

DIFERENCIAS INTERESPECÍFICAS EN EL DESFRONDE DE DOS ESPECIES MEDITERRÁNEAS DE *QUERCUS*: *Q. ILEX* Y *Q. SUBER*

Enrique Andivia Muñoz, Javier Vázquez-Piqué, Reyes Alejano Monge y Manuel Fernández Martínez

Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Campus Universitario de La Rábida. 21819-PALOS DE LA FRONTERA (Huelva, España). Correo electrónico: enrique.andivia@dcaf.uhu.es

Resumen

El desfronde juega un papel muy importante en los ecosistemas forestales, siendo punto de inicio en el reciclado de los nutrientes. El desfronde está principalmente influenciado por las condiciones climáticas, por lo que es necesario conocer los distintos patrones de desfronde a lo largo del año de las distintas especies mediterráneas y cómo las variables climáticas influyen en dichos patrones, además de evaluar cómo los tratamientos selvícolas tradicionales como las podas afectan a dicho desfronde. Para ello se ha analizado el desfronde caído en una parcela de alcornoque (*Quercus suber*) de la provincia de Huelva (Hinojos) y en otra de encina (*Quercus ilex*) en San Bartolomé durante un periodo completo de 6 años (2004-2009), recogiendo de forma estacional (cada tres meses) el desfronde. Los resultados muestran que el alcornoque presenta una mayor variabilidad interanual, estando la renovación de su cobertura foliar más influenciada por las fluctuaciones en las precipitaciones. Aunque la estacionalidad del desfronde es similar en ambas especies se han constatado diferencias en función del año de estudio, estas diferencias están relacionadas con la diferente respuesta fenológica de estas especies a las condiciones climáticas de cada año. Por último se ha constatado un diferente comportamiento frente a las podas entre ambas especies, siendo la encina más sensible a las mismas. En este sentido se desaconseja la realización de podas agresivas al influir negativamente en la producción de desfronde y en el aporte de nutrientes al suelo.

Palabras claves: *Fenología, Podas, Dehesas, Encina, Alcornoque*

INTRODUCCIÓN

Quercus suber y *Quercus ilex* son dos de las especies forestales más emblemáticas de la Península Ibérica, además de ser las especies principales de árbol que conforma las dehesas. Un aspecto básico de la ecología de las especies es el estudio del desfronde por ser un factor clave en el reciclado de nutrientes en los ecosistemas forestales, que cobra mayor importancia en la región mediterránea donde los recursos

hídricos y los nutrientes escasean (ARIANOUTSOU, 1989). El desfronde está principalmente influenciado por las condiciones climáticas y está íntimamente relacionado con la fenología de las especies, en este sentido las diferencias existentes entre los tiempos de retención de la hoja entre encinas y alcornoques así como en la época de floración (MISSON et al., 2011) sugieren que podrían existir distintos patrones en el aporte de desfronde al suelo por parte de estas dos especies mediterráneas.

Además ambas especies han sido tradicionalmente sometidas a prácticas selvícolas como las podas, cuyo efecto sobre el crecimiento, la producción de bellota, el desfronde así como sobre la asignación de recursos dentro de él no está aún esclarecido (ALEJANO *et al.*, 2008). Por todo ello es necesaria la realización de estudios ecológicos comparativos entre ambas especies que ayuden a una correcta gestión de estas masas. El objetivo de este estudio es comparar el desfronde entre ambas especies, atendiendo tanto a la estacionalidad del mismo como al efecto que las podas pudieran tener sobre el desfronde.

MATERIAL Y MÉTODOS

Áreas de estudio

Para la realización de este estudio se consideraron dos parcelas de estudio distintas, ambas situadas en la provincia de Huelva (SO España). La primera de ellas se encuentra en el municipio de San Bartolomé (SB) y la especie predominante es *Quercus ilex*, mientras que la segunda se encuentra en el municipio de Hinojos (HI) y la especie predominante es *Quercus suber*. En la Tabla 1 se presenta más información sobre algunas características estructurales y climatológicas de las mismas.

