

APOORTE DE HOJARASCA AL SUELO EN UN BOSQUE MEDITERRÁNEO

Carmen M. Navarro / Ignacio M. Pérez-Ramos / Teodoro Marañón
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC

RESUMEN

La dinámica de la hojarasca constituye un importante aspecto del ciclo de nutrientes y de la transferencia de energía en los ecosistemas forestales. En el presente estudio se ha cuantificado la cantidad de hojarasca caída al suelo en tres parcelas de bosque típicamente mediterráneo, localizadas en el Parque Natural Los Alcornocales (Cádiz-Málaga).

La producción media anual de hojarasca medida en este bosque fue de 387,3 g m⁻², siendo comparable con la estimada en otros ecosistemas forestales mediterráneos. Se han encontrado diferencias significativas entre las tres parcelas experimentales en los valores de producción de hojarasca. En general, unos niveles menores del índice de área foliar (LAI), unas temperaturas más frías y un mayor grado de manejo del bosque tienden a reducir la cantidad de hojarasca aportada al suelo.

El patrón temporal de caída de hojarasca se ha caracterizado por presentar los valores más altos de producción durante la estación seca. El predominio de especies de hábito perennifolio, como el alcornoque, que se deshacen de buena parte de su biomasa foliar cuando sufren los primeros síntomas de estrés hídrico, explica este patrón temporal. Este fenómeno se ha interpretado como una estrategia adaptativa para afrontar las demandas hídricas y nutritivas durante esa época adversa del año.

Palabras clave: alcornocal, caducifolio, ciclo de nutrientes, perennifolio, *Quercus suber*, *Quercus canariensis*.

INTRODUCCIÓN

El retorno anual de materia orgánica y elementos minerales al suelo a través de la hojarasca es uno de los principales factores de renovación de los ecosistemas forestales (Palma, 1998). La acumulación de compuestos orgánicos en la superficie del suelo induce la formación de la capa de humus. Este aporte provisional de elementos minerales, que son liberados gradualmente mediante procesos de descomposición, garantiza la permanente contribución de nutrientes al suelo (Hernández *et al.*, 1992; Cuevas y Medina, 1998). La dinámica de la hojarasca constituye, por tanto, un importante aspecto del ciclo de nutrientes y de la transferencia de energía en los ecosistemas forestales (Maguire, 1994; Vitousek *et al.*, 1995).

Los mecanismos de incorporación de elementos minerales al suelo del bosque pueden ser diversos: la meteorización química de las rocas subyacentes, la fijación de nitrógeno atmosférico a través de algunos microorganismos, la caída de hojarasca, la escorrentía superficial y el lavado de las hojas. Entre ellos, el aporte debido a la hojarasca ha mostrado ser el proceso más importante de transferencia de nutrientes al suelo (Bray y Gorham, 1964; Berg y Meentemeyer, 2001).

Las prácticas forestales pueden alterar de forma importante los patrones de caída de hojarasca y retorno de nutrientes al suelo, ya que dependen directamente de la biomasa aérea del bosque (Shing *et al.*, 1999). En la gestión del bosque mediterráneo, y en especial en el monte alcornocal, es frecuente la práctica de rozas del sotobosque y aclareos de árboles enfermos. Estos tratamientos selvícolas tienen como objetivo aumentar la producción de corcho, eliminar la competencia del estrato arbustivo y reducir el riesgo de incendios al disminuir la acumulación de biomasa combustible. Al reducir la biomasa aérea de los estratos arbóreo-arbustivos, la práctica de este tipo de tratamientos puede repercutir en la producción de hojarasca y, por tanto, en el contenido de nutrientes del suelo.

La caída de las hojas en un bosque suele seguir un patrón estacional, que varía dependiendo de su composición y de las condiciones ambientales. En los bosques de clima templado, donde el invierno es crudo pero el verano es húmedo (sin aridez estival), las especies de árboles predominantes son caducifolias, es decir, se deshacen de la mayor parte de sus hojas durante el otoño con el fin de reducir la demanda de carbono y agua durante el invierno. En la península Ibérica, este tipo de estrategia foliar se encuentra mayoritariamente distribuida por el tercio norte (zona templada) o por las zonas más sureñas pero con alta humedad ambiental (p. ej. en los bosques de ribera). Por el contrario, la mayor parte de árboles y arbustos de la cuenca Mediterránea tienen hábito perennifolio, es decir, mantienen la mayor parte de su biomasa foliar durante todo el año y la caída de la hoja no es un fenómeno tan marcado como en las caducifolias. Aunque estas especies perennifolias suelen desprenderse de sus hojas a lo largo de todo el año para renovar el follaje, en algunas épocas concretas el fenómeno de abscisión foliar es mucho más importante. Normalmente, los períodos de máxima caída de hojarasca coinciden con finales de la primavera y comienzos del verano, lo cual se puede interpretar como una estrategia adaptativa para afrontar la sequía estival, característica del clima mediterráneo.

