

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PODAS Y TRATAMIENTOS DE SUELO EN EL CRECIMIENTO DIAMETRAL DE LA ENCINA

Daniel Martín Pérez, Javier Vázquez-Piqué, Reyes Alejano Monge y Manuel Fernández Martínez

Departamento de Ciencias Agroforestales. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva. Crta. Palos-La Rábida s/n. 21819-PALOS DE LA FRONTERA (Huelva, España). Correo electrónico: daniel.martin@dcaf.uhu.es

Resumen

En ambientes mediterráneos el clima es el principal limitante para el crecimiento de las plantas, especialmente la escasez de precipitaciones, que provocan un déficit hídrico y restringen el crecimiento durante el periodo de temperaturas más favorables. Sin embargo, la aplicación de técnicas selvícolas y de tratamientos de mejora de suelos pueden ser prácticas viables desde el punto de vista de una gestión forestal sostenible encaminadas a compensar esas condiciones climáticas poco favorables para mantener e incluso mejorar el crecimiento de especies forestales mediterráneas en un contexto de cambio climático global. En este sentido se ha planteado el presente estudio, en el cual hemos analizado el crecimiento diametral de la encina (*Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp.) en 119 individuos de tres parcelas experimentales localizadas en la provincia de Huelva (SO de España), en las cuales se han aplicado diferentes tratamientos de poda y de mejora de suelos, determinando posteriormente su efecto en el crecimiento diametral mediante su medición mensual con dendrómetros de banda durante el periodo 2003-2010.

Palabras clave: *Quercus ilex*, Dehesas, Dendrómetros, Clima

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las especies forestales no es sólo un parámetro interesante desde el punto de vista de la productividad de madera, sino también es un reflejo del estado vegetativo de los árboles. Nos indica cómo se distribuyen los recursos a nivel interno, tiene importancia por su influencia en otros procesos fenológicos y nos muestra la reacción de los árboles frente a cambios en variables ecológicas como el suelo y el clima. Estos cambios son muy frecuentes e intensos en el clima mediterráneo, tanto a nivel intra-anual como inter-anual, y se verán acentuados en un futuro escenario de cambio climático, con un aumento

generalizado de las temperaturas y un acusado descenso de las precipitaciones (IPCC, 2007).

La silvicultura proporciona herramientas útiles para el logro de los objetivos de gestión. Actualmente el principal reto al que se enfrentan los ecosistemas forestales mediterráneos, especialmente las dehesas y los bosques de encina, es su paulatino declive y desplazamiento por otras especies coexistentes mejor adaptadas a las nuevas condiciones climáticas (OGAYA et al., 2003). Por lo tanto, la silvicultura utilizada debe de estar enfocada a la adaptación de las masas existentes y a la mitigación de los efectos del cambio climático.

Las podas han sido uno de los tratamientos selvícolas más frecuentemente aplicados en las

dehesas. Los principales objetivos de este tratamiento han sido la obtención de leñas, la mejora de la producción de bellota y la optimización de la producción y extracción del corcho. La influencia positiva de las podas en la producción de bellota está siendo cuestionada por distintos autores (CARBONERO et al., 2002; ALEJANO et al., 2011), lo que junto con la pérdida del valor de mercado de las leñas y la influencia negativa que las podas pueden tener en la propagación de los hongos fitopatógenos involucrados en el fenómeno conocido como la “*seca*”, están llevando a considerar la periodicidad, la intensidad y en general, la utilidad de este tratamiento.

En las dehesas también se han aplicado tradicionalmente tratamientos de suelo, y el laboreo es uno de los más frecuentes. El laboreo mejora la infiltración de agua en el suelo y la movilización de la materia orgánica depositada en la superficie, y además elimina el matorral leñoso y la vegetación herbácea agostada, permitiendo el desarrollo de una nueva producción de pastos o cultivos agrícolas (EICHORN et al., 2006). Sin embargo, este tratamiento aumenta sensiblemente la vulnerabilidad del suelo a la erosión, especialmente en zonas de clima mediterráneo. El laboreo también incide directamente en la regeneración del arbolado, tanto por su eliminación directa como por la desaparición de especies facilitadoras que protegen a las plántulas durante sus primeras etapas (PULIDO & DIAZ, 2005).