Selección de individuos

Previamente a la selección de individuos, todos los árboles de ambas parcelas fueron marcados y caracterizados mediante la circunferencia a la altura del pecho (CAP). Posteriormente los pies de ambas parcelas fueron sometidos a distintas intensidades de poda en febrero de 2003: débil (D) y fuerte (F), con el siguiente criterio: la poda débil consistió en eliminar única-

mente los chupones y las ramas muertas, mientras que la poda fuerte se llevó a cabo siguiendo la práctica habitual en la zona. En ambas parcelas se dejaron algunos pies testigo (T), sin podar. En la parcela de SB cada tratamiento fue aplicado a 25 árboles asignados aleatoriamente, mientras que en la parcela de HI cada uno se aplicó a 35 árboles seleccionados al azar.

Para la selección de los árboles donde se estudiaría el desfronde, se clasificaron los árboles en cuatro grupos distintos en función de su clase diamétrica. Posteriormente se seleccionó al azar un árbol por cada clase diamétrica y tipo de poda, haciendo un total de 12 árboles en cada parcela (4 clases diamétricas x 3 tratamientos de poda).

Recogida del desfronde

Para la recogida del desfronde se instalaron en cada árbol cuatro contenedores circulares (0,16 m² cada uno), situados en los cuatro puntos cardinales y a una distancia igual a tres cuartas partes del radio de copa medido desde el tronco. La recogida del desfronde se realizó de manera trimestral durante 6 años (2004-2009). Las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se secaron durante 48 h en un horno a 65°C. Una vez secadas las muestras, se separaron en distintas fracciones (hojas, ramillos, flores masculinas y otros) y se pesaron.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos del desfronde se ha elaborado un modelo lineal con el objetivo de analizar la influencia de la especie, el individuo, el año, la estación y el tratamiento de poda, así como sus interacciones, en la evolución de cada una de las fracciones consideradas: hojas, ramillos y total. Dado que la recogida del desfronde en la parcela no se ha realizado siempre el

	SB	HI
especie dominante	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. suber</i>
área	2,7 ha	1,9 ha
densidad de árboles	36 pies·ha ⁻¹	99,6 pies·ha ⁻¹
altitud	128 m	100 m
P media anual	612 mm	579 mm
T media anual	18,9°C	18,9°C

Tabla 1. Caracterización de las parcelas de estudio

mismo día del mismo mes, se ha realizado una extrapolación lineal entre fechas de medición para el cálculo del desfronde trimestral en sus distintas fracciones considerando 4 trimestres de recogida, uno por estación (invierno, primavera, verano y otoño). La variable dependiente utilizada ha sido el peso de la fracción de desfronde correspondiente (hojas, ramillos, total). El modelo tiene la siguiente estructura inicial:

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + b_{j(i)} + \eta_k + \tau_l + \gamma_m + (\alpha|\eta|\tau|\gamma)_{ijklm} + e_{ijklm}$$

Con:

- y_{ijklm} : Peso de la fracción de desfronde considerada en $g \cdot m^{-2}$ de proyección de copa del árbol j , perteneciente a la especie i , sometido a la poda k en la estación l del año m .
- μ : media general.
- α_i : Efecto fijo de la especie ($i=1,2$).
- $b_{j(i)}$: Efecto aleatorio árbol (dentro de cada especie) con $j=1,2,\dots,16$. bajo las hipótesis $b_{j(i)} \sim N(0, \sigma_b^2)$.
- η_k : Efecto fijo de la poda con $k=1,2,3$.
- τ_l : Efecto fijo de la estación con $k=1,2,3,4$.
- γ_m : Efecto fijo del año con $m=1,2,\dots,6$.
- $(\alpha|\eta|\tau|\gamma)_{ijklm}$: Conjunto de interacciones dobles y triples entre efectos fijos.
- e_{ijklm} : Error residual con hipótesis de distribución normal.

El modelo inicial es un modelo lineal mixto con efecto aleatorio “árbol” y efectos fijos “especie”, “poda”, “estación” y “año” así como el conjunto de interacciones entre estos efectos fijos. Debido a la posible presencia de correlación espacial entre individuos de la parcela y correlación entre observaciones tomadas en distintas estaciones en un mismo individuo, se han experimentado distintas estructuras de la matriz de varianzas-covarianzas para el conjunto de los datos, incluyendo hipótesis de no independencia entre observaciones tomadas en las distintas estaciones de un año en un individuo y varianzas heterogéneas entre las distintas estaciones. Una vez seleccionada la mejor estructura para la matriz de varianzas-covarianzas se comprobó la existencia de correlación espacial entre los árboles estudiados.

