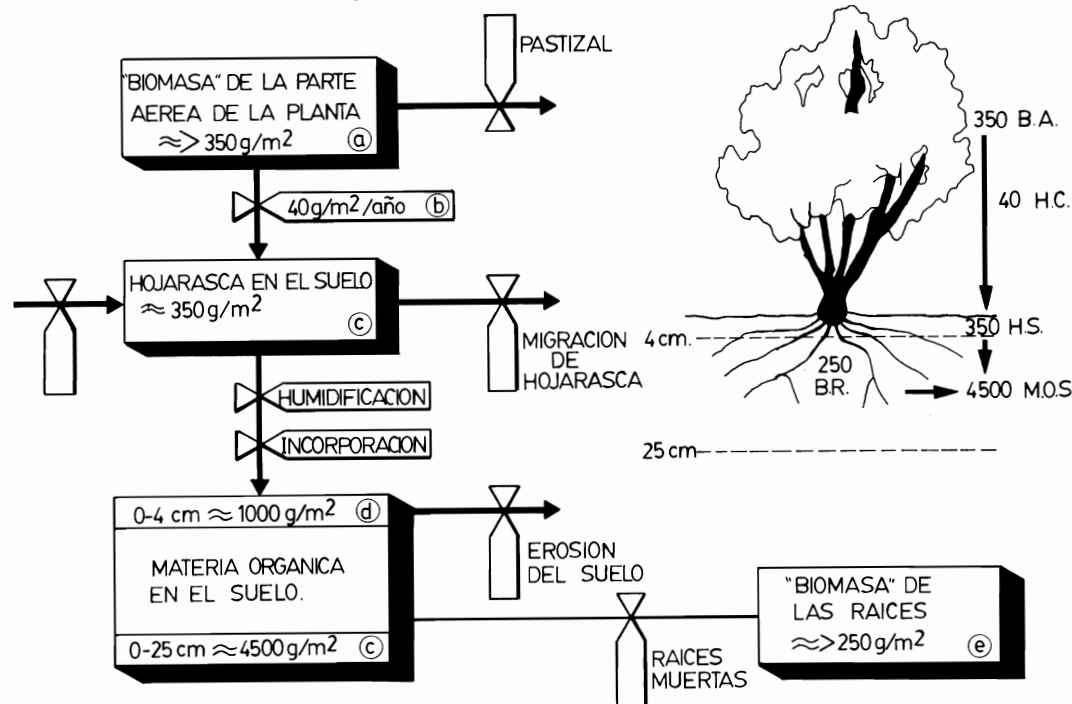


FIGURA 2. Modelo sobre la producción de biomasa, materia orgánica y su incorporación al suelo en el ecosistema mediterráneo semiárido estudiado.

Patterns of biomass production, organic matter and its soil integration on the studied semiarid mediterranean ecosystem

la biomasa acumulada en la superficie del suelo, correspondiente a las partes aéreas, superó a la biomasa de las raíces con cocientes de 0'8, 0'3, 0'8, y 0'4 respectivamente. Extendiendo estos datos a la totalidad de la parcela, se obtiene un valor mínimo en torno a 350 g/m² para la biomasa del vuelo y de 250 g/m² para la biomasa de raíces (fig. 2). El porcentaje de participación de *Thymus sp* en la biomasa verde (hojas y ramas), basado en el análisis de diez plantas, es del 25%, y para *Sideritis leucantha* del 27%. Por otra parte, la cantidad de biomasa de *Stipa tenacissima* que está muerta aunque entremezclada con los tallos vivos de la planta, varía desde un 20% para plantas jóvenes a más de un 60% para plantas adultas, por ello, el esparto es la más importante fuente de hojarasca y materia orgánica para el suelo, en este ecosistema mediterráneo de acusada aridez.