En ecosistemas mediterráneos los dos nutrientes que más frecuentemente limitan el crecimiento de las plantas son el nitrógeno y el fósforo (GALLARDO et al., 2009), no experimentando este último elemento un ciclo gaseoso, por lo que su única fuente es la meteorización de roca con contenido en este nutriente (GALLARDO et al., 2009). En la mayor parte de las dehesas el fósforo es generalmente muy escaso y limitante (MONTSERRAT, 1966). Por lo tanto, el aporte adicional de estos nutrientes a través de la fertilización del suelo podría tener una respuesta positiva en el crecimiento de las encinas y mejorar su estado de vigor y resiliencia frente a las frecuentes perturbaciones a las que se ven sometidas. En este sentido la fertilización fosfórica constituye uno de los tratamientos más interesantes en la mejora de las dehesas (YÁÑEZ et al., 1991). Por otra parte, debido a la acidez de sus suelos, estos

sistemas también suelen responder favorablemente al aporte de calcio (SAN MIGUEL, 1994).

El objetivo de este estudio ha sido la evaluación del efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de poda y de mejora de suelos sobre el crecimiento diametral a escala intra-anual de encinas (*Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp.) de 3 dehesas en diferentes localizaciones de la provincia de Huelva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parcelas experimentales

Este estudio fue realizado en 3 parcelas experimentales situadas en diferentes localizaciones de la provincia de Huelva (SO de España), concretamente en los términos municipales de Calañas (en adelante CA), San Bartolomé de la Torre (SB) y Villanueva de los Castillejos (HR). Todas las parcelas se encuentran localizadas en dehesas de encina, cuyo principal aprovechamiento es el ganado de lidia y el cerdo ibérico. El estrato arbustivo es escaso y está representado principalmente por *Cistus ladanifer* y *Cistus crispus*. El estrato herbáceo es muy abundante, formado principalmente por un pastizal de gramíneas.

Tratamientos de suelo

La parcela de HR se dividió en 9 subparcelas, cada una de ellas conteniendo un número aproximado de entre 20 y 25 pies. Posteriormente se aplicaron dos tratamientos de suelo, cada uno en tres subparcelas seleccionadas al azar, dejando otras tres subparcelas como grupo de control (testigo). Los tratamientos fueron: (1º) laboreo del suelo y (2º) laboreo+fertilización+siembra, aplicados durante el otoño del 2005 y repetidos en el otoño del 2008. Para el tratamiento de laboreo se utilizó una grada de discos acoplada a un tractor agrícola de tamaño medio capaz de circular con facilidad entre las encinas. Para el tratamiento de laboreo+fertilización+siembra se practicó primero un laboreo con la misma metodología anteriormente descrita y posteriormente se realizó un abonado con superfosfato de cal (0-18-0) y una siembra con *Lupinus luteus* L. (tremosilla), una leguminosa mejoradora de suelos y bien adaptada a las con-

diciones ecológicas de la zona, utilizando una sembradora mecánica de tubo oscilante. Se repartieron un total de 300 kg de fertilizante y 60 kg de semillas en las subparcelas correspondientes a este tratamiento.

Tratamientos de poda

Los árboles de las parcelas SB y CA fueron sometidos a un tratamiento de poda de tres intensidades diferentes: ligera, moderada y fuerte, manteniendo otros ejemplares sin tratamiento y utilizados como grupo de control (25 pies/tratamiento en SB y 20 pies/tratamiento en CA). Este tratamiento fue realizado en el mes de febrero de 2003. La asignación de cada tipo de poda a los diferentes pies se realizó por muestreo aleatorio estratificado por clases diamétricas. Una vez realizado el tratamiento se cuantificó la intensidad de poda mediante la pesada de los residuos de cada árbol. La clasificación en cada tipo de poda se realizó en función de la relación Peso seco/diámetro (PS/d) de los residuos, estableciendo la poda débil en $PS/d < 0,88$, la poda moderada en $0,88 \leq PS/d \leq 1,72$ y la poda fuerte en $PS/d > 1,72$ (ALEJANO et al., 2004).