Los componentes de la varianza para cada una de las estructuras de la matriz de varianzas-covarianzas se han estimado por máxima verosimilitud restringida o residual (REML). Para

analizar la mejor estructura de modelo se han comparado los valores del criterio de información de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974), con valores más bajos indicando un mejor ajuste. Tras la selección de la mejor estructura de la matriz de varianzas-covarianzas y la estimación de los componentes de la varianza se ha realizado la estimación de los coeficientes de los efectos fijos por mínimos cuadrados generalizados y analizado su nivel de significación mediante un test F. El análisis estadístico se ha realizado con SAS v 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 podemos observar las estructuras seleccionadas para los modelos mixtos de cada una de las variables estudiadas, así como los resultados derivados de los mismos. Sólo se presentan los resultados correspondientes al efecto fijo especie, así como las interacciones en las que esté incluido dicho efecto fijo, debido a que este estudio se centra en la comparación de la estacionalidad del desfronde entre las dos especies así como a diferencias entre ambas especies en el comportamiento frente a las podas.

El desfronde total medio de los seis años de estudio fue de $336,8 \pm 68,9 g \cdot m^{-2}$ para *Q. suber* y de $262,7 \pm 19,5 g \cdot m^{-2}$ para *Q. ilex* sin que estas diferencias fueran significativas entre especies. La variabilidad interanual es mucho mayor en *Q. suber*, cuyos valores máximo y mínimo de desfronde fueron de $449,9$ y $273,7 g \cdot m^{-2}$ en los años 2007 y 2006, mientras que la amplitud de desfronde para *Q. ilex* fue mucho menor con el valor máximo registrado también en 2007 ($284,8 g \cdot m^{-2}$) y el mínimo en 2005 ($237,7 g \cdot m^{-2}$). La fracción de hojas fue la más abundante en el desfronde, en este sentido si hubo diferencias significativas entre especies, siendo el desfronde foliar mayor en alcornoque que en encina ($217,6 \pm 12,5 g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$ vs $146,2 \pm 10,8 g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$, respectivamente). Los valores de desfronde cuantificados, así como la estacionalidad en la producción del mismo son similares a los encontrados en otros estudios para *Q. ilex* (BELLOT et al., 1992; BUSSOTTI et al., 2003; RAPP et al., 2003) y *Q. suber* (ANDIVIA et al., 2010; CARITAT et al., 2006). La mayor variabilidad interanual en el desfronde del alcornoque, tanto total como foliar, indica una mayor

VARIABLE Estructura seleccionada		HOJAS Toeplitz heterogénea 3 bandas y correlación espacial		RAMILLOS Toeplitz heterogénea 2 bandas		TOTAL Autoregresiva heterogénea correlación espacial	
AIC		4.249,2		3.695,4		4.808,1	
-2LL		4.233,2		3.683,4		4.794,1	
Efecto	GL	F	p	F	p	F	p
especie (esp)	1	33,75	<0,0001	0,68	0,4099	2,68	0,1021
esp x año	5	4,23	0,0009	1,94	0,0866	4,25	0,0009
esp x estación (est)	3	19,24	<0,0001	1,67	0,1718	12,29	<0,0001
esp x poda	2	2,33	0,0988	0,14	0,8669	4,74	0,0091
esp x año x est	15	7,49	<0,0001	2,94	0,0002	9,68	<0,0001
esp x año x poda	10	1,71	0,0763	1,48	0,1438	1,59	0,1064
esp x est x poda	6	2,67	0,0149	2,60	0,0174	3,38	0,0029
esp x año x est x poda	30	1,29	0,1418	1,30	0,1325	1,61	0,1021

Tabla 2. Valores de *F*, *p* y grados de libertad (*GL*) derivados de los modelos mixtos que analizan el efecto de los factores fijos y sus interacciones sobre cada fracción del desfronde. También se muestra la estructura de varianzas-covarianzas seleccionadas para cada variable dependiente y los valores del criterio de información de Akaike (*AIC*) y del estadístico $-2 \times$ logaritmo de verosimilitud ($-2LL$)