La distribución de biomasa de los aparatos radiculares de las plantas varía entre las especies; sin embargo, se constata que la mayoría de las raíces se concentran en los 30 primeros centímetros de suelo, especialmente para las especies herbáceas de raíces fibrosas. Las plantas de *Stipa tenacissima*, especialmente las más desarrolladas, muestran que aproximadamente la mitad de sus raíces se hallan a menos de 10 cm del suelo. *Thymus sp* no tiene raíces profundas, la raíz mayor de las plantas adultas suele crecer de forma lateral a unos 30 cm de profundidad. En contraposición *Sideritis leucantha* tiene una larga raíz central que alcanza como mínimo 50 cm para las plantas de desarrollo mediano, las demás raíces son muy pequeñas. De manera similar *Salsola genistoides* presenta una raíz principal muy larga, un ejemplar común de 70 cm de altura presenta una raíz central de más de 3 m de profundidad, si bien la mayor parte de las raíces se desarrollan hasta los 55 cm de la superficie.

El análisis químico de biomasa fresca da resultados muy variables entre las diferentes plantas. La concentración de elementos en hojas verdes de *Stipa tenacissima* fue: 0'1% Ca, 66 ppm Mg, 372 ppm K, 17 ppm Na y 87 ppm

P. Sorprendentemente, las concentraciones en raíces y hojas muertas, aunque adheridas a las plantas, fueron con frecuencia más altas: por ejemplo 0'5% Ca en hojas muertas de *Stipa tenacissima*. Por otro lado, retoños nuevos de *Sideritis leucantha* mostraron las concentraciones más altas de nutrientes: 0'4% Ca, 188 ppm Mg, 801 ppm K, 367 ppm Na y 765 ppm P.

b) *Hojarasca caída*: Los valores medios anuales de las hojas y tallos desprendidos de plantas individuales, así como su estimación se recogen en la tabla 3. Estos datos, más los que se derivan de las trampas colocadas en *Stipa tenacissima*, *Sideritis leucantha* y *Thymus sp*, han sido combinados con el total de la cubierta vegetal de la parcela; el resultado, en una primera aproximación, de caída de hojarasca para esta comunidad de matorral, es de 40 g/m²/año.

Las variaciones estacionales de la caída de hojarasca fueron muy importantes (fig. 2 a y b) en el período de los dos años estudiados. De manera clara, el modelo mensual de caída de hojarasca varía entre las diferentes plantas y también para una misma especie, debido a los efectos de las variaciones del tiempo y edad de la planta. *Stipa tenacissima*, que es la planta de mayor producción de hojarasca, registra un máximo de caída de mayo a julio; es decir después de las lluvias de primavera. Otra especie arbustiva importante en la parcela, *Salsola genistoides*, produce mucha menos hojarasca con un máximo en invierno. Dos plantas arbustivas de pequeño porte pero abundantes, *Thymus sp* y *Sideritis leucantha* lo presentaba en otoño. *Rhamnus lycioides* tiene un máximo en julio para cada año, pero *Thymelaea hirsuta* es muy variable, no obstante ambas especies no son muy frecuentes en el ecosistema en el que se halla la parcela. *Phlomis lycnitis* con un período relativamente corto de vida perdió la mayor parte de la hojarasca en junio. La falta de datos para *Brachypodium sp* y los diferentes comportamientos para las demás especies restringen la exactitud de las generalizaciones; no obstante, sí es posible afirmar, tras dos años de análisis, que el período de mayor actividad en

TABLA 3. Promedio anual de hojarasca caída de las principales plantas perennes (marzo 1984-febrero 1986)

Values for the mean dead leaves loss of the most important evergreen plants

	PESO TOTAL (g)	HOJARASCA CAÍDA (g/m ²)
<i>Stipa tenacissima</i>	98'6	253'3
<i>Phlomis lycnitis</i>	13'5	234'1
<i>Sideritis leucantha</i>	16'8	132'2
<i>Thymus sp</i>	25'4	128'3
<i>Rhamnus lycioides</i>	73'7	78'9
<i>Salsola genistoides</i>	60'9	73'6
<i>Thymelaea hirsuta</i>	12'4	29'5

TABLA 4. Composición química media de la hojarasca recogida en trampas (julio 1984-mayo 1985), sobre pesos en seco

Chemical composition of the dead leaves obtained with samples (july 1984-may 1985), dry weight

	CALCIO ppm	MAGNESIO ppm	POTASIO ppm	SODIO ppm	FOSFORO ppm
<i>Stipa tenacissima</i>	1.400	110	90	14	32
<i>Salsola genistoides</i>	6.000	540	1.080	47	80
<i>Rhamnus lycioides</i>	2.900	380	330	45	65
<i>Thymus sp</i>	4.900	320	780	39	68
<i>Sideritis leucantha</i>	7.300	570	1.080	57	80
<i>Phlomis lycnitis</i>	3.600	520	170	16	35
<i>Thymelaea hirsuta</i>	6.800	340	240	30	75

la caída de hojarasca en este ecosistema se da entre abril y junio.

