



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-004

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Influencia de las características edáficas en el crecimiento de *Quercus faginea* Lam. y *Juglans regia* L. en plantaciones en clima semiárido (La Noguera, Lleida)

OLARIETA ALBERDI, J.R.¹, RODRÍGUEZ OCHOA, R.¹, CIVICO MARTIN, V.¹,
ASCASO SASTRON, E.^{1,2}

¹ Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida

² Institut Geològic de Catalunya

Resumen

Se analizó la influencia de las características de los suelos sobre el crecimiento de repoblaciones de 10 años de *Quercus faginea* Lam. y *Juglans regia* L. en 11 y 6 parcelas, respectivamente, situadas en el término de Ivars de Noguera (Lleida) y que anteriormente eran campos de cultivo. En cada parcela, de 200 m², se contó el número de pies, y se midieron las alturas y diámetros de éstos. Se abrió una calicata y se muestrearon y analizaron los horizontes del suelo. Las parcelas se encuentran situadas en fondo de valle o en laderas bajas, y los suelos son, principalmente, *Haploxerepts fluvénticos* o *Haploxerepts gypsicos*, bien drenados, no salinos, poco pedregosos, con profundidad enraizable superior a 30 cm, contenidos de 1-3% de materia orgánica, 30-40% de carbonatos, y en tres casos con contenidos de yeso del 33-70% en los horizontes superficiales. La resistencia a la penetración en los 50 cm superficiales del suelo es de 3'3- 7'4 MPa en los suelos sin yeso y de 3'8 MPa en suelos con yeso. Las alturas dominantes de *Quercus faginea* son de 15-194 cm en suelos con yeso y 147-532 cm en suelos sin yeso, con diámetros medios en la base del tronco de 3-34 mm y 27-95 mm respectivamente. Las parcelas de *Juglans regia* no incluyen suelos con yeso, y las alturas dominantes son de 122-297 cm y los diámetros medios en la base de 25-42 mm. El crecimiento de *Q. faginea* está relacionado positivamente con el contenido de potasio extraíble en los horizontes superficiales del suelo y negativamente con el contenido de yeso. El crecimiento de *J. regia* queda afectado negativamente por el contenido de carbonatos y la resistencia a la penetración, y positivamente por la materia orgánica del suelo. *Q. faginea* muestra buenas posibilidades para su utilización en repoblaciones en este tipo de suelos profundos en climas semiáridos, mientras que *J. regia* muestra más limitaciones.

Palabras clave

Compacidad del suelo, evaluación del territorio, suelos forestales, yeso

1. Introducción

La política de la Unión Europea de apoyar las plantaciones forestales en tierras anteriormente utilizadas para la producción agrícola se ha desarrollado sin que existan criterios claros que permitan establecer las posibilidades de establecimiento y desarrollo de las especies forestales en diferentes condiciones de suelos y microclimas.

Si bien los requisitos de las principales especies de pinos han sido estudiados con detalle a escala estatal (GANDULLO y SANCHEZ, 1994), para otras especies, como las del género *Quercus*, apenas se dispone de información. Algunos trabajos han estudiado la

distribución natural de *Quercus faginea* Lam. en función de características edáficas (NUÑEZ et al., 2003; MALTEZ-MOURO et al., 2005; LOPEZ y SÁNCHEZ, 2008), pero no existe apenas información sobre plantaciones de esta especie o de *Juglans regia* L.

Por otra parte, es necesaria una diversificación en las especies utilizadas en las plantaciones forestales, especialmente en zonas semiáridas, en las que una altísima proporción se han realizado con *Pinus halepensis* Mill. Además, las plantaciones de esta especie muestran graves limitaciones en determinadas condiciones edáficas (OLARIETA et al., 2000), y desde el punto de vista de favorecer la regeneración de otras especies (MAESTRE & CORTINA, 2004).

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

- evaluar el crecimiento de *Quercus faginea* Lam. y *Juglans regia* L. en plantaciones realizadas en medio semiárido en Ivars de Noguera (Lleida), y
- determinar las características edáficas más influyentes sobre el crecimiento de estas especies.