Los objetivos principales del presente estudio han sido: 1) Cuantificar la cantidad de hojarasca producida durante un año, en tres parcelas experimentales de bosque típicamente mediterráneo localizadas en el Parque Natural Los Alcornocales. 2) Investigar los principales factores que determinan las diferencias entre parcelas en sus valores de producción de hojarasca. 3) Estudiar el efecto de las prácticas de rozas y aclareos del sotobosque, en cada parcela. 4) Caracterizar el patrón estacional de la caída de las hojas, haciendo mayor hincapié en las dos especies predominantes: el alcornoque (*Quercus suber*) de hoja perenne y el quejigo (*Quercus canariensis*) de hoja marcescente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Natural Los Alcornocales tiene una extensión de 170.000 has, en su mayor parte en la provincia de Cádiz, y una pequeña parte en Málaga. El relieve es accidentado y con fuertes pendientes, formando las sierras del Aljibe y del Campo de Gibraltar. Las alturas no superan en general los 900 m (exceptuando el pico del Aljibe, con 1094 m de altitud), pero dan al conjunto un fuerte aire agreste que destaca de las suaves lomas y llanuras circundantes y del propio nivel del mar (Blanco *et al.*, 1991). La geología dominante está formada por areniscas oligo-miocénicas (formación del Aljibe), con alternancia de margas y arcillas en las zonas más bajas y presencia de afloramientos calizos dispersos. Esta variabilidad geológica, junto a las variaciones geomorfológicas y microclimáticas (temperatura, humedad e insolación) originan una considerable variabilidad de suelos (Bellinfante *et al.*, 1997; Jordán *et al.*, 1997). Las temperaturas son suaves en todo el área, con una media anual de 17°C. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 763 y 1.180mm, debido a la influencia del relieve montañoso (Torres, 1995). La vegetación está dominada por un extenso bosque de alcornoque (*Quercus suber*) que se mezcla con quejigos (*Q. canariensis*) en los valles y zonas más húmedas (ver descripción en Ojeda *et al.*, 2000). También son notables las formaciones de acebuche (*Olea europaea*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), brezales desarbolados en los suelos más arenosos y pobres (herrizas), y los pastizales abiertos sobre suelos arcillosos, denominados localmente "bujeos" (Ojeda, 1995).

Tratamiento experimental y métodos de muestreo

El estudio se ha llevado a cabo en tres parcelas experimentales de bosque situadas en las fincas de Tiradero, Buenas Noches y Panera, respectivamente. Estas parcelas fueron establecidas durante los años 1999 y 2000 con motivo de un proyecto de seguimiento de la regeneración de la comunidad vegetal (financiado con fondos CICYT-FEDER). En cada una de las parcelas experimentales (de 1 ha) se delimitó una mitad (de aproximadamente media hectárea) donde se realizó un tratamiento selvícola de rozas del matorral y aclareo de árboles enfermos, quedando la otra mitad intacta como control. A continuación fueron cercadas con malla cinegética para evitar la interferencia del ganado y los ungulados silvestres, y poder realizar el seguimiento de las plantas marcadas. Una descripción de las parcelas experimentales y de algunos resultados preliminares se puede consultar en Noejovich y Marañón (2002), Díaz-Villa *et al.* (2002), Quilchano y Marañón (2002), Pérez-Ramos y Marañón (2003) y en Quilchano *et al.* (2003).

Las muestras de hojarasca se recogieron periódicamente en contenedores circulares de plástico (trampas de hojarasca) de 29cm de diámetro y una profundidad de 27cm. En cada parcela experimental se colocaron 40 trampas (20 por cada hemiparcela) alineadas en grupos de cinco, según los transectos establecidos para el estudio de la vegetación. Las muestras se recogieron con una periodicidad bimensual desde febrero del 2002 hasta enero del 2003.

Una vez recogidas las muestras, se transportaron en bolsas de polietileno al laboratorio y se mantuvieron en cámara fría a unos 4°C de temperatura hasta que eran procesadas (con el fin de minimizar el proceso de descomposición). De las muestras se separó la fracción de hojas secas y el resto (ramas, frutos, flores) se descartó. Las hojas se lavaron con agua destilada, se secaron en una estufa a 70°C durante 48 horas aproximadamente, y se pesaron con una precisión de 0,01g. Durante el lavado, se estimó visualmente la proporción de hojas correspondiente a cada una de las especies leñosas. Por último, todas las muestras recogidas en la misma trampa de hojarasca se han unido y homogeneizado para un posterior análisis químico del aporte anual de nutrientes minerales.

