



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-333

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Efecto de la adición de CaCO_3 al sustrato de cultivo en el desarrollo inicial de la raíz en encina y alcornoque

TORRES CRUZ, F.¹, LEAL MURILLO, JR.¹, HIDALGO FERNÁNDEZ, MT.¹ y FERNÁNDEZ REBOLLO, P.¹

¹ Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes. Universidad de Córdoba.

Resumen

El propósito de este trabajo ha sido evaluar el efecto de la adición de carbonato cálcico al sustrato de cultivo en el desarrollo del sistema radical de la encina (*Quercus ilex*) y del alcornoque (*Q. suber*) en los primeros días de cultivo. Para ello, se han utilizado dos sustratos, uno convencional compuesto por turba-arena (testigo) y otro similar al que se le añadió 150,6 g de CaCO_3 por litro. A los 5, 10 y 15 días contados desde la siembra se evaluó la profundidad a la que había llegado la raíz, su grosor en el cuello, peso seco y la longitud por clases de diámetro (finas, intermedias y gruesas) y el número de puntas y bifurcaciones. Para el alcornoque, la adición al sustrato de carbonato cálcico no ha dado lugar a modificaciones significativas en el desarrollo de la raíz en ninguna de las fechas. En la encina, a los 15 días de cultivo, las plantas testigo muestran mayor longitud de raíces finas e intermedias y de terminaciones, aunque con similar peso seco. Los resultados obtenidos sugieren que el carbonato cálcico puede tener un efecto retardador en el desarrollo de la raíz de encina.

Palabras clave

Quercus spp, carbonato cálcico, sistema radical, crecimiento, vivero.

1. Introducción

En Andalucía, las formaciones adehesadas están compuestas principalmente por encinas (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp) y alcornoques (*Quercus suber* L.) llegan a representar el 83,08% para este tipo de formación vegetal (COSTA *et al.*, 2006) En la actualidad los bosques de *Quercus* del mediterráneo tanto perennifolio como caducifolio, afrontan, una gran variedad de riesgos, pasando por la intervención humana, daños asociados a insectos y enfermedades causadas por microorganismos patogénicos, así como las características propias del clima mediterráneo: fuerte sequía coincidente con el periodo de máximas temperaturas, suelos pobres en nutrientes y presencia de elementos perturbadores como la herbívora y el fuego (BARAZA *et al.*, 2006). Por lo que, la acción individual o simultánea de algunos de estos factores puede llegar a generar un declive poblacional en las especies afectadas, acelerando la tasa de mortalidad de individuos adultos, y dificultando el proceso de incorporación de nuevos individuos en la población.

La regeneración de árboles y de arbustos del bosque mediterráneo, es un proceso dinámico de eventos, pasando por la floración, la producción y la dispersión de frutos, la germinación, la emergencia y el establecimiento de plántulas, el crecimiento y el reclutamiento de adultos (CLARK *et al.*, 1999; PULIDO, 2002). Superadas las fases de germinación y emergencia, las plántulas de *Quercus* también son muy sensibles al contenido de humedad en el suelo, resaltando el caso de las especies mediterráneas que sufren altas tasas de mortalidad durante el periodo estival (PULIDO y DÍAZ, 2005). La mayor vulnerabilidad al estrés hídrico que presentan las plántulas en comparación con los adultos puede ser debida, en gran parte, al menor desarrollo de sus sistemas radiculares, que les dificulta el acceso al agua en capas más profundas del suelo (NICOTRA *et al.*, 2002; PAZ, 2003).

El comportamiento del sistema radical de las plantas es uno de los aspectos menos estudiados, dado quizás por la complejidad que implica. Sin embargo, este es el órgano que primero entra en contacto con el medio, por tanto, quien provee a la parte aérea del agua, los nutrientes y los reguladores del crecimiento necesarios. A menudo, el crecimiento y la producción de una planta están limitados por la capacidad de las raíces para extraer el agua y los nutrientes del suelo y transportarlos hasta la parte aérea. La velocidad y cantidad de movimiento del agua desde las raíces a la parte aérea determinan la cantidad y concentración de sustancias que llegan a esta última (MARKHART y SMIT, 1990).