3. Metodología

Las plantaciones estudiadas de *Q. faginea* y *J. regia* se encuentran en el término municipal de Ivars de Noguera (Lleida) (longitud: 0°37' (Este); latitud: 41°50' (Norte); altitud: 380 m). Los datos del observatorio meteorológico de Alfarrás, situado a 3 km de la zona de estudio y a una altitud de 280 m, muestran una temperatura media anual de 14'2 °C y una precipitación media anual de 349 mm, con una evapotranspiración media anual estimada (método Turc) de 970 mm. La temperatura media del mes más frío es de 4'8 °C y la del mes más cálido de 24'2 °C.

Las plantaciones estudiadas, de 10 años de edad, se realizaron sobre parcelas anteriormente utilizadas en agricultura de secano (cereal de invierno). Las labores de preparación consistieron en un subsolado a 60 cm en las líneas de plantación. Se utilizaron plantas de 1 año producidas en un vivero local a partir de semilla recogida en la zona, y protector plástico. En las parcelas se mezclaron plantas de las dos especies, y en el año posterior se realizó la reposición de marras con planta del mismo vivero, pero no se dispone de datos sobre la densidad inicial de plantación ni sobre el número de marras.

Las parcelas estudiadas se encuentran en un fondo de valle sobre sedimentos finos o en laderas bajas adyacentes sobre yesos terciarios. Dentro de las parcelas catastrales se definieron un total de 13 parcelas muestrales de 200 m² de extensión, siete de las cuales sólo contenían pies de *Q. faginea*, dos sólo contenían pies de *J. regia*, y cuatro parcelas tenían pies de las dos especies. En cada una de las parcelas muestrales se realizó un conteo de los pies y se midió su altura y el diámetro a 1'30 m (cuando esto era posible por la altura de los pies) y en la base del tronco. Para cada parcela se calculó la altura y el diámetro medio (a 1'30 m de altura y en la base) de todos los pies de cada especie. También se calcularon para cada parcela la altura y el diámetro dominante de cada especie como la altura y el diámetro en la base medios de los tres pies más altos de cada parcela.



En cada parcela muestral, y siguiendo los criterios SINEDARES (CBDSA, 1983), se realizó una descripción del medio y una caracterización del suelo mediante una calicata abierta hasta el material geológico subyacente o hasta una profundidad de 130 cm. En cada horizonte se determinó la resistencia a la penetración mediante un penetrómetro de mano con 10 pruebas por horizonte.

Se muestrearon los horizontes para analizar en laboratorio el pH en agua, la materia orgánica (método Walkley-Black), el carbonato cálcico equivalente (con el calcímetro de Bernard), la conductividad eléctrica en extracto 1:5, el fósforo asimilable (método Olsen), el potasio extraíble con acetato amónico (determinación por absorción atómica), y el contenido en yeso (ARTIEDA et al., 2006). Los suelos se clasificaron según Soil Taxonomy (SSS, 1999).

El tratamiento estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS, utilizando los valores, para cada especie, de altura dominante, altura media, y diámetro medio y diámetro dominante en la base, y los valores medios de las variables edáficas en los 50 cm superficiales del suelo. Las regresiones lineales se realizaron paso a paso (incluyendo sólo los modelos en que las variables entran individualmente con $P < 0.10$) y comprobando las hipótesis de normalidad, linealidad, homocedasticidad, e independencia de las variables explicativas. Se estudió el efecto de la presencia de yeso en el suelo sobre el desarrollo de *Q. faginea* mediante el análisis de modelos lineales generalizados (GLM) de las alturas y diámetros de esta especie en parcelas de suelos con y sin yeso.

4. Resultados

Caracterización de los suelos

Los suelos desarrollados sobre sedimentos en fondo de valle son, principalmente, *Xerofluvents típicos* o *Haploxerepts fluvénticos*, con más de 130 cm de profundidad y buen drenaje. Son suelos no salinos, de textura franco-limosa o franco-arcillo-limosa y, generalmente, con pocos a frecuentes elementos gruesos hasta 100 cm de profundidad (Tabla 1).

Estos suelos pertenecen a la familia *carbonática*, con contenidos medios de 36-52% de carbonatos en los 50 cm superficiales. El contenido en materia orgánica varía entre 0.9% y 2.9%, el de fósforo asimilable entre 5 ppm y 16 ppm, y el de potasio extraíble entre 61 ppm y 165 ppm. La resistencia a la penetración aumenta en profundidad dentro de los suelos estudiados, con valores entre 3.3 MPa y 7.4 MPa en los 50 cm superficiales, y entre 6.2 MPa y 8.3 MPa a profundidades superiores.