La producción de hojarasca se ha relacionado con dos variables: 1) La temperatura mínima del aire (registrada por dos sensores de temperatura por parcela, conectados a un registrador automático marca HOBO) y 2) El índice de área foliar

del dosel del bosque (estimado a partir de 40 fotos hemisféricas por parcela, analizadas con el programa HEMIVIEW; ver Quilchano *et al.*, 2003).

La comparación entre los valores medios de biomasa foliar para las tres parcelas experimentales se ha realizado mediante un ANOVA de un factor (parcela). La comparación entre los valores medios de las zonas rozadas y no rozadas, dentro de cada parcela, se ha realizado mediante el test de la t de Student. Se ha utilizado el programa STATISTICA.

RESULTADOS

Producción anual de hojarasca

La producción media anual de hojarasca caída fue de 387,3g m⁻². Se han detectado diferencias significativas entre las tres parcelas de estudio (la significación del ANOVA fue p<0,001), correspondiendo la mayor producción media anual a Tiradero (482,6g m⁻²), seguida de Buenas Noches (405,3g m⁻²) y por último Panera (274,1g m⁻²) (figura 1).

En la tabla 1 se muestran los valores de diversos parámetros que caracterizan y diferencian a las tres parcelas de estudio. Es notable el mayor índice de área foliar (LAI) del dosel del bosque en Tiradero, que refleja una mayor densidad del follaje y por tanto está asociado a su mayor producción de hojarasca. Estas diferencias son significativas (p<0,001) tanto con el bosque de Buenas Noches como con Panera. Por otra parte, el bosque de Panera tiene una densidad media de dosel no muy diferente de Buenas Noches, y sin embargo su producción de hojarasca es bastante menor.

Otro factor que puede intervenir, limitando la producción, es la influencia de las temperaturas bajas. La temperatura mínima del período registrado en las tres parcelas (noviembre 2000 - agosto 2001) fue más baja en Panera y menos baja en Tiradero, reflejando un gradiente de continentalidad: Panera es el punto más al interior, mientras que Tiradero está más cerca del mar.

	TIRADERO	BUENAS NOCHES	PANERA
Coordenadas medias	36° 9' 46"N	36° 22' 56"N	36° 31' 54"N
Latitud Longitud	5° 35' 39"W	5° 34' 57"	5° 34' 29"W
Temperatura mínima (°C)	4,11	3,28	1,71
Índice de área foliar (m ² m ⁻²)	2,264	1,644	1,840
Rango de altitud (m snm)	335 a 360	410 a 450	530 a 560
Posición en la ladera	Ladera baja-piedemonte (240m más baja que la cima)	Cima-ladera alta (40m más baja que la cima)	Ladera media (100m más baja que la cima)
Suelos preferentes	Regosoles y/o Cambisoles dístricos	Leptosoles y/o Regosoles	Regosoles y/o Cambisoles dístricos
Textura	Franco-arenoso-arcilloso	Franco-arenoso	Franco-arcilloso
- Arcilla (%)	23	9	39
- Arena (%)	56	70	25
Producción de hojarasca (g/m ²)	482,6	405,3	274,1

Tabla 1. Descripción general de las tres parcelas experimentales.

Un tercer factor que puede influenciar la producción de hojarasca es el grado y tipo de manejo del bosque. La comparación en cada parcela de las zonas rozadas experimentalmente (en 2000) frente a las conservadas, mostró una reducción significativa tanto en Tiradero (p<0,001) como en Buenas Noches (p=0,019) (figura 1). Esta reducción debe estar asociada a la disminución en los aportes de hojarasca, producida al cortar arbustos arborescentes como madroño (*Arbutus unedo*) y agracejo (*Phillyrea latifolia*). Sin embargo, en Panera no hubo diferencias significativas entre ambas zonas, posiblemente debido a la heterogeneidad de esa mancha de bosque; además de ser un monte bastante aclarado y pastoreado (Noejovich y Marañón, 2002) que en parte explicaría su menor producción de hojarasca en comparación con las otras dos parcelas.

La composición de especies de árboles en el dosel del bosque también es un factor determinante de la producción de hojarasca. En la figura 2 se ha representado por una parte la composición (en porcentaje de cobertura) de las principales especies leñosas que dominan los estratos arbóreo y arbustivo, y por otra la proporción (por estima visual) en la hojarasca acumulada durante un año. En general, las especies dominantes en el dosel del bosque aportan la mayor parte de la hojarasca: en particular, el alcornoque en las tres parcelas, el quejigo moruno en Tiradero y Panera y el madroño en Buenas Noches (figura 2).