El calcio es un macronutriente esencial en el crecimiento de las plantas. Las plantas lo adquieren principalmente desde el suelo, presente aquí debido a la meteorización de los minerales (DEMAIFFE *et al.*, 2015). El calcio está implicado en numerosas situaciones de estrés en las plantas: salinidad, sequía, heladas, metales pesados, exceso de transpiración, o temperaturas elevadas (SHAO *et al.*, 2008). En situaciones de déficit de calcio en el suelo, se ha comprobado una reducción del crecimiento de los meristemos apicales (ROBERTSON, 2013), de la longitud de la raíz principal y de la iniciación de pelos absorbentes (CAO *et al.*, 2013). En plantas de guisante se ha comprobado que durante la fase de diferenciación y crecimiento inicial de los pelos radicales se produce un aumento de la síntesis de etileno y que cuando segmentos apicales de raíz de maíz se colocan en un medio con alta concentración de calcio se produce una mayor cantidad de etileno que cuando se colocan en un medio pobre en calcio (HASENSTEIN *et al.*, 1986). El calcio por tanto parece incrementar la elongación y densidad de los pelos radicales al potenciar la síntesis de etileno (PETRUZZELLI *et al.*, 2003). El calcio forma parte de la pared celular, localizándose en la lámina media confiriéndole rigidez. Además, al ser las paredes celulares menos estables, las raíces de las plantas que se desarrollan en suelos con deficiencia de calcio son más susceptibles a los ataques de patógenos (ALTUNLU *et al.*, 2007). En este sentido, la aplicación de enmiendas calizas en dehesas supone no solo una mejora de la nutrición de las plantas, aumentando su nivel de tolerancia a la infección (SERRANO *et al.*, 2010), sino que actúa sobre la producción de esporangios del patógeno en el suelo, disminuyendo la tasa de infecciones y, la sintomatología de la enfermedad radical causada por *P. cinnamomi* (SERRANO *et al.*, 2011b).

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar el efecto que produciría durante las primeras etapas del cultivo, sobre todo en la arquitectura radical, una adición de carbonato cálcico al sustrato de cultivo de las especies más representativas de las dehesas (encinas y alcornoques).

3. Metodología

El material vegetal utilizado en el desarrollo del trabajo ha procedido de dos árboles madre seleccionados para cada una de las especies estudiadas (*Quercus ilex*, y *Q. suber*). Los árboles madre para la encina provienen de la finca La Panadera, ubicada en el municipio de Pozoblanco en la provincia de Córdoba y forman parte de una dehesa reforestada en la década de los 90. Para el alcornoque, los progenitores proceden de los municipios de Cerro Muriano (Córdoba) y Córdoba. El procesamiento de material vegetal se llevó a cabo en primer lugar limpiando las muestras de bellotas de restos de hojas y cascabillos. Se seleccionaron visualmente aquellas libres de daños, eliminando las horadadas y podridas. Las bellotas se hidrataron en agua durante 24 horas y al mismo tiempo se eliminaron aquellas bellotas picadas y secas por flotación, y posteriormente se desinfectaron. Finalmente, se envasan en bolsas de plástico y se almacenan en cámara de frío a 5 °C y en oscuridad durante 5 días para su estratificado.

El sustrato de cultivo empleado consistió en una mezcla de Turba-arena (tratamiento 1= T1) y turba-arena-carbonato cálcico (CaCO₃) (tratamiento 2= T2), con una proporción de 6:1 (v/v) y 6:1:1 (v/v) respectivamente. El proceso de cultivo se llevó a cabo en bandejas forestales de 40 alvéolos

con una capacidad de 300 cm³. Las bellotas se pre-germinaron y una vez que la radícula comenzó a asomar se pesaron las bellotas y se sembraron. En total se ha evaluado el sistema radical de 120 bellotas sembradas, 60 bellotas de *Q. ilex* (30 por cada progenitor) y 60 bellotas de *Q. suber* repartidas igualmente entre los dos progenitores. Finalmente, éstas se pusieron en cámara de cultivo a una temperatura de 22 °C, humedad relativa del 80% y con 14 horas luz, y se regaron a saturación cada tres días.