Los suelos desarrollados sobre yeso son *Haploxerepts gypsicos*, bien drenados, no salinos, con una profundidad superior a 130 cm, textura franco-limosa, y pocos elementos gruesos. En los 50 cm superficiales tienen un contenido medio de yeso de 33-70%, pero en un caso se alcanza el 88% de yeso a los 15 cm de profundidad. Estos suelos tienen un 17-34% de carbonatos, 1.9% de materia orgánica, 153-238 ppm de potasio extraíble, y niveles prácticamente nulos de fósforo asimilable (menos de 2 ppm). La resistencia a la penetración es muy homogénea en estos horizontes superficiales, entre 3.7 MPa y 3.8 MPa, aumentando en profundidad a valores de 4.8 MPa a 8.5 MPa.

Quercus faginea

El diámetro medio en la base del tronco de *Q. faginea* en las parcelas estudiadas es de 42 mm, y el dominante de 64 mm, con coeficientes de variación del 47% y 49%, respectivamente. En las parcelas y pies en que fue posible medirlo, el diámetro medio a 1'30 m de altura variaba entre 24 mm y 53 mm. La altura media de los pies es de 202 cm, y la dominante es de 283 cm, con un coeficiente de variación en ambos casos de 53% (Tabla 2). Todas estas variables están altamente correlacionadas entre sí con coeficientes positivos y superiores a 0'90 ($P < 0'001$).

Tabla 1. Caracterización de los suelos de las parcelas muestrales

Parcela	Clasificación	Textura*	Materia orgánica (%)*	Carbonatos (%)*	Yeso (%)*	Potasio (ppm)*	Resistencia penetración (MPa)*
p1	Haploxerept gypsico	Franco-limosa	2'2	35	37	196	2'5
p2	Haploxerept gypsico	Franco-limosa	2'6	35	29	231	2'7
p3	Haploxerept gypsico	Franca	1'9	28	49	153	3'6
p4	Xerofluvent típico	Franco-arcillo-limosa	2'9	36	0	165	5'6
p5	Xerofluvent típico	Franco-limosa	2'0	40	0	78	4'6
p6	Xerofluvent típico	Franco-limosa	2'0	42	0	85	6'2
p7	Xerofluvent típico	Franco-arcillo-limosa	1'5	41	0	77	5'9
p8	Xerofluvent típico	Franco-limosa	0'95	42	0	67	5'7
p9	Haploxerept fluvéntico	Franco-limosa	2'0	42	0	64	5'8
p10	Haploxerept fluvéntico	Franco-limosa	1'9	39	0	67	3'9
p11	Haploxerept fluvéntico	Franco-limosa	2'7	39	0	62	3'3
p12	Calcixerept típico	Franco-limosa	2'7	48	0	61	6'3
p13	Calcixerept típico	Franco-limosa	1'9	52	0	63	6'5

*: valores del horizonte mineral superficial

El crecimiento de *Q. faginea* es significativamente menor ($P=0'02$), tanto en altura como en diámetro, en los suelos con yeso (Tabla 3).

En los suelos con yeso, aunque sólo se han podido estudiar tres parcelas, el diámetro medio en la base de esta especie está relacionado negativamente con la cantidad de yeso en los 50 cm superficiales del suelo ($r=0'99$; $P=0'03$; $n=3$).

Para las parcelas con suelos sin yeso el crecimiento en altura media ("Hmed") de *Q. faginea* aparece influenciado positivamente por el contenido en potasio extraíble en los 50 cm superficiales del suelo ("K"):

$$\text{Hmed} = 96'7 + 1'8 * K$$

$$(R^2=0'54; P=0'06; n=8)$$

Juglans regia

El diámetro medio en la base del tronco de *J. regia* en las parcelas estudiadas varía entre 25 mm y 42 mm, y el dominante entre 31 mm y 68 mm. El diámetro medio a 1'30 m de altura, donde fue posible medirlo, variaba entre 10 mm y 55 mm. Las alturas medias eran de 134 cm y las dominantes de 202 cm, con coeficientes de variación del 59% (Tabla 4). Las correlaciones entre estas variables de crecimiento también fueron positivas y superiores a 0'90 ($P < 0'001$).