Patrones estacionales de la caída de la hoja

La caída de la hoja ocurre durante todo el año pero sigue un patrón estacional muy marcado (figura 3). El pico máximo de producción de hojarasca se produce a finales de la primavera, principios de verano, aunque durante la estación fría también se recogen valores importantes.

A pesar de este patrón general, existen diferencias entre especies. En la figura 4 se ha representado, para la parcela Tiradero (bosque mixto), la comparación entre la caída estacional de hojarasca de las dos especies predominantes del bosque: alcornoque (*Quercus suber*) y quejigo moruno (*Quercus canariensis*).

DISCUSIÓN

Producción anual de hojarasca

La producción media anual de hojarasca fue de unos 387g m⁻², oscilando entre un máximo de 483g m⁻² de Tiradero y un mínimo de 274g m⁻² en Panera. Estos valores son algo superiores a los encontrados en otros bosques mediterráneos (tabla 2).

La producción de hojarasca del bosque está influenciada por diversos factores, entre los que se puede destacar las condiciones ambientales (microclima, humedad y fertilidad del suelo, etc.), las características del dosel (densidad del follaje, composición de especies), y el grado y tipo de manejo.

Dentro del Parque Natural Los Alcornocales existe una variabilidad microclimática, asociada a la orografía y a la distancia al mar. Las tres parcelas de bosques estudiadas están a unos

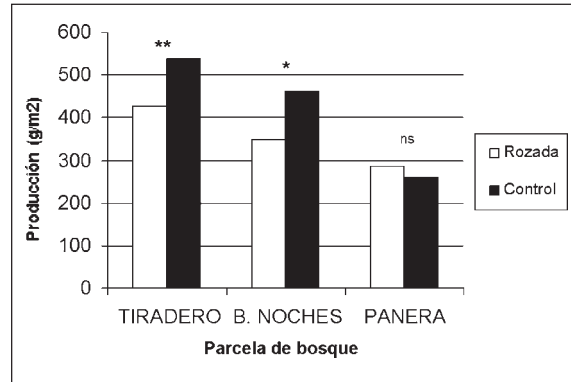


Figura 1. Producción anual de hojarasca para las tres parcelas experimentales. Se han comparado los valores obtenidos para la zona rozada y la zona control (** p<0,01; *p<0,05; ns = no significativo).

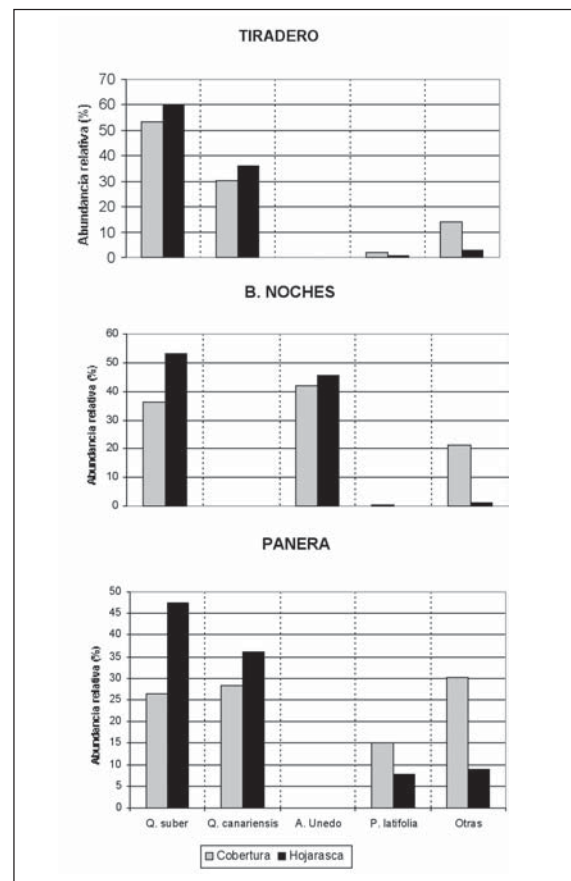


Figura 2. Abundancia relativa de especies en el dosel arbóreo-arbustivo (% cobertura) y en la hojarasca anual (% estimado) en las tres parcelas experimentales.