Los datos medios de la composición química de la hojarasca caída se recogen en la tabla 4. Puede constatarse cómo *Stipa tenacissima* es particularmente pobre en nutrientes, mientras que *Salsola genistoides*, *Sideritis leucantha* y *Thymelaea hirsuta* presentan una mayor riqueza. Para estos datos químicos el tiempo de estudio ha sido corto, pero en algunos casos los valores mensuales muestran que el contenido en nutrientes de la hojarasca disminuye cuando la caída de hojarasca es máxima. Por ejemplo, el contenido en P en la hojarasca de *Salsola genistoides* alcanzó un valor mínimo de 1 ppm en febrero de 1985, mientras que el máximo de 263 ppm se registró en mayo del mismo año. *Stipa tenacissima* parece mostrar una tendencia contraria, excepto en los valores que permanecen estables.

c) *Hojarasca, materia orgánica y humedad del suelo*: La hojarasca sobre la superficie del suelo, muestreada en cajas Kubierna, dio valores medios de 1'35 g (equivalentes a 0'283 kg/m²) en abril de 1984, y 2'1 g (equivalentes a 0'437 kg/m²) en noviembre de 1984. Estos datos son por término medio de 0'35 kg/m² para el modelo reflejado en la figura 2. La distribución de los valores de hojarasca está sesgada negativamente en la mayoría de las observaciones, aunque de forma local, en el intervalo 0-2 g, sobre todo bajo *Stipa tenacissima* y *Salsola genistoides*. Por otro lado, al haber utilizado cajas de pequeñas dimensiones (47 cm²) para sacar las muestras, las variaciones registradas en superficies de 1 m² pudieron ser importantes.

Los resultados de las determinaciones de Ca, Mg, C y N de la hojarasca superficial (n=65) reflejan una importante dispersión, quizás debido a las variaciones de las plantas y a las reducidas dimensiones del área de muestreo. Por término medio, el Ca es del 0'17% para peso seco ($\sigma=0'19\%$) con un máximo de 1'1% y la media de Mg de 0'07% ($\sigma=0'07\%$), valores

que representan un tercio y un sexto de las medias para estos mismos elementos en hojarasca fresca (tabla 4).

En contraste con la hojarasca, los niveles de materia orgánica cerca de la superficie están distribuidos con normalidad (FRANCIS *et al.*, 1985), con medias del 3'2% del peso, en abril de 1984, y del 4'7% en noviembre de 1984, y un máximo próximo al 10%. El muestreo de la materia orgánica subsuperficial en abril de 1984 mostró una distribución de valores a 7'5 cm de profundidad más o menos idéntica a los valores de la superficie, pero a 25 cm los valores de materia orgánica se reducen a la mitad (tabla 5). Por el muestreo realizado en noviembre de 1984, se constató como la mayoría de los lugares que presentaban mayor cantidad de materia orgánica se hallan concentrados en la pequeña vaguada central de la parcela. Usando como valor normal el 4% de materia orgánica incorporada en los cuatro primeros centímetros del suelo, más la hojarasca superficial, y una densidad aparente de suelo de 0'6 g/cc (basado sobre muestras recogidas en noviembre de 1983), la materia orgánica total de la superficie del suelo puede estimarse en 1.000 g/m² (fig. 2).