Tabla 2. Altura y diámetros medios de *Q. faginea* en las parcelas muestrales

Parcela	altura media (cm)	altura dominante (cm)	diámetro medio en la base (mm)	diámetro dominante en la bse (mm)	densidad total (pies/ha)
p1	15	15	3	3	1667
p2	122	171	34	49	2167
p3	115	194	22	53	2176
p4	392	532	63	89	733
p5	283	375	56	89	650
p6	319	450	62	90	800
p7	124	147	23	27	150
p10	178	238	37	60	550
p11	241	379	58	95	750
p12	219	303	52	77	400
p13	210	312	56	91	650

El diámetro medio de nogal en la base del tronco (“Dmed”) puede explicarse por la variación en el contenido de materia orgánica (“MO”) en los 50 cm superficiales del suelo (entre 0'95% y 2'9%), mediante el siguiente modelo:

$$Dmed = 20'3 + 7'76 * MO \quad (R^2=0'57; P=0'08; n=6)$$

Tabla 3. Variación de las alturas y diámetros en la base de *Quercus faginea* en función de la presencia de yeso en el suelo (valores medios; entre paréntesis se detallan las desviaciones típicas)

	Diámetro medio en la base (mm)*	Diámetro dominante en la base (mm)*	Altura media (cm)*	Altura dominante (cm)*
Suelos sin yeso (n=8)	51 (14)	77 (23)	246 (84)	342 (120)
Suelos con yeso (n=3)	20 (16)	35 (25)	84 (60)	127 (98)

*: diferencia significativa a $P < 0'05$.

Por su parte, el diámetro dominante en la base (“Ddom”) se relaciona negativamente con la resistencia a la penetración en los horizontes superficiales del suelo (“Pen”), que varía entre 5'6 MPa y 7'4 MPa, mediante el modelo:

$$Ddom = 167'7 - 17'4 * Pen \quad (R^2=0'57; P=0'08; n=6)$$

La altura media de (“hm”) de nogal se explica significativamente por el contenido en carbonatos en los 50 cm superficiales del suelo (“Carb”), variable entre el 36% y el 42%, siguiendo el modelo:

$$hm = 1143,7 - 24,7 * \text{Carb}$$

$$(R^2=0,80; P=0,02; n=6)$$

Tabla 2. Altura y diámetros medios de *J. regia* en las parcelas muestrales

Parcela	altura media (cm)	altura dominante (cm)	diámetro medio (mm)	diámetro dominante (mm)	densidad total (pies/ha)
p4	242	297	41	48	733
p5	163	259	39	68	650
p6	163	285	42	61	800
p8	93	122	25	30	350
p9	86	123	31	40	650
p10	86	125	32	38	550

Y la altura dominante de *J. regia* (“hdom”) aumentaría con el contenido superficial de materia orgánica en el suelo:

$$hdom = 22,5 + 96 * \text{MO}$$

$$(R^2=0,54; P=0,10; n=6)$$

5. Discusión

Aunque no se puede obtener información sobre la supervivencia de *Q. faginea* y *J. regia* en las condiciones de las parcelas estudiadas, dada la ausencia de datos sobre las densidades iniciales de plantación y sobre las reposiciones de marras, el crecimiento es satisfactorio teniendo en cuenta que estas plantaciones no tienen un objetivo productivo.

Las condiciones de intensa sequía climática de la zona, con una pluviometría media anual inferior a 400 mm, una evapotranspiración potencial superior a 900 mm y un déficit mayor de 600 mm, son superiores a los valores extremos en el área de distribución de *Q. faginea* en la provincia de Guadalajara (LOPEZ y SANCHEZ, 2008), y a los considerados en la literatura general para las dos especies (MESON Y MONTOYA, 1993; MARTIN et al., 1998; MUNCHARAZ, 2001; MONTERO et al., 2003). Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que estos valores deberían ampliarse en el rango inferior, especialmente para *Q. faginea*, dado el buen crecimiento de esta especie en las parcelas estudiadas, y su frecuente presencia en pequeños bosquetes naturales en el entorno de la zona de estudio.