Localidad	Tipo de bosque	Producción de hojarasca (g m ⁻²)	Referencia
Navarra (España)	<i>Pinus sylvestris</i>		
	- Zona alta	277,4	
	- Zona baja	300,3	Blanco <i>et al.</i> , (2003)
Tuscany (Italia)	<i>Quercus ilex</i>		
	- Zona húmeda	451,1	
	- Zona seca	235,0	Bussotti <i>et al.</i> , (2003)
Puechabon (Francia)	<i>Quercus ilex</i>	243,0	Rapp <i>et al.</i> , (1999)
Salamanca (España)	<i>Quercus pyrenaica</i>	234,8	Rapp <i>et al.</i> , (1999)
P.N. Alcornocales (España)	<i>Quercus suber</i> y <i>Q. canariensis</i>	387,3	Este estudio

Tabla 2. Comparación en la producción de hojarasca entre diferentes bosques mediterráneos.

niveles de altitud semejantes, pero difieren en su proximidad al mar. Las diferencias observadas entre ellas en la temperatura mínima anual, siendo inferior en Panera que está más situada hacia el interior, podrían contribuir a su menor producción de hojarasca. Durante el invierno, las temperaturas más bajas inducen una reducción en la tasa fotosintética de las hojas, disminuyendo la producción de biomasa foliar y en consecuencia el aporte de hojarasca (Guerrero *et al.*, 1998; Castro *et al.*, 2001).

La densidad de hojas del dosel del bosque, medida como el índice de área foliar (LAI), debe determinar la cantidad de hojarasca aportada al suelo. Es decir, la cantidad de hojarasca que retorna al suelo es función directa de la biomasa de los estratos superiores del bosque (Singh *et al.*, 1999). El bosque de Tiradero presentó los valores más altos de densidad de follaje (LAI) y también de aporte de hojarasca al suelo.

La composición de especies del dosel arbóreo es otro factor determinante tanto de la producción total de hojarasca, como de los patrones estacionales en la caída de las hojas al suelo (Facelli y Pickett, 1991). A su vez, la abundancia relativa de las diferentes especies de árboles estará determinada por las condiciones ambientales (climáticas, topográficas, humedad, fertilidad), la interacción entre las especies (competencia, facilitación), y por la historia del manejo a que ha estado sometido el monte en concreto. Las especies que predominan en la biomasa aérea del bosque son las que suelen aportar la mayor parte de la hojarasca al suelo. También hay que tener en cuenta que además de las diferencias en cantidad de hojarasca producida, las especies de árboles difieren en la calidad de esta hojarasca en términos de su composición mineral.

Por último, el grado y tipo de manejo del bosque también influye sobre la producción de hojarasca. En el estudio comparado de las tres parcelas de bosque, Tiradero (con mayor producción de hojarasca) representa a un bosque relativamente conservado, mientras que Panera (de menor producción) representa un bosque aclarado y pastoreado, con cierto grado de adehesamiento. La estructura del bosque de Tiradero, con árboles de gran talla y mayor área basal, refleja una mayor cantidad de biomasa foliar en el dosel y en consecuencia aportará una mayor cantidad de hojarasca al suelo (Arunachalam *et al.*, 1998).

Por otra parte, en la comparación entre zonas rozadas frente a zonas conservadas, dentro de la misma parcela de bosque, se ha encontrado una reducción en el aporte de hojarasca asociada a las rozas (en dos de las tres parcelas estudiadas). La biomasa rozada es apilada y quemada, liberando de forma rápida los minerales al suelo, que pueden ser arrastrados, en parte, por las aguas de escorrentía. En contraposición, la caída de la hojarasca durante todo el año, y su lenta descomposición, proporciona un aporte de nutrientes al bosque más continuado en el tiempo y más extendido en el espacio.

Patrones estacionales de la caída de la hoja

Aunque normalmente se asocia la caída de la hoja a la estación otoñal (típico del bosque templado), en los alcornocales se ha encontrado que la mayor parte de la hojarasca se aporta al comienzo de la estación seca. Este patrón es típico de