Los valores medios de humedad del suelo en superficie, reflejan las contrastadas variaciones entre los períodos de lluvia y sequía; los resultados globales han sido expuestos en otro trabajo (FRANCIS *et al.*, 1985). A finales de mayo de 1985 la humedad superficial del suelo fue de un 23'3% y a 25 cm de profundidad del 19%. Los transectos muestreados a través de la parcela, en 1984, indican de modo claro cómo los valores más altos de humedad se concentran en la concavidad topográfica central de la parcela, siendo significativamente bajos en los interfluvios marginales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Pese a lo incompleto de los datos, es posible

extraer como conclusión que, el ecosistema analizado posee escasa biomasa comparada con otros ecosistemas mediterráneos (GRAY & SCHLESINGER, 1981; RAPP & LOSSAINT, 1981; MARTÍN & ESCARRE, 1980; ESCUDERO *et al.*, 1985; MARTÍN DE AGAR, 1979). Sin embargo, la mayoría de los ecosistemas estudiados hasta ahora, lo han sido en áreas más húmedas, con matorral denso o discontinuo, pero no disperso, como el examinado en la Cuenca de Mula. Los niveles de biomasa en el área de estudio, se asemejan más a ciertas comunidades desérticas, si bien características tales como la relación biomasa radicular/biomasa aérea son comparables con la obtenida en otros ecosistemas mediterráneos (KUMMEROW, 1981). Parece evidente que esta baja producción de hojarasca está ligada a la escasez de biomasa, observación y valores que también han sido dados por otros autores recientemente (READ & MITCHELL, 1983); sin embargo, la producción de hojarasca de plantas individuales es comparable con los valores generales ofrecidos para los ecosistemas de chaparral y garriga. El ritmo mensual de producción global de hojarasca de todas las especies de esta comunidad vegetal, registra un máximo menos pronunciado que el obtenido en otros lugares, si bien se observa un comportamiento similar en el acusado descenso de la producción de hojarasca después de julio y en el mínimo invernal. Por ahora, no es posible establecer correlaciones entre los máximos secundarios de la producción de hojarasca, por el carácter esporádico que ofrecen las lluvias de tormentas en este territorio semiárido peninsular. Otros investigadores lo han hecho en ecosistemas mediterráneos menos contrastados como son los de SE de Francia y California (RAPP & LOSSAINT, 1981; SPECHT, 1982; GRAY, 1983). Los bajos niveles de fósforo indican que podría ser un factor limitativo, además del clima, para controlar la productividad de este lugar. Los altos valores de pH y la lenta mineralización de la materia orgánica en ambiente seco podrían restringir el uso del fósforo por las plantas. La biomasa y hojarasca de *Sideritis leucantha* es mucho más rica en nutrientes que otras especies estudiadas. Por otro lado se encontró, que la hojarasca es más rica en nutrientes que la materia fresca para todos los ejemplares de *Stipa tenacissima* y en algunos de *Sideritis leucantha* (tabla 4). GRAY (1983) encontró un modelo similar para Ca y Mg en algunos arbustos de California. Los análisis químicos de la hojarasca sobre el suelo para Ca y Mg, indican una caída significativa en su concentración, en comparación a otros elementos de las plantas. Este hecho sugiere lixiviaciones importantes de algunos materiales

inorgánicos de hojas resistentes que no se han incorporado al suelo durante mucho tiempo.

La distribución de hojarasca sobre la superficie de suelo parece estar relacionada con la distribución de la cubierta vegetal en la parcela. Un análisis de todos los datos obtenidos en 1984 reveló una correlación significativa entre ambas, con un nivel de explicación menor del 25% de la varianza (tabla 5). Cuando los datos se distribuyeron en grupos según su posición topográfica en el terreno, entonces la relación mejoró sobre los interfluvios laterales de la parcela ($r=0.71$ entre cubierta y hojarasca), pero en otros lugares la relación fue débil. Cuando los datos se examinaron, mediante medias móviles a lo largo de transectos, en algunos casos la relación entre cubierta vegetal y hojarasca fue muy alta y significativa ($r=0.61$; $r=0.79$), pero en otros casos no fue así. En general, el examen de los datos muestra valores de cubierta más bajos (15%) cuando se establecen correlaciones con pesos de hojarasca inferiores a 2 g; la distribución superficial puede explicar esta anomalía. Por otra parte, se pensó que el movimiento de hojarasca sería más amplio sobre los segmentos de ladera de mayor inclinación; por ello, se examinó la relación entre pendiente máxima y cantidad de hojarasca para la totalidad de las cuadrículas de la parcela. Los resultados no fueron, sin embargo, muy significativos (tabla 5). Parte de la respuesta puede estar ligada a la composición de las especies de la cubierta, al tamaño y a la edad de las plantas. En definitiva, la cubierta vegetal sobre la parcela no tiene una capacidad de producción de hojarasca uniforme (tabla 3).