El desarrollo del sistema radical se evaluó por separado para cada especie, progenitor, sustrato y en distintas fechas de extracción (a los 5, 10 y 15 días contados desde el momento que entraron en la cámara de cultivo). En cada momento de extracción las raíces se limpiaron con agua para eliminar el sustrato, cuidando que no se perdieran raíces en el lavado, se procedió a separar la raíz de la bellota y con un calibre se midió el diámetro en el cuello de la raíz (mm), longitud (mm) y su peso húmedo (g) y el peso seco de la bellota. A continuación, se procedió a realizar el escaneado de las raíces utilizando un escáner profesional HP 6100. Se escanearon en blanco y negro, y a color con una resolución de 600 x 600 dpi con un contraste y brillo de 132 y 129 respectivamente. Una vez finalizado el escaneado las raíces se secaron en estufa a 60°C durante 48 horas para obtener el peso seco. A continuación, mediante el programa de análisis de imagen WinRhizo® v. 4.1., se determinaron las variables de longitud total de la raíz (cm), diámetro medio radicular (mm), número de terminaciones (tips), número de bifurcaciones (forks), longitud por clases diamétricas: (0 a 0.5 cm ($L_{R\ 0<D<0.5}$), 0.5 a 2 cm ($L_{R\ 0.5<D<2}$), 2 a 20 cm ($L_{R\ 2<D<20}$), y los cocientes de longitud por clases diamétricas referidos a la longitud total radicular. El peso seco radicular (DRW) se calculó después de un proceso de secado en estufa a 60° C durante 48 h. A partir de los valores de longitud total y peso seco radicular se calculó el peso específico de raíz (mg/cm).

Además, 80 bellotas de cada una de las especies se sembraron en bandejas de alvéolos de 300 cc de capacidad en cada uno de los sustratos empleados (40 bellotas en T1 y 40 en T2) para controlar la emergencia de las mismas.

Para la emergencia, se analizó según Kaplan-Meier la especie en función del sustrato considerando todas las bellotas conjuntamente por cada especie. En cada fecha de extracción del sistema radical se compararon los parámetros evaluados mediante ANOVA. Cuando los datos no fueron normales se realizó el test de Kruskal-Wallis para cada especie (encina y alcornoque), tipo de sustrato (T1 y T2) y fecha de extracción. Los análisis fueron realizados con el programa Statistica 8.

4. Resultados

Los resultados del ensayo de emergencia de las bellotas para encina y alcornoque en los dos sustratos empleados aparecen representados en la figura 1. En general, este ensayo se completó a los 40 días, ya que llegado a este punto todas las plantas de encina estaban germinadas y fallaron tres de alcornoque. La encina ha registrado una emergencia del 100% de las bellotas independientemente del sustrato empleado: para el sustrato T1 (turba-arena) la media de emergencia se situó en 12.9±3.9 (Error estándar) días y para el sustrato T2 (enriquecido con calcio) la emergencia fue de 11.9±3.3 días. Por otra parte, la emergencia final de las bellotas de encina se alcanzó para el T1 a los 26 días y para el T2 a los 22 días. En el alcornoque no se ha alcanzado la emergencia total para ninguno de los sustratos, siendo de 97,5 y 95% para T1 y T2 respectivamente. La emergencia media de las bellotas de alcornoque se ha situado para el sustrato T1 a los 17.9±7.9 días y para el T2 a los 18.8±8.1 días. El análisis de Kaplan-Meier indica que la adicción de CaCO₃ al sustrato no tiene ningún efecto en la fecha de emergencia de la planta tanto para la encina como para el alcornoque.

Los resultados de los parámetros evaluados en las distintas extracciones de bellotas a los 5, 10 y 15 días desde su puesta en cultivo aparecen detallados en las tablas 1 (para la encina) y 2 (para el alcornoque) y representados en la figura 3.