Medición del crecimiento diametral

Se instalaron un total de 119 dendrómetros de banda de lectura manual en árboles elegidos en cada parcela mediante muestreo aleatorio estratificado por clase diamétrica y tratamiento de suelo o poda. Por parcela se instalaron 55 en HR, 32 en SB y 32 en CA. Estos dispositivos fueron medidos mensualmente con un calibre digital de 0,01 mm de precisión, entre los años 2003 y 2010 (2003-2006 en el caso de CA debido a la aparición de la “seca” y 2006-2010 en HR ya que la parcela fue establecida a finales de 2005). Con los datos de crecimiento de cada árbol se calculó el crecimiento medio diario entre el primer y el último día de cada mes del periodo de estudio.

Análisis de datos

El análisis se realizó mediante dos modelos lineales mixtos, uno para los tratamientos de suelo de la parcela HR y otro para los tratamientos de poda de las parcelas SB y CA. Los modelos iniciales son modelos lineales mixtos con efecto aleatorio árbol y efectos fijos parcela, mes, año, tratamientos y sus diferentes interacciones.

Para la selección de la mejor estructura de cada modelo se han experimentando distintas estructuras de la matriz de varianzas-covarianzas que tienen en cuenta la posible correlación temporal entre observaciones tomadas en un individuo para observaciones consecutivas. Una vez definida la mejor estructura del modelo se determinaron los parámetros de los efectos fijos mediante mínimos cuadrados generalizados, determinando la significación de cada efecto mediante un test F y manteniendo en el modelo final sólo los efectos e interacciones significativas.

RESULTADOS

Efecto de los tratamientos de suelo

La estructura de la matriz de varianza-covarianza finalmente seleccionada para el modelo fue de tipo no estructurada de 4 bandas. El efecto aleatorio árbol resultó significativo y se incluyó en el modelo. El modelo indica que no existen diferencias significativas de crecimiento entre los diferentes tratamientos (Tabla 1).

Efecto de los tratamientos de podas

Para este modelo la mejor estructura de matriz de varianza-covarianza encontrada fue del tipo no estructurada de 2 bandas, con efecto aleatorio significativo árbol. El modelo indica que sólo existen diferencias significativas en los efectos tratamiento*mes y tratamiento*mes*parcela (Tabla 2), indicando que aunque no existe un efecto significativo generalizado de las podas sobre el crecimiento, sí aparecen algunos meses en los que las diferencias entre tratamientos son significativas (Figuras 1 y 2).