El contenido en materia orgánica en el suelo, cerca de la superficie, si que presenta una correlación alta y significativa con la cantidad de hojarasca ($r=0.55$; tabla 5), así como con la cubierta vegetal ($r=0.53$).

Los datos obtenidos a lo largo de los transectos realizados sobre el espacio encerrado de la parcela, son los que presentan las correlaciones más interesantes y significativas incluyendo las variables de humedad edáfica. La clave de estas relaciones es la materia orgánica contenida en el suelo, la cual guarda una estrecha relación con los niveles de humedad en la mayoría de los casos; la única excepción a esta observación general se registró en noviembre de 1984.

La distribución de la hojarasca influye de modo significativo en la hidrología de la parcela estudiada. Sin embargo, para obtener una comprensión total de su dinámica se requeriría una investigación completa de todos los comportamientos y los procesos que se identifican en el modelo expuesto en la figura 2.

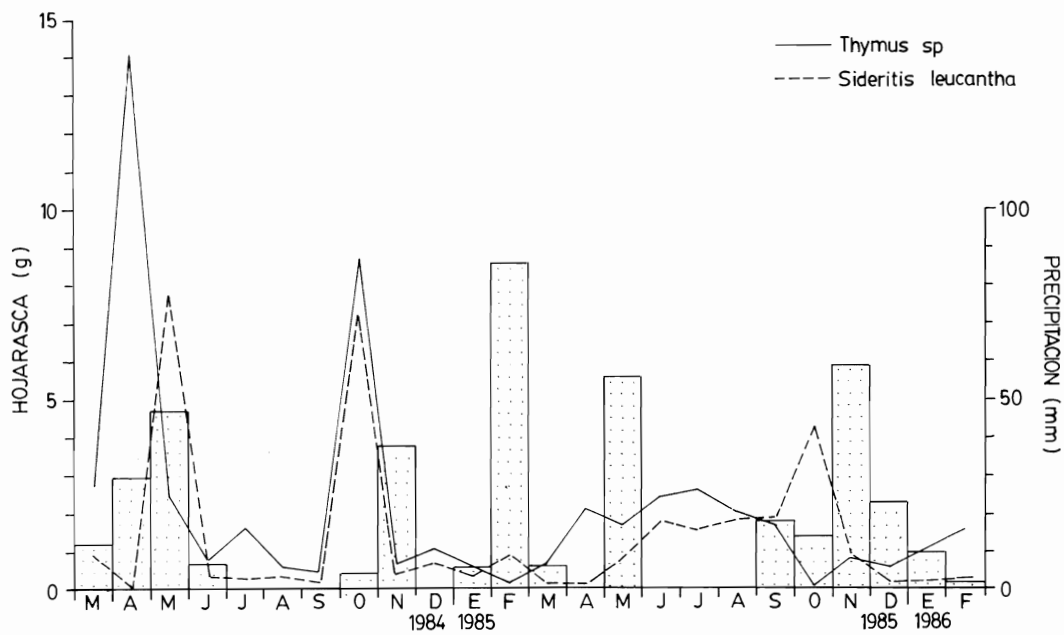
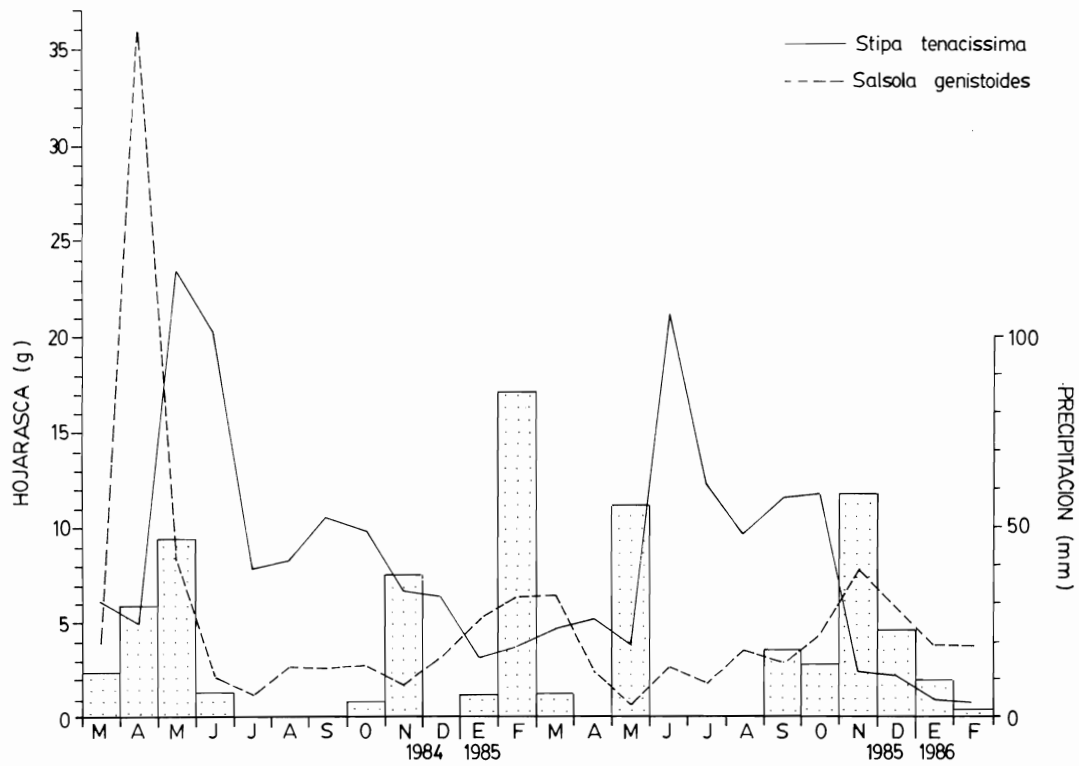