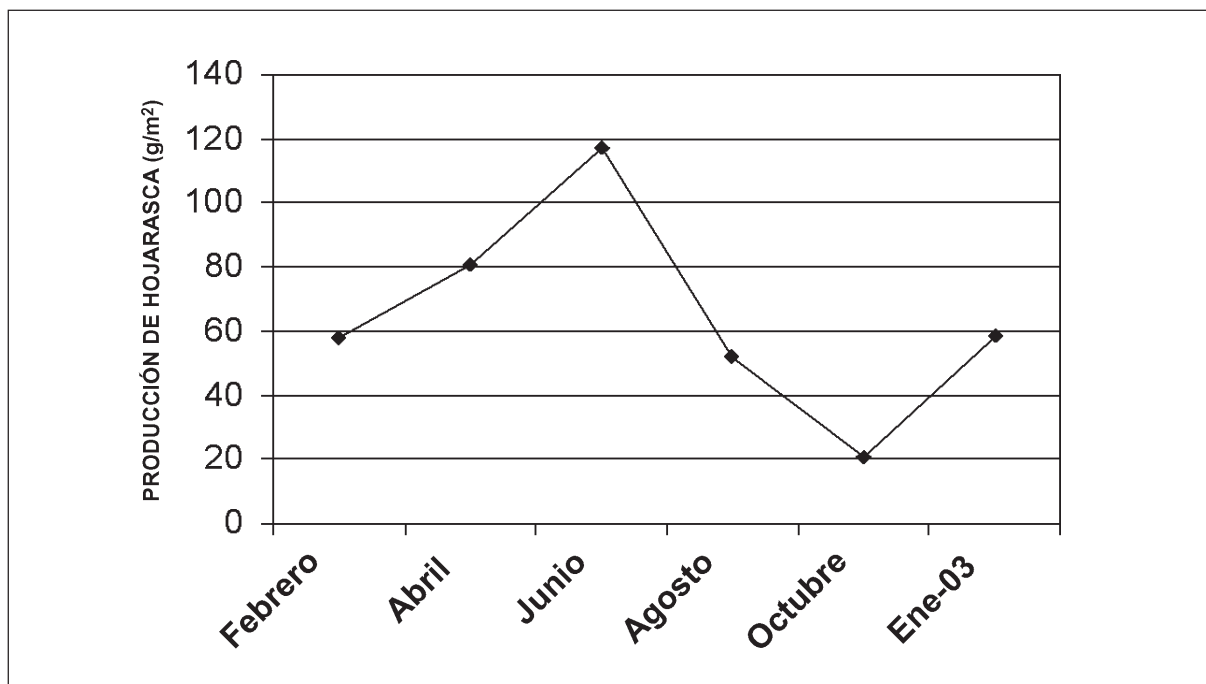


Figura 3. Dinámica temporal de la caída de hojarasca (media de 120 trampas).

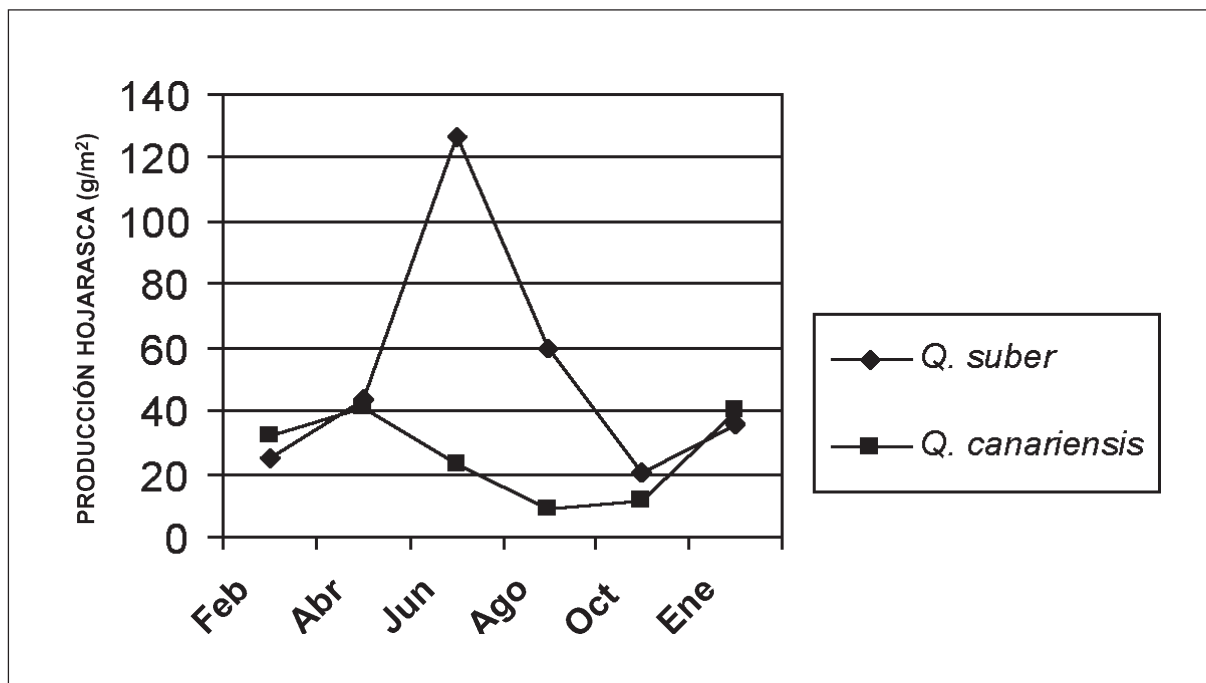


Figura 4. Comparación en el patrón estacional de la caída de hojarasca entre alcornoque y quejigo moruno, en el bosque mixto de Tiradero

bosques con árboles de hoja perenne tanto en clima mediterráneo como en tropicales con una estación seca (p. ej., Kumar y Deepu, 1992; Muoghalu *et al.*, 1993; Hopkins, 1996; Sundarapandian y Swamy, 1999; Millán *et al.*, 2002).