sensibilidad del mismo ante las fluctuaciones climáticas de cada año y en particular a las precipitaciones. Tanto *Q. ilex* como *Q. suber* renuevan su cobertura foliar en primavera, aprovechando la presencia de agua en el suelo y las condiciones favorables para la fotosíntesis y la actividad metabólica (MEDIÁVILLA & ESCUDERO, 2009), sin embargo dicha renovación es casi completa en el alcornoque y parcial en la encina. De hecho, la longevidad foliar está en torno a los 2 años en el caso de la encina mientras que en el alcornoque ronda el año (MISSON et al., 2011). Si analizamos el efecto año en cada una de las especies, observamos como existen diferencias entre especies en el desfronde foliar para todos los años estudiados con excepción de 2006, en el cual ambas especies presentaron valores muy bajos de desfronde, especialmente el alcornoque. Este menor aporte de desfronde pudo ser consecuencia de una mayor retención de la hoja tanto en 2006 como en el año anterior a consecuencia de la escasa precipitación registrada en estos años y sobre todo a la sequía del año 2005. Todo ello produjo una menor renovación foliar durante estos años en ambas especies, de ahí que los máximos de desfronde en los seis años de estudio para las dos especies se dieran en 2007 produciéndose una mayor renovación de la cobertura foliar.

En la Figura 1 se observa cómo las diferencias en el desfronde foliar entre especies se dan en primavera y en invierno. Estas diferencias están relacionadas con la mayor renovación de la cobertura foliar en el alcornoque, que se da principalmente en primavera. Debido a las precipitaciones y a las temperaturas suaves de las zonas de estudio durante finales de febrero y principios de marzo, la renovación foliar comienza cuando aún nos encontramos en la estación invernal, de ahí las diferencias encontradas en invierno ya que durante la mayor parte de esta estación el árbol se encuentra en parada vegetativa. En la Figura 2 observamos las diferencias entre especies para el total del desfronde en función de la estación y el año. Las principales diferencias se dan en primavera, época de máximo desfronde y en otoño, donde la presencia de temperaturas suaves y altas precipitaciones puede provocar una segunda renovación parcial de la cobertura foliar tirando la hoja que se mantuvo en primavera (ANDIVIA et al., 2010; CARITAT et al., 2006). Como se puede observar el desfronde en primavera durante 2004 y 2005 es mayor en el alcornoque, mientras que en 2006 es mayor en la encina, a consecuencia de la escasa renovación de la cobertura foliar durante ese año en el alcornoque. El resto de años no se aprecia diferencia en el desfronde primaveral

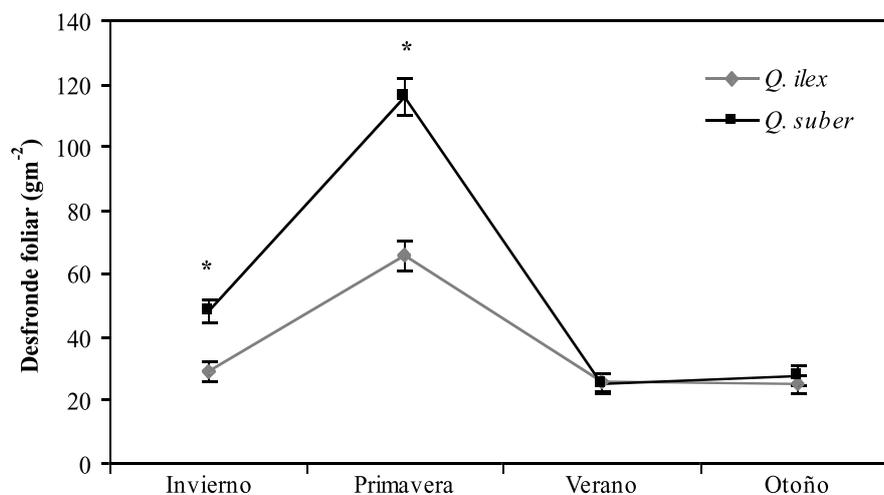


Figura 1. Desfronde foliar estimado ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ de peso seco) en función de la estación para 6 años de estudios (2004-2009) en un alcornoque y un encinar de la provincia de Huelva. Los asteriscos muestran las diferencias significativas ($p < 0,05$) entre especies