FIGURA 3. Relaciones entre producción de hojarasca de cuatro especies significativas y lluvias (marzo 1984 - febrero 1986).

Relationships between the dead leaves production and the precipitation for four species (march 1984-february 1986)

TABLA 5. Correlaciones estadísticas entre el peso de la hojarasca en la superficie del suelo y otras características del ecosistema

Statistic correlation between dead leaves weight on the soil surface and another ecosystem characteristics

ABRIL 1984 (TODOS LOS DATOS)	
Materia orgánica del suelo, 7'5 cm	0'00
Materia orgánica del suelo, 25 cm	0'05
Humedad del suelo, 7'5 cm	0'12
Humedad del suelo, 25 cm	0'39**
NOVIEMBRE 1984. MAYO 1985 (TODOS LOS DATOS)	
Cubierta vegetal	0'46**
Materia orgánica del suelo, 7'5 cm	0'55**
Humedad del suelo, 7'5 cm (noviembre)	-0'02
Humedad del suelo, 25 cm (noviembre)	0'04
Pendiente	0'15
Cubierta vegetal, Transecto 03	0'12
Cubierta vegetal, Transecto 07	0'61**
Cubierta vegetal, Transecto 21	0'58**
Cubierta vegetal, Transecto 39	0'32
Materia orgánica del suelo, Transecto 03	-0'16
Materia orgánica del suelo, Transecto 07	0'96**
Materia orgánica del suelo, Transecto 21	0'58**
Materia orgánica del suelo, Transecto 39	0'32

** Nivel de significación del 1%.

La correlación entre la incorporación de hojarasca al suelo y los niveles de materia orgánica están particularmente influenciados por cuatro procesos que, por el momento aún no se conocen en profundidad.

a) *El pastoreo*: Reduce la cantidad de biomasa y en consecuencia la caída de hojarasca al suelo y su incorporación al mismo. El retorno de materia orgánica por los excrementos del ganado es insignificante, por las muestras de suelo analizadas.