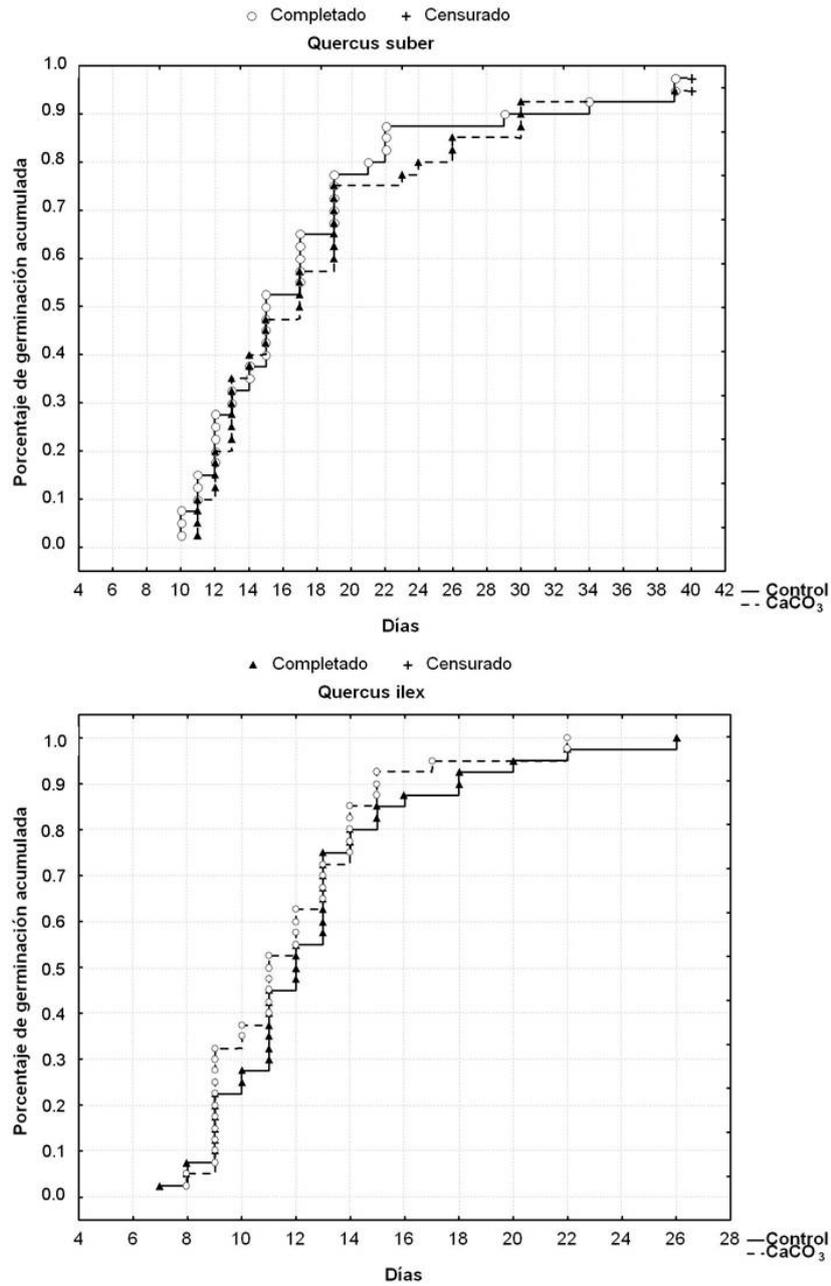


Figura 1. Representación de la germinación acumulada para la especie *Quercus suber* (arriba) y *Quercus ilex* (abajo) para cada tipo de sustrato.

Con respecto a la encina, los resultados de los parámetros diámetro de la raíz (del cuello en mm), profundidad (mm), longitud total (cm), peso específico (mg/cm), Tips (número de terminaciones o puntas) y Forks (número de bifurcaciones) aparecen recogidos en la tabla 1 las medias y el error estándar en cada una de las extracciones de bellotas a los 5, 10 y 15 días. Además, en la figura 2 (derecha) se presenta una imagen en color con el programa WinRhizo® de cada una de las extracciones. Ahora bien, para el diámetro de la raíz y la profundidad del sistema radicular no se han encontrado ningunas diferencias entre los dos tipos de sustratos (T1 y T2). Para la longitud total del sistema radical si se encuentran diferencias significativas entre sustratos de cultivo a los 5 días ($p < 0.05$; $F = 6.21$) y a los 15 días ($p < 0.01$; $H = 6.22$) siendo de mayor longitud en ambos caso cuando se cultivan en un sustrato T1. En el peso específico, se obtienen diferencias significativas entre

ambos sustratos solo a los 15 días ($p < 0.01$; $H = 6.22$), que es mayor para el T2. En cambio las diferencias significativas se encuentran a los 15 días y a favor del sustrato T1 para el número de terminaciones o puntas ($p < 0.05$; $H = 5.49$) y el número de bifurcaciones ($p < 0.01$; $H = 6.04$). Finalmente, al separar las raíces por clases diamétricas (figura 3), en la encina se encuentran diferencias significativas entre sustratos a los 5 días solo para las raíces gruesas ($p < 0.05$; $H = 0.46$), a los 10 días no hay diferencias y a los 15 días para las raíces finas ($p < 0.05$; $H = 4.16$) e intermedias ($p < 0.01$; $H = 5.85$).