Los árboles perennifolios, como el alcornoque (*Quercus suber*), se deshacen de buena parte de su biomasa foliar cuando perciben los primeros síntomas de estrés por falta de agua. Esta respuesta se ha interpretado como una estrategia adaptativa para afrontar las demandas hídricas y nutritivas que requiere el árbol durante el verano. Las altas temperaturas y la intensa radiación incidente, en el verano mediterráneo, generan unas condiciones muy poco favorables para la actividad vegetal. En estas circunstancias, la disponibilidad de agua en el suelo se reduce hasta un nivel extremo, al cual las plantas no son capaces de extraer la cantidad suficiente para reponer las grandes pérdidas provocadas por la creciente transpiración de las hojas. La solución que parecen haber adoptado algunas plantas mediterráneas es deshacerse de una parte de sus hojas y retener únicamente aquellas que son capaces de abastecer, con el agua captada por las raíces. Por otra parte, el desarrollo de los nuevos brotes durante la primavera, produce una demanda elevada de nutrientes que son retranslocados desde las hojas, provocando su senescencia prematura y posterior caída (Millán *et al.*, 2002).

Durante la estación fría también se encontró un importante aporte de hojarasca al suelo de estos bosques. En parte, los fuertes vientos y a las intensas lluvias del invierno producen una caída general de las hojas del bosque (Proctor *et al.*, 1983; Muoghalu *et al.*, 1993), tanto de los árboles perennifolios (alcornoque) como de los caducifolios (quejigo moruno). Por otro lado, la importante proporción del quejigo moruno en el dosel de estos bosques mixtos contribuye a un aporte de hojarasca en otoño e invierno. Los árboles de hoja marcescente (o semi-caducifolios), como el quejigo moruno (*Quercus canariensis*), se desprenden de gran parte de su biomasa foliar durante los meses fríos del año. Con esta estrategia minimizan el gasto de energía necesario para mantener las hojas vivas, durante una estación en la cual las bajas temperaturas dificultan la fotosíntesis y ponen en peligro la integridad de los tejidos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARUNACHALAM, A.; Arunachalam, K.; Pandey, H. N. y Tripathi, R. S.: "Fine litterfall and nutrient dynamics during forest regrowth in the humid subtropics of north-eastern India", *Forest Ecology and Management*, 110 (1998), pp. 209-219.
- BELLINFANTE, N.; Gómez, I.; Ruiz, A. y Paneque, G.: "Suelos sobre areniscas silíceas del Parque Natural Los Alcornocales", *Edafología* 3 (1997), pp. 309-316.
- BERG, B. y Meentemeyer, V.: "Litter fall in some European coniferous forest as dependent on climate: a synthesis", *Canadian Journal of Forest Research*, 31 (2001), pp. 292-301.
- BLANCO, R., J. Clavero, A. Cuello, T. Marañón y J. A. Seisdedos. Sierras del Aljibe y Campo de Gibraltar. Diputación de Cádiz, Cádiz (1991).
- BLANCO, J.; Imbert, B.; Arricibita, F. J. y Castillo, F. J.: "Producción de hojarasca de *Pinus sylvestris* L. sometidos a diferente intensidad de clara", VII Congreso de la Asociación Española de Ecología Terrestre, Barcelona, 2-4 julio (2003), pp. 267-279.
- BRAY, J. R. y Gorham, E.: "Litter production in forest of the world", *Advances in Ecological Research*, 2 (1964), pp. 101-158.
- BUSSOTTI, F.; Borghini, F.; Celesti, C.; Leoncio, C.; Cozzi, A.; Bettini, D. y Ferretti, M.: "Leaf shedding, crown condition and element return in two mixed holm oak forest in Tuscany, central Italy", *Forest Ecology and Management*, 176 (2003), pp. 273-285.
- CASTRO, P.; Villar, P. y Montserrat, G.: "Adaptaciones de las plantas leñosas al clima mediterráneo". *Quercus*, 186 Agosto (2001), pp. 28-33.
- CUEVAS, E. y Medina, E.: "Nutrient dynamic within amazonian forest", *Oecologia*, 76 (1998) pp. 222-235.
- DÍAZ-VILLA, M. D.; Marañón, T. y Arroyo, J.: "Regeneración del bosque mediterráneo: Bancos de semillas en el suelo y emergencia de plántulas", *Almoraima*, 27 (2002), pp. 207-212.
- FACELLI, J. M. y Pickett, S. T. A.: "Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure", *The Botanical Review*, 57 (1991), pp. 1-32.
- GUERRERO, J.; Camarero, J. J. y Gutiérrez, E.: "Seasonal growth and needle fall in *Pinus sylvestris* and *P. uncinata*", *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 7 (1998), pp. 155-172.
- HERNÁNDEZ, J. M.; Santa Regina, I. y Gallardo, J. F.: "Dinámica de la descomposición de la hojarasca forestal en bosques de la Cuenca del Duero (provincia de Zamora): Modelización de la pérdida de peso", *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 6 (1992) pp. 339-395.
- HOPKINS, B.: "Vegetation of Olokemeji forest reserves, Nigeria", *Journal of Ecology*, 54 (1996), pp. 687-703.
- JORDÁN A., A. Ruiz, I. Gómez y F. Limón.: "Principales tipos de suelos asociados al bosque de *Quercus* sp. y brezal en el Parque Natural Los Alcornocales". *Almoraima*, 19 (1997), pp. 231-240.
- KUMAR, B. M. y Deepu, J. K.: "Litter production and decomposition dynamics in moist deciduous forest of the Western Ghats in Peninsular India", *Forest Ecology and Management*, 50 (1992), pp. 181-201.