b) *La pérdida de hojarasca*: Es importante dentro y fuera de la parcela. Se sabe que una cantidad sustancial de hojarasca es transportada por el viento y escorrentías superficiales, porque suele acumularse, bien detrás de las plantas mayores, en las cajas Gerlach o en los grandes colectores que recogen las aguas de escorrentía, instalados en la parcela (LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.*, 1985). Si bien aún no se han cuantificado los movimientos de sedimentos orgánicos, parece ser que *Thymus sp* es la especie cuya hojarasca posee mayor capacidad de migración.

c) *La descomposición de la hojarasca*. El método que normalmente se utiliza para medir la descomposición de la hojarasca es el empleo de bolsas especiales de malla de nylon. Se introduce en ellas una cantidad de hojarasca conocida y se deja sobre la superficie del suelo, haciendo medidas con regularidad para verificar

las pérdidas de peso. Este método no ha sido realizado con periodicidad sobre la parcela pero experiencias realizadas en otros ecosistemas mediterráneos (READ & MITCHELL, 1983) indican pérdidas de peso en torno al 20% al año y cambios completos en 2-5 años, en matorral de chaparral. Algunos cálculos realizados, por comparación entre valores medios correspondientes al intervalo de tiempo noviembre-abril de 1985, indican una pérdida del 35% de hojarasca superficial.

d) *Muerte y descomposición de raíces*. Aunque existen datos acerca de la biomasa radicular y su contribución al contenido de materia orgánica en el suelo, así como la forma de consumo de agua por las plantas, apenas se conocen las causas del crecimiento y muerte de las raíces. La dificultad que ofrecen las medidas se reflejan en el limitado conocimiento que se tiene sobre estos procesos tanto para los ecosistemas mediterráneos como para los otros medios; una primera estimación de la renovación de las raíces en el suelo podría ser del 10-20% por año. El modelo espacial de incorporación de materia orgánica al suelo, puede explicar, en parte, la pobre relación que existe, a veces, entre la cubierta vegetal, hojarasca y contenidos en materia orgánica del suelo; los sistemas de raíces de los arbustos mediterráneos y medios desérticos se extienden en distancias entre 2 y 20 veces el diámetro de la corona (KUMMEROW, 1981), nuestras excava-

TABLA 6. Producción de hojarasca. Valores mensuales de hojarasca recogida (g/m²) desde marzo de 1984 a febrero, en trampas colocadas alrededor de cada ejemplar representativo

Dead leaves production. Mean monthly values of the dead leaves obtained from march 1984 at february, with traps placed around of each specimen type

GÉNERO	1984									
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Sideritis leucantha</i>	1'00	0'03	7'75	0'30	0'20	0'30	0'20	7'28	0'34	0'68
<i>Salsola genistoides</i>	3'80	36'14	8'17	2'04	1'20	2'70	2'60	2'80	1'72	3'14
<i>Phlomis lycnitis</i>	0'70	0'33	1'86	3'37	1'80	1'80	0'60	0'50	1'66	0'87
<i>Thymelaea hirsuta</i>	0'40	2'36	1'80	2'25	1'20	0'30	0'40	0'44	0'17	0'24
<i>Stipa tenacissima</i>	6'10	5'14	23'40	20'07	7'90	8'30	10'50	9'85	6'60	6'40
<i>Thymus sp</i>	2'70	14'18	2'50	0'74	1'60	0'60	0'50	8'57	0'73	1'02
<i>Rhamus lycioides</i>	2'30	9'90	1'41	6'12	13'10	5'40	0'70	5'74	0'59	1'60