La definición de la profundidad enraizable de los suelos en campo ha resultado difícil dado el escaso desarrollo radicular de los pies, excepto en uno de los suelos en el que se alcanzaban contenidos de yeso de 88% a 15 cm de profundidad, que resultaban claramente limitantes para el enraizamiento. Valores de resistencia a la penetración superiores a 3 MPa se consideran críticos para el desarrollo radicular (WEBB & WILSON, 1995; SINNET et al., 2008), no habiéndose encontrado raíces con valores por encima de 6 MPa en algunos ensayos (SINNET et al., 2008). Los valores de resistencia a la penetración obtenidos en los suelos estudiados son siempre superiores a 6 MPa a partir de 50 cm de profundidad, excepto en los suelos con yeso. Sin embargo, es frecuente encontrar en estos horizontes densidades de raíces superiores a 10 por decímetro cuadrado, límite sugerido por FITZPATRICK (1996) para definir la profundidad de enraizamiento del suelo.

El efecto negativo de la presencia de yeso en el suelo sobre el crecimiento de *Q. faginea* también se ha descrito en zonas cercanas para *Pinus halepensis* (OLARIETA et al., 2000), y

está relacionado con la disminución de la porosidad de aireación y de la capacidad de retención de agua disponible de estos suelos al aumentar su contenido en yeso (POCH et al., 1998), y con la prácticamente nula disponibilidad de fósforo en el suelo (niveles menores de 2 ppm en los suelos estudiados).

La respuesta positiva de *Q. faginea* a la presencia de potasio extraíble en el suelo refleja, por un lado los bajo niveles de este elemento en los suelos estudiados, en general inferiores a 80 ppm, y por otro, su importancia en el control del cierre estomático en condiciones de estrés hídrico, y su relación con la absorción de nitrógeno, nutriente al que muestran sensibilidad las plántulas de esta especie (MEDIAVILLA y ESCUDERO, 2008).

Los valores de fósforo obtenidos en los suelos sin yeso son relativamente altos, lo cual podría estar relacionado con el pasado agrícola reciente de las parcelas estudiadas, ya que aquellos valores son superiores a los de suelos próximos sin esta influencia (OLARIETA et al., 2000). Estos niveles parecen suficientes para el desarrollo de *Q. faginea*, ya que aunque esta especie se relaciona con suelos más ricos en nutrientes que los de masas adyacentes de *Q. suber* en Portugal, tales suelos tienen valores medios de fósforo asimilable de 4'7 ppm (MALTEZ-MOURO et al., 2005), nivel inferior al valor medio obtenido en las parcelas de suelos sin yeso del presente trabajo.

La literatura es algo contradictoria en cuanto a los requisitos texturales del nogal. PINI et al. (1999) sugieren que en Italia una textura arenoso-franca es buena para el crecimiento de *J. regia*, mientras que PONDER (1982) afirma que *J. nigra* crece mal en suelos de textura gruesa en Estados Unidos.

En general, se considera que un suelo sin carbonatos proporciona unas buenas condiciones para el desarrollo de *J. regia* (PINI et al., 1999; MUNCHARAZ, 2001), lo que quedaría confirmado en este estudio con el efecto negativo del aumento en contenido de carbonatos en el suelo sobre la altura media de los pies de esta especie.

Los bajos contenidos de materia orgánica de los suelos estudiados, siempre inferiores al 3%, y en la mayoría de casos por debajo del 2%, resultan claramente restrictivos para el crecimiento del nogal tanto en altura como en diámetro, como también sugiere MUNCHARAZ (2001).

6. Conclusiones

La altura media *Quercus faginea* a los 10 años en las plantaciones estudiadas en medio semiárido es de 202 cm y las de *Juglans regia* de 134 cm. Estas plantaciones se han desarrollado, en general, sobre suelos profundos, bien drenados, no salinos, con valores altos de compacidad, y con contenidos altos de carbonatos, y bajos de materia orgánica y potasio extraíble.

La presencia de yeso en el suelo en niveles superiores al 30% afecta negativamente al crecimiento de *Q. faginea*. En suelos sin yeso, esta especie responde positivamente al aumento en el contenido de potasio. El contenido en materia orgánica del suelo es la principal variable que influye sobre el crecimiento de *J. regia*.

Q. faginea muestra buenas posibilidades para su utilización en repoblaciones en suelos profundos no salinos y bien drenados en climas semiáridos, mientras que *J. regia* presenta más problemas.