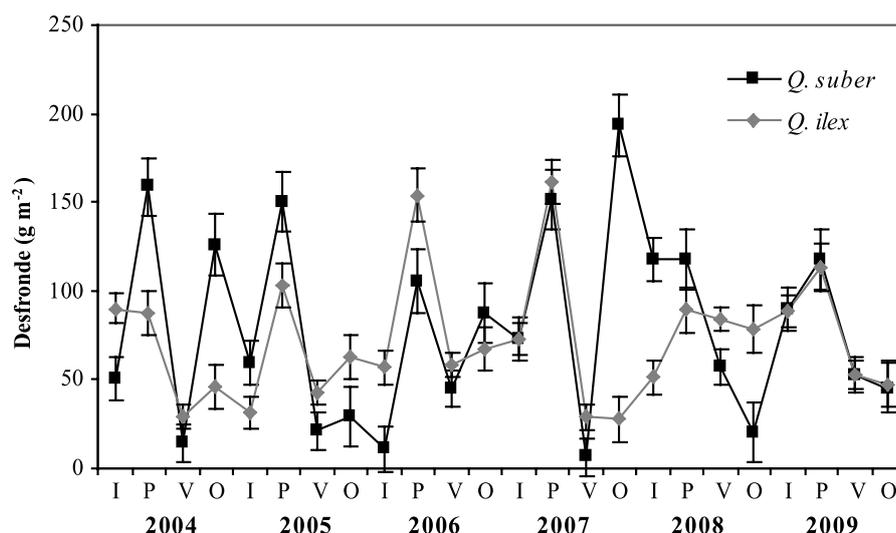


Figura 2. Desfronde total estimado ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ de peso seco) para cada estación de cada uno de los 6 años de estudios (2004-2009) en un alcornoque y un encinar de la provincia de Huelva

entre ambas especies. Respecto al segundo pico de desfronde anual, el otoñal, éste no se produce todos los años, en alcornoque se produce en 2004, 2006 y 2007 mientras que en encina se produce en 2005, 2006 y 2008. Este segundo pico de desfronde puede estar relacionado con la cantidad de hoja que se mantiene en el árbol de un año para otro, de hecho el excepcionalmente alto pico de desfronde en el alcornoque durante el otoño de 2007 puede ser consecuencia de la escasa renovación de la cobertura foliar durante el año de 2005 y la primavera de 2006, produciéndose la renovación en dicho otoño.

En cuanto al efecto de la poda en el desfronde, los tratamientos de podas no tienen influencia sobre el desfronde del alcornoque, mientras que en la encina si existen diferencias entre los tratamientos aplicados (Figura 3). Las encinas sometidas a poda débil mostraron un mayor desfronde que las sometidas a poda fuerte ($p=0,011$) y que las tomadas como testigo ($p=0,061$), aunque en este último caso las diferencias no fueron significativas. Atendiendo a los datos de desfronde en función del tratamiento de poda y de la estación, encontramos que las diferencias entre la poda débil y la fuerte en las encinas se repiten en todas

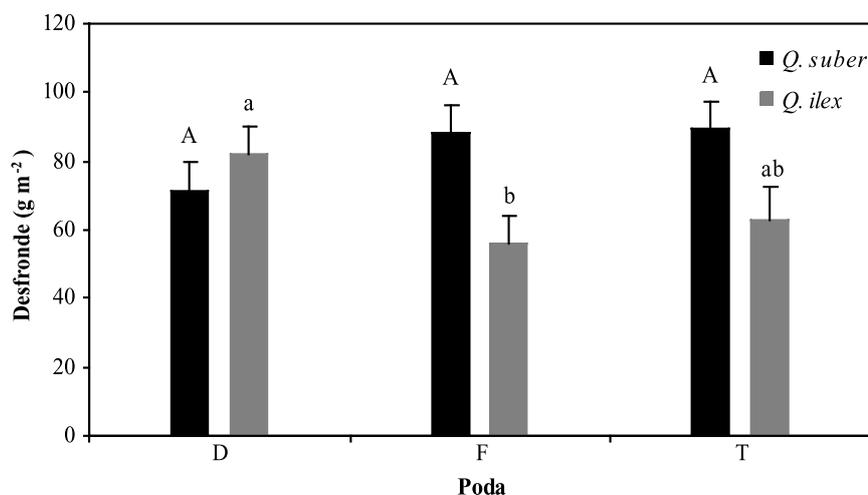


Figura 3. Desfronde total estimado por estación para 6 años de estudios (2004-2009) (g·m⁻² de peso seco) en función del tipo de poda: Débil (D), Fuerte (F) o Testigo (T) en un alcornoque y un encinar de la provincia de Huelva. Las diferentes letras muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos de poda para *Q. suber* (mayúsculas) y para *Q. ilex* (minúsculas)

las estaciones, con la excepción de la primavera en la cual todos los tratamientos de poda presentan valores similares. En alcornoque aunque no existen diferencias significativas para los valores generales entre tratamiento de poda, si encontramos una tendencia en otoño donde los alcornoques sometidos al tratamiento de poda fuerte presentaron valores mayores de desfronde que los sometidos al tratamiento débil y a los dejados como testigo.