GÉNERO	1985												1986	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
<i>Sideritis leucantha</i>	0'38	0'95	0'18	0'16	0'80	1'78	1'60	1'94	1'78	4'30	0'90	0'16	0'22	0'30
<i>Salsola genistoides</i>	5'18	6'38	6'38	2'57	0'63	2'70	1'90	3'45	2'90	4'20	7'70	5'62	3'96	3'80
<i>Thymelaea hirsuta</i>	0'06	0'46	0'86	0'40	0'60	3'68	1'96	1'09	1'44	4'50	0'00	0'00	0'10	0'00
<i>Stipa tenacissima</i>	3'08	3'76	4'74	5'14	3'96	21'08	12'10	9'58	11'46	11'80	2'28	2'22	0'90	0'70
<i>Thymus sp</i>	0'60	0'18	0'72	2'08	1'69	2'36	2'58	1'96	1'70	—	0'84	0'52	1'02	1'50
<i>Rhamnus lycioides</i>	1'76	2'32	0'56	13'96	3'20	11'56	18'56	9'84	5'17	8'10	6'07	4'74	2'56	2'20
<i>Phlomis lycnitis</i> , esta planta se secó.														

ciones y puesta al descubierto de los aparatos radiculares de distintas especies, sugieren que un intervalo entre 2 y 10 veces es más apropiado para el ecosistema mediterráneo estudiado, en el centro de la Región de Murcia, SE de la península ibérica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FISHER, G. C.; ROMERO DÍAZ, A.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; THORNES, J. B.; FRANCIS, C. 1985. «Plant litter production and its effect in an eroding Mediterranean Ecosystem, Mula, SE Spain». *IX Coloquio de Geografía*. Asociación de Geógrafos Españoles y Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, tomo I: 13 pp.
- FRANCIS, C. F.; THORNES, J. B.; ROMERO DÍAZ, A.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; FISHER, G. C. 1986. «Topographic control of soil moisture, vegetation cover and land degradation in a moisture stressed Mediterranean environment. *Catena*. Vol. 13, n.º 2: 211-225.
- GRAY, J. T. 1983. «Nutrient use by evergreen and deciduous shrubs in southern California». *Journal of Ecology*, 71: 21-42.
- GRAY, J. T.; SCHLESINGER, W. H. 1981. «Biomass, production and litterfall in the coastal sage scrub

of southern California». *American Journal of Botany*, 68: 24-33.

- KUMMEROW, J. 1981. «Structure of roots and root systems». In: F. de Castri, D. W. Goodall, R. L. Specht (Eds.), *Mediterranean Type shrublands*. Amsterdam.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, A.; FISHER, G. C.; FRANCIS, C. F.; THORNES, J. B. 1985. «Erosión y ecología en la España semiárida (Cuenca de Mula, Murcia)». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, XI, 3-4: 113-126.
- MARTÍN, J.; ESCARRE, A. 1980. «Datos de fenología, reducción de hoja y variaciones estacionales de la composición foliar, en cuatro especies del matorral costero del mediterráneo meridional ibérico». *Mediterránea*, n.º 4: 69-87.
- MARTÍN DE AGAR, P. 1979. *Biomasa de las especies de matorral de la R.B.D. Modelos de predicción*. Tesina de licenciatura, Departamento de Ecología. Universidad de Murcia.
- ORNDOFF, K. A.; LANG, G. E. 1981. «Leaf litter redistribution in a W Virginia hardwood forest». *Journal of Ecology*, 69: 255-236.
- RAPP, M.; LOISSANT, P. 1981. «Some aspects of mineral cycling in the Garrigue of Southern France». In F. de Castri et al (Eds.) *Ibid*.
- READ, D. J.; MITCHELL, D. T. 1983. «Decomposition and mineralization processes in Mediterranean-type ecosystems». In: Kruger, F. J.; Mitchell, D. T. and Jarvis, J. U. M., *Mediterranean-type ecosystems the role of nutrients*. Berlin.

- SPECHT, R. L. 1982. «General characteristics of Mediterranean-type ecosystems». In: *Procs. Symposium on Dynamics and Management of Mediterranean-type ecosystems*. Berkeley.
- THORNES, J. B. 1985. «The ecology of erosion». *Geography*, 70: 222-236.
- TOMASELLI, R. 1981. «Main physiognomic types and geographic distribution of shrub systems related to Mediterranean climates». In: F. de Castri *et al.* (Eds.) *Ibid.*
- WALSH, R. P. D.; VOIGT, P. J. 1977. «Vegetation litter: an underestimated variable in hydrology and geomorphology». *Journal of Biogeography*, 4: 253-274.