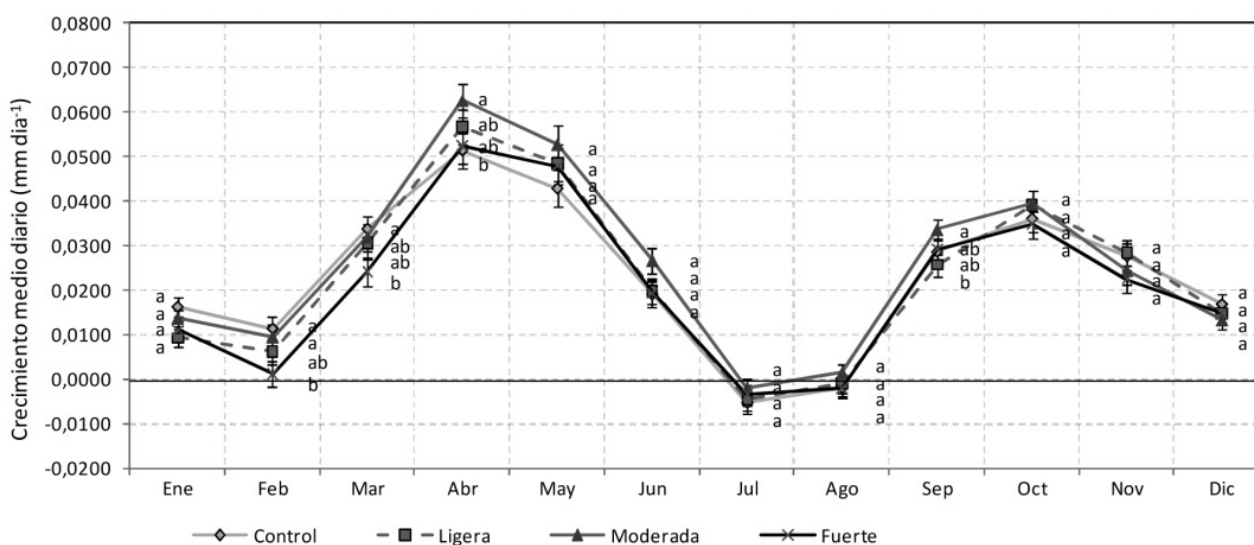
DISCUSIÓN

Nuestro estudio indica que los tratamientos de mejora de suelo no tienen ningún efecto sobre el crecimiento. La encina es una especie de crecimiento lento, bien adaptada a suelos pobres y a la poca disponibilidad de agua. El tratamiento de laboreo mejora la infiltración de agua en el suelo y reduce la competencia de herbáceas y especialmente de matorral. Sin embargo, este tratamiento no mejoró el creci-

Efecto	Valor F	Prob. > F
TRATAMIENTO	1,51	0,2217
AÑO	59,95	<,0001
MES	151,82	<,0001
TRATAMIENTO *AÑO	0,49	0,8647
TRATAMIENTO*MES	1,00	0,4643
AÑO* MES	57,72	<,0001
TRATAMIENTO*AÑO*MES	1,20	0,1033

Tabla 1. Significación de los efectos fijos en el modelo de tratamientos de suelo

Efecto	Valor F	Prob. > F
AÑO	98,65	<,0001
MES	160,20	<,0001
PARCELA	122,78	<,0001
TRATAMIENTO	1,39	0,2444
TRATAMIENTO*MES	1,80	0,0034
PARCELA*TRATAMIENTO	0,82	0,4809
AÑO*TRATAMIENTO	0,91	0,5831
AÑO*MES*TRATAMIENTO	0,97	0,6157
TRATAMIENTO*MES*PARCELA	0,42	0,9278
PARCELA*MES*TRATAMIENTO	1,61	0,0151
PARCELA*AÑO*MES*TRATAMIENTO	0,98	0,5306
AÑO*MES	56,84	<,0001
PARCELA*AÑO	26,03	<,0001
PARCELA*AÑO*MES	13,72	<,0001
PARCELA*MES	22,89	<,0001

Tabla 2. Significación de los efectos fijos en el modelo de tratamientos de poda**Figura 1.** Modelización del crecimiento medio diario entre tratamientos de poda en la parcela SB ($\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1} \pm$ desviación estándar). Letras indican diferencias significativas de $p < 0,05$

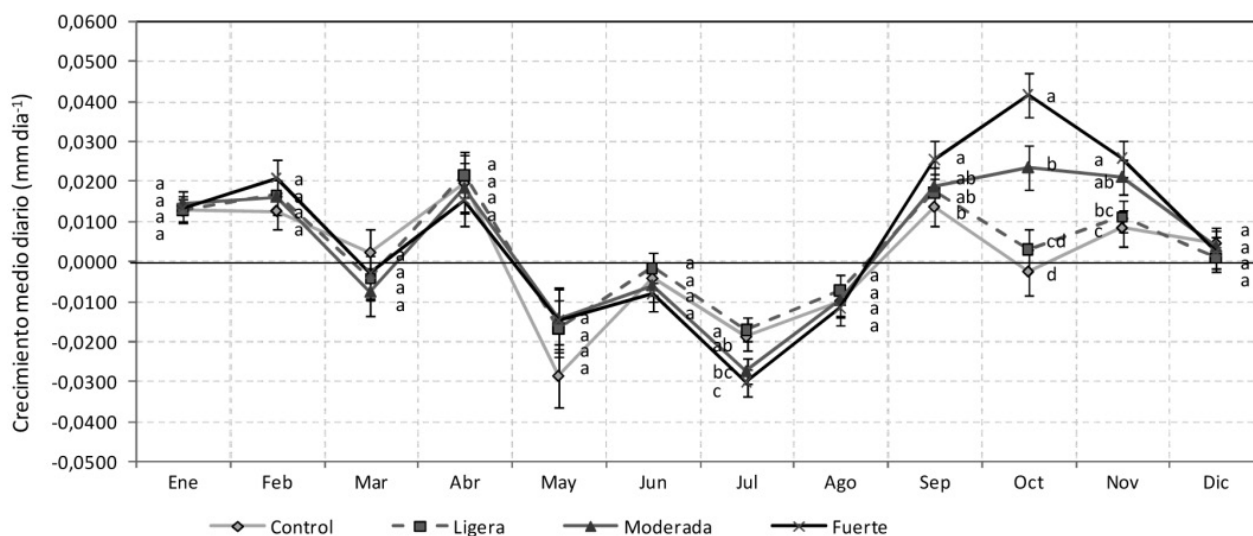


Figura 2. Modelización del crecimiento medio diario entre tratamientos de poda en la parcela CA ($\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1} \pm$ desviación estándar). Letras indican diferencias significativas de $p < 0,05$