CONCLUSIONES

Las dos especies de estudio (*Q. ilex* y *Q. suber*) presentan la misma estacionalidad en el desfronde con máximos en primavera y mínimos en verano. Sin embargo el desfronde en el alcornoque es mayor que en la encina, principalmente en la época de máximo desfronde, como consecuencia de la renovación casi completa de su cobertura foliar. La variabilidad interanual es también mucho mayor en el alcornoque lo que sugiere una mayor sensibilidad a las fluctuaciones interanuales de la precipitación.

Aunque la estacionalidad del desfronde es similar entre ambas especies, existen diferencias en dicha estacionalidad entre los distintos años de estudio. Estas diferencias se dan principalmente en primavera y otoño y pueden estar relacionadas con la distinta respuesta fenológica de

ambas especies a las condiciones climatológicas de cada año.

Por último la encina ha mostrado una mayor sensibilidad a la realización de podas, siendo la poda débil la que dio lugar a un mayor desfronde. Estos resultados tienen implicaciones prácticas desde el punto de vista de la gestión de las masas, en base a los resultados obtenidos se recomienda la eliminación periódica de chupones y ramas muertas (poda débil). Con respecto a las podas también se aconseja el abandono de la práctica tradicional de poda al disminuir la producción de desfronde y el retorno de nutrientes al suelo, afectando negativamente a la productividad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- AKAIKE, H.; 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Autom. Control* 19(6): 716-723.
- ALEJANO, R.; TAPIAS, R.; FERNÁNDEZ, M.; TORRES, E.; ALAEJOS, J. & DOMINGO, J.; 2008. The influence of pruning and climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Ann. For. Sci.* 65: 209
- ANDIVIA, E.; FERNÁNDEZ, M.; VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; GONZÁLEZ-PÉREZ, A. & TAPIAS, R.; 2010. Nutrients return from leaves and litterfall in

- a mediterranean cork oak (*Quercus suber* L.) forest in southwestern Spain. *Eur. J. For. Res.* 129(1): 5-12.
- ARIANOUSOU, M.; 1989. Timing of litter production in a maquis ecosystem of north-eastern Greece. *Oecological Plantarum* 10(4): 371-378.
- CARITAT, A.; GARCÍA-BERTHOU, E.; LAPEÑA, R. & VILAR, L.; 2006. Litter production in a *Quercus suber* forest of Montseny (NE Spain) and its relationship to meteorological conditions. *Ann. For. Sci.* 63(7): 791-800.
- BELLOT, J.; SÁNCHEZ, J.R.; LLEDÓ, M.J.; MARTÍNEZ, P. & ESCARRÉ, A.; 1992. Litterfall as a measure of primary production in mediterranean holm oak forest. *Vegetatio* 99-100, 69-76.
- BUSSOTTI, F.; BORGHINI, F.; CELESTI, C.; LEONZIO, C.; COZZI, A.; BETTINI, D. & FERRETTI, M.; 2003. Leaf shedding, crown condition and element return in two mixed holm oak forests in Tuscany, central Italy. *Forest Ecol. Manage.* 176: 273-285.
- MEDIAVILLA, S. & ESCUDERO, A.; 2009. Ontogenetic changes in leaf phenology of two co-occurring Mediterranean oaks differing in leaf life span. *Ecol. Res.* 24: 1083-1090.
- MISSON, L.; DEGUELDRE, D.; COLLIN, C.; RODRIGUEZ, R.; ROCHETEAU, A.; OURCIVAL, J.M. & RAMBAL, S.; 2011. Phenological responses to extreme droughts in a Mediterranean forest. *Glob. Change Biol.* 17: 1036-1048.
- RAPP, M.; SANTA-REGINA, I.; RICO, M. & GALLEGOS, H.A.; 1999. Biomass, nutrient content, litterfall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forest. *Forest Ecol. Manage.* 119: 39-49.