Tabla 1. Valores medios y error estándar de los parámetros evaluados en las distintas extracciones del sistema radical de la encina a los 5, 10 y 15 días desde su puesta en cultivo. Para cada extracción letras distintas indican diferencias significativas según Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Parámetro	5 días		10 días		15 días	
	Testigo	CaCO ₃	Testigo	CaCO ₃	Testigo	CaCO ₃
Diámetro de la raíz, mm	3.33±0.10	3.11±0.12	3.36±0.12	3.47±0.11	3.51±0.13	3.54±0.09
Profundidad de la raíz, mm	89.59±3.95	78.88±3.97	183.70±6.39	183.70±3.03	194.80±2.86	195.30±4.34
Longitud de la raíz, cm	9.99±0.43a	8.52±0.40b	33.24±3.99	27.52±2.38	157.08±30.63a	72.81±10.17b
Peso específico, mg/cm	6.17±0.36	5.97±0.25	4.30±0.36	4.93±0.48	1.85±0.29b	3.30±0.44a
Terminaciones (Tips)	5.50±1.17	2.90±0.31	53.30±12.06	37.60±8.54	306.30±72.69a	111.20±14.40b
Bifurcaciones (Forks)	5.10±1.77	1.30±0.42	77.50±19.13	51.50±14.19	507.50±141.05a	164.00±26.16b

Para el alcornoque, en los parámetros evaluados solo se han encontrado diferencias significativas para la profundidad de la raíz (tabla 2) a los 15 días ($p < 0.05$; $H = 5.49$), siendo ésta mayor para el sustrato con CaCO₃ (T2). Para el resto de parámetros no hay diferencias. En la figura 2, a la izquierda aparece representada una imagen en color de una raíz tipo en cada una de las extracciones.

Tabla 2. Valores medios y error estándar de los parámetros evaluados en las distintas extracciones del sistema radical del alcornoque a los 5, 10 y 15 días desde su puesta en cultivo. Para cada extracción letras distintas indican diferencias significativas según Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Parámetro	5 días		10 días		15 días	
	Testigo	CaCO ₃	Testigo	CaCO ₃	Testigo	CaCO ₃
Diámetro de la raíz, mm	2.33±0.26	2.31±0.29	3.10±0.14	3.12±0.11	3.23±0.14	3.14±0.07
Profundidad de la raíz, mm	27.96±5.83	22.84±5.23	98.95±17.02	93.84±13.92	106.00±21.21b	168.11±10.58a
Longitud de la raíz, cm	3.18±0.61	2.60±0.54	16.21±3.97	13.78±2.72	49.59±15.25	43.16±7.35
Peso específico, mg/cm	7.51±0.47	8.67±1.40	6.07±0.75	6.39±0.98	6.81±1.91	3.72±0.45
Terminaciones (Tips)	2.00±0.33	2.70±0.50	21.40±6.65	11.10±3.13	92.40±31.76	78.60±17.26
Bifurcaciones (Forks)	0.90±0.38	1.00±0.49	34.50±13.38	16.20±6.04	149.10±57.67	125.00±31.98