miento de los árboles en los que fue aplicado, por lo que suponemos que la capacidad de infiltración de agua y la competencia de matorral y herbáceas no son factores limitantes del crecimiento en esta parcela.

El segundo tratamiento, laboreo+fertilización+siembra, tampoco tuvo un efecto significativo. La fertilización en masas forestales extensivas no es una práctica muy extendida debido a que el aporte de abono en ausencia de irrigación o de precipitaciones abundantes no es aprovechado correctamente por las plantas e incluso puede llegar a ser perjudicial en zonas secas al disminuir el potencial hídrico del suelo. Estudios experimentales sobre fertilización en encina han puesto de manifiesto el efecto positivo de la fertilización en el crecimiento diametral solamente bajo periodos de abundante precipitación (CARTAN-SON et al., 1992). Sin embargo, al igual que en nuestro estudio, en otros no se han encontrado ningún efecto positivo de la fertilización, incluso acompañada de irrigación (MAYOR et al., 1994). Por otra parte, en un análisis del estado fisiológico de las encinas fertilizadas en la misma parcela realizado por CAREVIC et al. (2009), no se encontraron diferencias significativas en el tratamiento de laboreo+fertilización+siembra sobre el conjunto de parámetros estudiados, por lo que debido a la fuerte correlación existente entre estado fisiológico y crecimiento, sus resultados apoyan adicionalmente nuestra teoría. Asimismo, la siembra de

Lupinus luteus, especie mejoradora de suelo y fijadora de N_2 tiene un efecto limitado en el crecimiento, ya que en las dehesas el aporte de nitrógeno en superficie no es frecuentemente aprovechado por las encinas (MORENO et al., 2007). Además, un suplemento adicional de nitrógeno puede favorecer a especies herbáceas y de matorral, como *Cistus* spp., estas últimas competidoras de la encina (RIVEST et al., 2011).

Por otra parte, trabajos fitopatológicos recientes y posteriores al inicio de nuestro estudio (SERRANO et al., 2009) han demostrado que *Lupinus luteus* es un vector del hongo *Phytophthora cinnamomi*, el principal agente responsable de la “seca”, por lo que su uso como especie mejoradora de suelos en dehesas debe ser controlado.

Las podas, a excepción de algunos meses, tampoco fueron significativas en la mejora del crecimiento, resultando incluso perjudiciales en otros (Figuras 1 y 2). Las diferencias encontradas aparecen principalmente en CA, parcela en la que debido a su grave estado fitosanitario provocado por la acción de la “seca”, las podas posiblemente estén ocasionando diferencias en el crecimiento o en los procesos de deshidratación e hidratación, tal y como se observa por su patrón de crecimiento intra-anual (Figura 2), con valores generalmente reducidos y menor autocorrelación temporal.

El uso de las podas está muy extendido entre gestores y propietarios y ha sido tradicio-