Agradecimientos

Agradecemos muy sinceramente la colaboración del Ayuntamiento de Ivars de Noguera así como la de los propietarios particulares de las parcelas estudiadas. También agradecemos los útiles comentarios aportados por el Comité Científico del Congreso a una versión anterior de este trabajo.

7. Bibliografía

ARTIEDA, O.; HERRERO, J.; DROHAN, P.J.; 2006. Refinement of the differential water loss method for gypsum determination in soils. *Soil Sci Soc Am J* 70, 1932-1935.

CBDSA (Comisión del Banco de Datos de Suelos y Aguas); 1983. SINEDARES. Manual para la Descripción Codificada de Suelos en el Campo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

FITZPATRICK, R.W.; 1996. Morphological indicators of soil health. En: Walker, J.; Reuter, D.J. (eds.): Indicators of Catchment Health. A Technical Perspective. 75-88. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.

GANDULLO, J.M. y SANCHEZ, O.; 1994. Estaciones Ecológicas de los Pinares Españoles. ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

LOPEZ, E. y SANCHEZ, O.; 2008. Caracterización del hábitat y áreas potenciales fisiográfico-climáticas del quejigo (*Quercus faginea* Lam.) en la provincia de Guadalajara. *Cuad Soc Esp Cienc For* 25, 267-272.

MAESTRE, F.T. & CORTINA, J.; 2004. Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas?. *For Ecol Manage* 198, 303-317.

MALTEZ-MOURO, S.; GARCIA, L.V.; MARAÑÓN, T.; FREITAS, H.; 2005. The combined role of topography and overstorey tree composition in promoting edaphic and floristic variation in a Mediterranean forest. *Ecol Res* 20, 668-677.

MARTIN, S.; DIAZ-FERNANDEZ, P.M.; DE MIGUEL, J.; 1998. Regiones de Procedencia de Especies Forestales Españolas. Descripción y Principales Características. Géneros *Abies*, *Fagus*, *Pinus* y *Quercus*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid

MEDIAVILLA, S.; ESCUDERO, A.; 2008. Limitaciones estomáticas y mesofílicas de la fotosíntesis en plántulas y árboles maduros de *Quercus faginea* y *Q. ilex*. *Cuad Soc Esp Cienc For* 28, 291-296.

MESON, M.; MONTOYA, M.; 1993. Selvicultura Mediterránea. Mundi-Prensa. Madrid.

MONTERO, G.; CISNEROS, O.; CAÑELLAS, I.; 2003. Manual de Selvicultura para Plantaciones de Especies Productoras de Madera de Calidad. INIA, Junta de Castilla-León, Mundi-Prensa. Madrid, Soria.

MUNCHARAZ, M.; 2001. El Nogal. Mundi-Prensa. Madrid.

NUÑEZ, M.A.; TAMAJON, R.; RECIO, J.M.; 2003. Distribución ecológica en función del pH de varias especies leñosas mediterráneas en Sierra Morena (España). *Lazaroa* 24, 49-60.

OLARIETA, J.R.; USON, A.; RODRIGUEZ, R.; ROSA, M.; BLANCO, R. & ANTUNEZ, M.; 2000. Land requirements for *Pinus halepensis* Mill. growth in a plantation in Huesca, Spain. *Soil Use Manage* 16, 88-92.

PINI, R.; PARIS, P.; BENETTI, A.; VIGNA GUIDI, G.; PISANELLI, A.; 1999. Soil physical characteristics and understory management in a walnut (*Juglans regia* L.) plantation in central Italy. *Agrofor Syst* 46: 95-105.

POCH, R.M.; DE COSTER, W.; STOOPS, G.; 1998. Pore space characteristics as indicators of soil behaviour in gypsiferous soils. *Geoderma* 87, 87-109.

PONDER, F.; 1982. Some guidelines for selecting black walnut planting sites. En: Black Walnut for the Future. 69-72. USDA, Forest Service. St. Paul, EEUU.

SINNET, D.; MORGAN, G.; WILLIAMS, M.; HUTCHINGS, T.R.; 2008. Soil penetration resistance and tree root development. *Soil Use Manage* 24, 273-280.

SSS (Soil Survey Staff); 1999. Soil Taxonomy, Second Edition. USDA. Washington, EEUU.

WEBB, T.H.; WILSON, A.D.; 1995. A Manual of Land Characteristics for Evaluation of Rural Land. Manaaki Whenua Press. Lincoln, Nueva Zelanda.