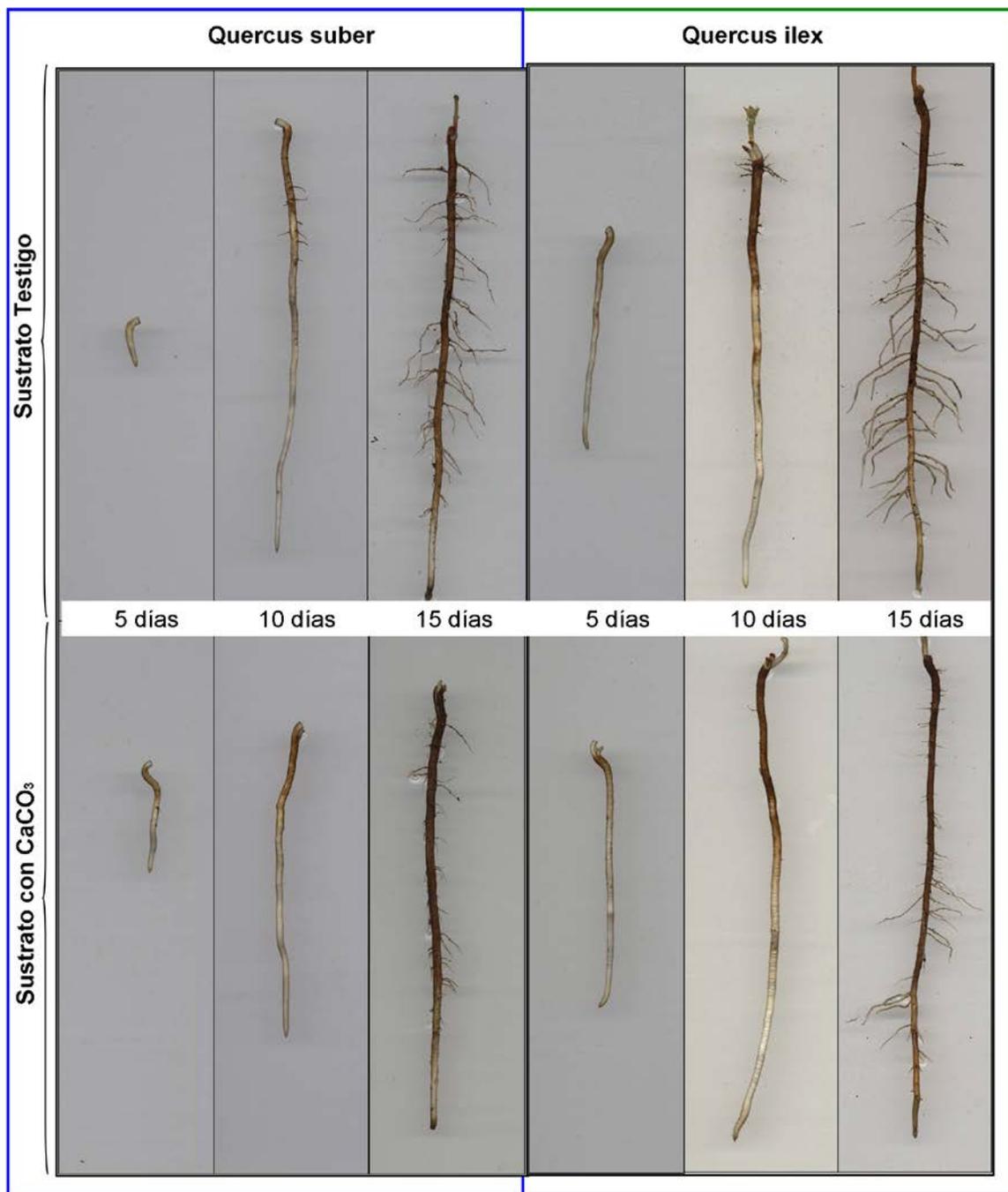


Figura 2. Detalles de las imágenes recogidas en cada una de las extracciones (5, 10 y 15 días) por e programa WinRhizo® para Quercus ilex y Q. suber para los dos tipos de sustratos empleados.