nalmente utilizado en las dehesas con objeto de mejorar el vigor de los árboles, obtener leñas y favorecer la producción de bellota. Sin embargo, algunos estudios indican que las podas no tienen un efecto positivo en la mejora de la producción de bellota (CARBONERO et al., 2002; ALEJANO et al., 2011.). En base a nuestros resultados, las podas solamente influyen significativamente en el crecimiento de la encina en algunos determinados meses de cada parcela, por lo tanto su realización no se justifica desde el punto de vista de la mejora del vigor, aunque su aplicación con otros fines de gestión, por ejemplo la obtención de leñas, tampoco es perjudicial si no son excesivas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEJANO, R.; ALAEJOS, J. & TORRES, E.; 2004. Pruning quantification and biomass production in two holm oak dehesas of South West Spain. In: M. Arianoutsou y V.P. Papanastasis (eds.), *Proceedings of the 10th International Conference on Mediterranean climate ecosystems*: 40-49. Millpress. Rotterdam.
- ALEJANO, R.; VÁZQUEZ-PIQUÉ, F.; CAREVIC, F. & FERNÁNDEZ, M.; 2011. Do ecological and silvicultural factors influence acorn mass in Holm Oak (southwestern Spain)?. *Agroforest. Syst.* 83: 25-39.
- CARBONERO, M.D.; FERNÁNDEZ, P. Y NAVARRO, R.; 2002. Evaluación de la producción y del calibre de bellotas de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. a lo largo de un ciclo de poda. Resultados de la campaña 2001–2002. En: *XLII Reunión de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*: 633–638. S.E.E.P.
- CAREVIC, F.S.; FERNÁNDEZ, M.; ALEJANO, R.; VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; TAPIAS, R.; CORRAL, E. & DOMINGO, J.; 2009. Plant water relations and edaphoclimatic conditions affecting acorn production in a holm oak (*Quercus ilex* L. ssp. *ballota*) open woodland. *Agroforest. Syst.* 78: 299–308.
- CARTAN-SON, M.; FLORET, C.; GALAN, M.J.; GRANDJANNY M.; LEFLOCH, E.; MAISTRE, M.; PERRET, P. & ROMANE, F.; 1992. Factors affecting radial growth of *Quercus ilex* L. in a coppice stand in southern France. *Vegetatio* 100: 61–68.
- EICHHORN, M.P.; PARIS, P.; HERZOG, F.; INCOLL, L.D.; LIAGRE, F.; MANTZANAS, K.; MAYUS, M.; MORENO, G.; PAPANASTASIS, V.P.; PILBEAM, D.J.; PISANELLI, A. & DUPRAZ, C.; 2006. Silvoarable systems in Europe—past, present and future prospects. *Agroforest. Syst.* 67: 29–50.
- IPCC.; 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. CoreWriting Team. Pachauri R.K. & Reisinger A. (eds.). IPCC. Geneva.
- GALLARDO, A.; COVELO, F.; MORILLAS, L. Y DELGADO, M.; 2009. Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas* 18: 4-19.
- MAYOR, X.; BELMONTE, R.; RODRIGO, A.; RODA, F. Y PIÑOL, J.; 1994. Crecimiento diametral de la encina (*Quercus ilex* L.) en un año de abundante precipitación estival: efecto de la irrigación previa y de la fertilización. *Orsis* 9:13-23.
- MORENO, G.; OBRADOR, J.; GARCÍA, E.; CUBERA, E.; MONTERO, M.; PULIDO, F. & DUPRAZ, C.; 2007. Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practices. *Agroforest. Syst.* 70: 25–40.
- MONTSERRAT, P.; 1966. La dehesa extremeña. En: *Actas VII Reunión científica de la S.E.E.P. (Badajoz-Elvas)*: 224-233. Madrid.
- OGAYA, R.; PEÑUELAS, J.; MARTÍNEZ-VILALTA, J. & MANGIRON, M.; 2003. Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain. *Forest Ecol. Manage.* 180: 175–184.
- PULIDO, F.J. & DÍAZ, M.; 2005. Regeneration of Mediterranean oak: a whole cycle approach. *EcoScience* 12: 92-102.
- RIVEST, D.; ROLO, V.; LÓPEZ-DÍAZ, M.L. & MORENO, G.; 2011. Belowground competition for nutrients in shrub-encroached Mediterranean dehesas. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 90: 347–354.

- SAN MIGUEL, A.; 1994. *La dehesa española: origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- SERRANO, M.S.; FERNÁNDEZ-REBOLLO, P.; CARBONERO, M.D.; TRAPERO, A. Y SÁNCHEZ, M.D.; 2009. La tremosilla (*Lupinus luteus*): un nuevo huésped de la *Phytophthora cinnamomi* en las dehesas de Andalucía occidental. *Bol. San. Veg. Plagas* 35: 75-87.
- YAÑEZ, F.; ALCOLADO, V.; PAREDES, J.; VERDASCO, P.; LÓPEZ-CARRASCO, C. Y OLEA, L.; 1991. *Mejora de pastos de secano en el S.O. de la provincia de Ciudad Real*. S.I.E.A. de Castilla-La Mancha. Toledo.