- MAGUIRE, D. A.: "Branch mortality and potential litter fall from Douglas-fir trees in stands of varying density", *Forest Ecology and Management*, 70 (1994), pp. 41-53.
- MILLA, R.; Palacio, S.; Pérez, C.; Maestro, M.; Monserrat, G. y Castro, P.: "Caída de la hoja en el bosque mediterráneo", *Quercus*, 196 Junio (2002), pp. 26-30.
- MUOGHALU, J. I.; Akanni, S. O. y Eretan, O. O.: "Litterfall and nutrient dynamics in a Nigerian rainforest seven years after a ground fire", *Journal of Vegetation Science*, 4 (1993), pp. 323-328.
- NOEJOVICH, L. y Marañón T.: "Heterogeneidad del medio físico y biodiversidad del bosque de Quercus en el P. N. Los Alcornocales", *Almoraima*, 27 (2002), 213-224.
- OJEDA, F., Arroyo, J. y Marañón, T. "Biodiversity components and conservation of Mediterranean heathlands in Southern Spain". *Biological Conservation* 72 (1995), pp. 61-72.
- OJEDA F., Marañón, T. y Arroyo, J.: "Plant diversity patterns in the Aljibe Mountains (S.Spain): a comprehensive account", *Biodiversity and Conservation*, 9 (2000), pp.1323-1343.
- PALMA, R. M.; Prause, J.; Fontanive, A. V. y Jiménez, M. P.: "Litter fall and litter decomposition in a forest of Parque Chaqueño Argentino", *Forest Ecology and Management*, 106 (1998), pp. 205-210.
- PÉREZ-RAMOS, I. M. y MARAÑÓN, T.: "Patrones de emergencia y supervivencia de plántulas de especies leñosas en un bosque manejado". VII Congreso de la Asociación Española de Ecología Terrestre, Barcelona, 2-4 julio (2003), pp. 464-477.
- PROCTOR, J.; Anderson, J. M.; Fodgen, S. C. L. y Vallack, H. W.: "Ecological studies to four contrasting lowland rainforest in Gunung Mulu National Park, Sarawak", *Journal of Ecology*, 71 (1983), pp. 261-283.
- QUILCHANO, C. y Marañón, T.: "Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soil ", *Biology and Fertility of Soils*, 35 (2002), pp. 102-107.
- QUILCHANO, C.; Marañón, T.; Noejovich, L.; Valladares, F. y Zavala, M.A. "Heterogeneity of abiotic environment in cork oak forests", *Forest Ecology and Management* (2003, enviado).
- RAPP, M.; Santa Regina, I.; Rico, M. y Gallego, H. A.: "Biomass, nutrient content, litterfall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forest", *Forest Ecology and Management*, 119 (1999), pp. 39-49.
- SINGH, K. P.; Singh, P. K. y Tripathi, S. K. "Litterfall, litter decomposition and nutrient release patterns in four native tree species raised on coal mine spoil at Singrauli, India", *Biology and Fertility of Soils*, 29 (1999), pp. 371-378.
- SUNDARAPANDIAN, S. M. y Swamy, P. S.: "Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forest at Kodayar in the Western Ghats, India", *Forest Ecology and Management*, 123 (1999), pp. 231-244.
- TORRES, E., *Estudio de los principales problemas selvícolas de los alcornocales del Macizo del Aljibe: Cádiz y Málaga*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (1995).
- VITOUSEK, P. M.; Gerrish, G.; Turner, D. R.; Walker, L. R. y Mueller-Dumbois, D.: "Litterfall and nutrient cycling in four Hawaiian montane rainforest", *Journal of Tropical Ecology*, 11 (1995) pp. 189-203.

Almoraima, 31, 2004