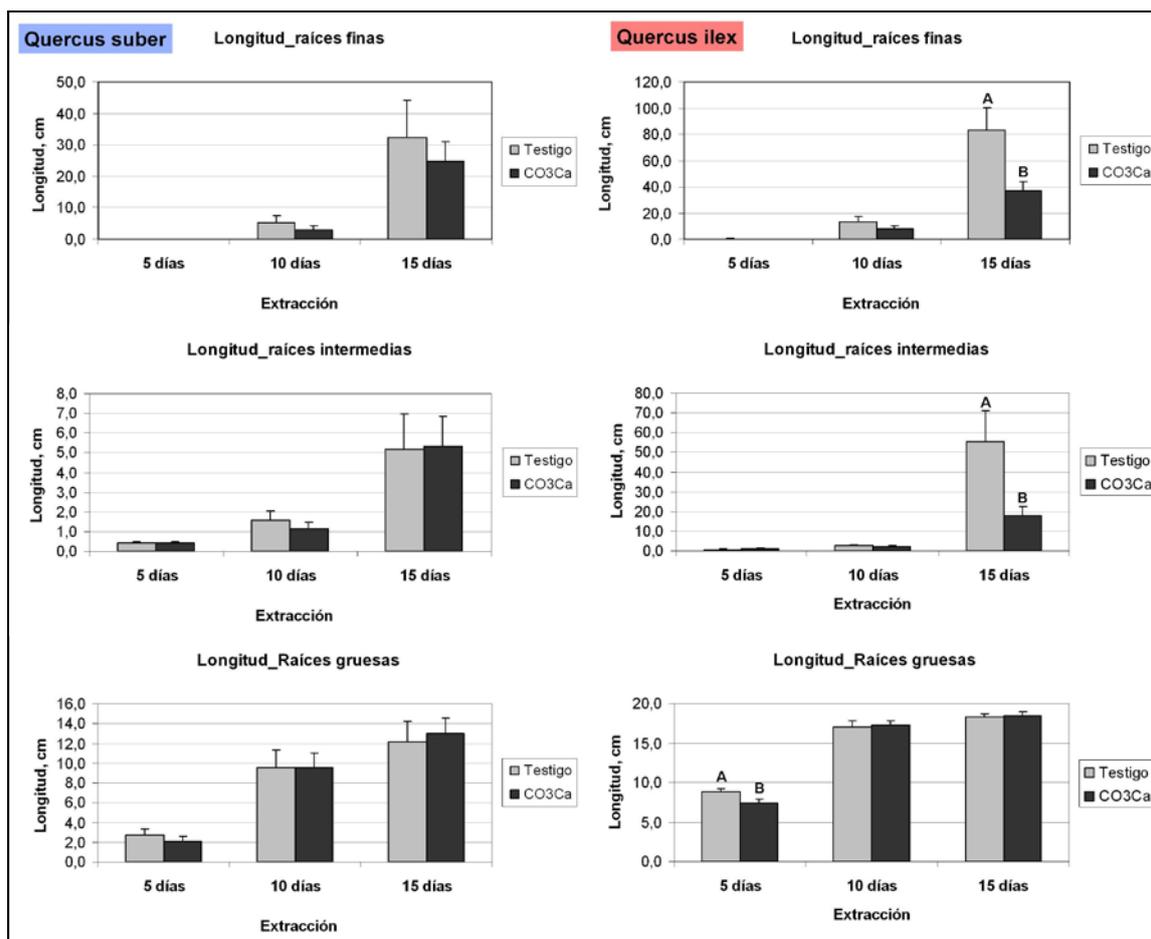


Figura 3. Representación gráfica de los parámetros de longitud radicul de plántulas de encina (derecha) y alcornoque (izquierda) producidas en dos tipos de sustrato. Longitud de las raíces por clase diámtricas: Raíces finas (longitud de la clase diámtrica de 0-0.5 mm ($L_{R\ 0<D<0.5}$)), raíces intermedias (longitud de la clase diámtrica de 0.5-2 mm ($L_{R\ 0.5<D<2}$)) y raíces gruesas (longitud de la clase diámtrica de 2-20 mm ($L_{R\ 2<D<20}$)). El valor medio está acompañado de su error estándar. Para cada extracción letras distintas indican diferencias significativas según el test de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

5. Discusión

Con respecto a la emergencia, los resultados obtenidos indican que no hay ningún efecto del sustrato para la encina y el alcornoque. No obstante, otros autores como FOS (1998) hablan de una disminución de la emergencia y retraso que podría ser debido a un posible efecto fitotóxico del calcio sobre el alcornoque, ya que es una especie que no soporta los suelos calcáreos. En los trabajos realizados por LARA (2016) con el alcornoque y los mismos sustratos obtuvo diferencias entre ellos favorables al sustrato de turba-arena, si bien sus valores totales de emergencia fueron menores pudiendo ser imputables al árbol de madre, o bien a la facultad germinativa de las semillas empleadas.

En el estudio de la evolución de los distintos parámetros evaluados del sistema radical, las dos especies arrojan resultados bien distintos. En el alcornoque y en los 15 primeros días de cultivo le resulta indiferente si crece sobre un sustrato T1 o T2, estos mismos resultados encontró LARA (2016) tras cinco meses de cultivo. En cambio, en la encina sí encontramos más diferencias entre los sustratos para los parámetros evaluados.

Cuando la encina se cultiva sobre un sustrato tipo T1 (turba-arena) los parámetros longitud total del sistema radical, número de terminaciones (tips), número de bifurcaciones (forks), longitud de raíces gruesas (a los 5 días) y longitud de raíces finas e intermedias (a los 15 días) son mayores significativamente que cuando la encinas se cultivan sobre un sustrato T2 (turba-arena más CaCO_3).

En los trabajos de PEMÁN y GIL (2008) para la encina utilizando un minirizotrones en condiciones controladas obtienen tasas de crecimiento para ésta en longitud del pivot de 1.5 a 1.9 cm/día, mientras que en este trabajo para el sustrato T1 y T2 se alcanzan tasas de 1,30 cm/día; y para el longitud total del sistema radical entre 6-12 cm/día, mientras que en este trabajo el sustrato T1 con el sistema radical crece a un ritmo medio de 10.47 cm/día y el sustrato T2 a 4.85 cm/día. Si bien estos autores reflejan que las mayores tasas de crecimiento se alcanzan en los primeros días de cultivo a los 30 o 60 días según se trabaje con bellotas pregerminadas o no (PEMÁN y GIL, 2008).

6. Conclusiones

La emergencia de las bellotas tanto para *Quercus ilex* y *Q. suber* no depende del tipo de sustrato empleado, con o sin CaCO_3 .

En las evaluaciones del sistema radicular del alcornoque, durante los primeros 15 días de cultivo, no se han registrado diferencias entre los dos sustratos empleados.

Se han obtenido diferencias para algunos parámetros medidos al sistema radicular de la encina, principalmente en la extracción de los 15 días de cultivo, siendo estas favorables al sustrato compuesto por turba-arena, lo que indica que la aplicación de CaCO_3 en el sustrato provoca un retraso en el crecimiento de la raíz con respecto a la utilización del sustrato turba-arena.

7. Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el proyecto RTA2014-00063-C04-03.

8. Bibliografía

ALTUNLU, H.; ASHRAF, M.; KAYA, C.; TUNA, A.L.; YAGMUR, B.; YOKAS, I.; 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 173-178.

BARAZA, E.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.; LARSSON, S.; 2006. Conditional Outcomes in Plant-Herbivore Interactions: Neighbours Matter. *Oikos*, 113(1), 148-156. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3548544>

CAO, X.; CHEN, C.; SHU, B.; XIAO, J.; XIA, R.; ZHANG, D.; 2013. Influence of nutrient deficiency on root architecture and root hair morphology of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) seedlings under sand culture. *Scientia Horticulturae*, 162, 100-105.

CLARK, J.S.; BECKAGE, B.; CAMILL, P.; CLEVELAND, B.; HILLERISLAMBERS, J.; LICHTER, J.; McLACHLAN, J.; MOHAN, J.; WYCKOFF, P.; 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* 86(1): 1-16.

COSTA, J.C.; MARTÍN, A.; FERNÁNDEZ, R.; ESTIRADO, M.; 2006. Dehesa de Andalucía. Caracterización ambiental. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

DEMAIFFE, D.; DROUET, T.; HERBAUTS, J.; 2015. Influence of deep soil horizons on Ca nutrition of forest stands along a loessic soil sequence. *Plant Soil*, 394, 373-389.

FOS, S.; 1998. *Líquenes de los alcornoques ibéricos. Correlaciones bioclimáticas, anatómicas y densimétricas con el corcho de reproducción*. Guineana.

HASENSTEIN, K.H.; EVANS, M.L.; 1986. Calcium ion dependency of ethylene production in segments of primary roots of *Zea mays*. *Physiologia Plantarum*, 67, 570-575.

LARA, M. 2016. Influencia del calcio en la emergencia y morfología de la planta de alcornoque. Trabajo Fin de Grado. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

NICOTRA, A.B.N.; BABICKA, N.; WESTOBY, M.; 2002. Seedling root anatomy and morphology: An examination of ecological differentiation with rainfall using phylogenetically independent contrasts. *Oecologia* 130:136-145.

MARKHART, A. H. III; SMIT, B.; 1990. Measurement of root hydraulic conductance. *HortScience*, vol. 25; no. 3, p. 282-287.

PAZ, H., 2003. Root/shoot allocation and root architecture in seedlings: variation among forest sites, microhabitats, and ecological groups. *Biotropica* 35:318-332.

PEMÁN, J.; GIL, E.; 2008. ¿Sembrar o plantar encinas (*Quercus ilex* subsp. *Ballota*)? Implicaciones de la morfología y funcionalidad del sistema radicular. *Actas de la IV Reunión de Repoblaciones Forestales*. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 28: 49-54.

PETRUZZELLI, L.; STURARO, M.; MAINIERI, D.; LEUBNER-METZGER, G.; 2003. Calcium requirement for ethylene-dependent responses involving 1-aminocyclopropane-1- carboxylic acid oxidase in radicle tissues of germinated pea seeds. *Plant, Cell & Environment*, 26, 661-671.

PULIDO, F.; 2002. Plant reproductive biology and conservation: the case of temperate and subtropical oak forest regeneration (*Quercus* spp.). *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 5-15.

PULIDO, F. J.; DIAZ, M.; 2005. Regeneration of a Mediterranean oak: A whole-cycle approach. *Ecoscience* 12(1), 92-102.

ROBERTSON, D. 2013. Modulating plant calcium for better nutrition and stress tolerance. *ISRN Botany*.

SERRANO, M.S.; DE VITA, P.; CALLIER, P.; SÁNCHEZ, M.E.; TRAPERO, A.; FERNÁNDEZ, P.; 2010. Influencia de la nutrición cálcica y potásica en la susceptibilidad de la encina a *Phytophthora cinnamomi*. XV Congreso Nacional de la SEF. Vitoria.

SERRANO, M.S.; DE VITA, P.; FERNÁNDEZ, P.; SÁNCHEZ, M.E.; 2011. Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos III: efecto de la aplicación al suelo de fertilizantes cálcicos y potásicos. *Bol. San. Veg. Plagas*, 37. 119-127.

SHAO, H.B.; CHU, L.Y.; LU, Z.H.; KANG, C.M.; 2008. Primary oxidant scavenging and redox signaling in higher plants. *Int J Biol Sci*, 4, 8-14.