8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE - 319

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza

Tratamientos de prevención y control contra la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en dehesas de encina

ÁVILA DE LA CALLE, A.[1], SANCHO GÓMEZ, R.[2], SANTACRUZ, F. [2], LÓPEZ-CARRASCO FÉRNANDEZ, C. [3], ESPINOSA RINCÓN, M.[4]

[1] Montarsa Medioambiente SL.
[2] Laboratorio Regional Agroalimentario y Ambiental de Castilla-La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
[3] Delegación Provincial de Desarrollo Sostenible de Toledo. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
[4] Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Resumen

La podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* es la enfermedad más grave que sufren las encinas en España. Existen diferentes técnicas de control disponibles, sin embargo, es necesario un manejo integrado de la enfermedad que debe implementarse según las características de la finca afectada para un control efectivo de la enfermedad.

En una explotación ganadera de Toledo, donde fue detectado *P. cinnamomi*, se realizaron tratamientos de control mediante la aplicación de enmiendas calizas al suelo y productos inductores de resistencia (Fosetil-Aluminio) a los árboles mediante inyección al tronco. La evolución en el tiempo de la enfermedad se está realizando mediante la evaluación de la defoliación (DC) en una escala de 0 a 5, siendo 0 = 0-10% de defoliación (asintomáticos), 1 = 11-25% de defoliación (leve), 2 = 26–50% (moderado), 3 = 51–75% (severo), 4 = defoliación > 75% (muy severo) y 5 = muerto.

Por el momento, después de 3 años desde el inicio del tratamiento, el plan de manejo que se está llevando a cabo parece ser efectivo, ya que los árboles han mejorado su índice de severidad y por tanto, la enfermedad parece estar detenida.

Palabras clave

Quercus ilex, sanidad forestal, seca, fitóftora, podredumbre radical.

1. Introducción

Las dehesas ocupan en España 3 millones de hectáreas aproximadamente (DÍAZ Y PULIDO, 2009). Aunque se encuentran incluidas en la Directiva Hábitats y Natura 2000 EU, por su importancia social, económica y ecológica, y a pesar de los esfuerzos de preservación, la dehesa está amenazada por la deficiente regeneración de los árboles, por el cambio global y por patógenos tales como *Phytophthora cinnamomi* y *Pythium spiculum*. La enfermedad denominada podredumbre radical que causan dichos patógenos provoca la muerte de miles de encinas y alcornoques anualmente en toda España (BRASIER et al., 1993a; BRASIER et al., 1993b). La prevención y el control de esta enfermedad resulta complicada debido a la alta capacidad para producir elevadas cantidades de esporas infectivas, su amplio número de huéspedes (JUNG et al., 2017), su capacidad para sobrevivir en plantas asintomáticas (CARDILLO Y ACEDO, 2013), su capacidad para invadir el suelo hasta profundidades considerables, su rápida capacidad de diseminación en suelos mal drenados o encharcados y al largo periodo entre el establecimiento de la infección y la manifestación de los síntomas (ERWIN Y RIBERO, 2016).

Existen diferentes técnicas de control disponibles, pero es necesario un control integrado que debe implementarse según la finca objeto para un manejo efectivo de la enfermedad. Estas técnicas incluyen evitar grandes cargas de ganado y movimientos del suelo, fomentar el drenaje del suelo, evitar cultivos herbáceos susceptibles, la aplicación de fertilizantes a base de calcio al suelo, el uso

de cultivos biofumigantes y la aplicación de productos inductores de los mecanismos de defensa de la planta (COFFEY, 1991; TRINDADE et al., 2020).

Se ha comprobado que la aplicación al suelo de fertilizantes cálcicos (CaO, $CaCO_3$, $CaSO_4$) disminuye la incidencia y severidad del decaimiento de las encinas en comparación con zonas no fertilizadas (CARBONERO et al., 2021; SERRANO et al., 2012; SERRANO et al., 2013; SERRANO et al., 2014). Estos productos son aplicables en las dehesas reguladas por la normativa de producción ecológica (Reglamento del Consejo de la Unión Europea Nº 834/2007, 28 de junio de 2007). Para muchos oomicetos, incluido *P. cinnamomi*, los elevados niveles de Ca^{2+} en el suelo dificultan su desarrollo. Este efecto se debe a la inhibición que estos compuestos ejercen sobre la germinación de las clamidosporas para producir esporangios y a la germinación de los esporangios, lo que supone una menor producción de zoosporas infectivas (SERRANO et al, 2013).

El fosfito de potasio (K_2HPO_3) era el producto más utilizado contra las enfermedades causadas por *Phytophthora* como inductor de los mecanismos de defensa. El tratamiento con fosfito reduce principalmente la enfermedad mediante la estimulación de los mecanismos de defensa de la planta, actualmente su uso está prohibido en España. Recientemente, otro producto sistémico registrado como fungicida, el Fosetil-aluminio (aluminio Tris-O-etilfosfonato, fos-Al), una alternativa al fosfito, se ha utilizado para el control de enfermedades causadas por Peronosporales. Este producto reduce los síntomas de la enfermedad en encinas y alcornoques expuestos a *P. cinnamomi* más eficazmente que el fosfito (ROMERO et al., 2019).

2. Objetivos

El objetivo fue implementar las medidas de control y prevención necesarias en la finca afectada por podredumbre radical y posteriormente evaluar su efectividad en el tiempo.

3. Metodología

3.1. Selección de fincas.

Para el estudio de la eficacia de productos fitosanitarios o tratamientos de control y prevención de enfermedades es esencial controlar y medir todas las variables que pueden influir de un modo u otro en los resultados. Así, la elección de una adecuada parcela de ensayo siguiendo las Buenas Prácticas Experimentales es un proceso fundamental en el que hay que tener en cuenta factores relacionados con aspectos físicos, químicos, biológicos, logísticos y de organización.

En Castilla La Mancha, se diagnosticaron 68 focos de seca entre 2017- 2018. De éstos, más del 50% correspondieron a podredumbre radical, localizándose en las provincias de Ciudad Real y Toledo. Esta última provincia fue la que presentó mayor porcentaje de focos detectados con *P.cinnamomi*. De los 29 focos de podredumbre radical identificados en la provincia de Toledo, se seleccionó una finca en el término municipal de Velada, debido a que era representativa de la mayor parte de los focos en cuanto a condiciones climáticas, edáficas, prácticas agrícolas y ganaderas. Además, la parcela elegida presentaba homogeneidad en cuanto a la sintomatología en toda su superficie. Su estrato arbóreo está constituido por encinas (*Quercus ilex*) y alcornoques (*Quercus suber*). Los árboles están distribuidos de forma uniforme en toda la extensión de la finca, con una densidad de entre 20 y 40 pies/ha y diámetro medio de 60 cm, siendo una masa regular en las que al menos un 90% pertenecen a la misma clase de edad. Por otro lado, destaca la falta de regeneración natural. Los síntomas observados en las encinas y alcornoques fueron la pérdida progresiva de la vitalidad o decaimiento; alteración del color de las hojas, pasando de verde oscuro a claro; defoliación progresiva de la copa y la muerte progresiva de los ramillos terminales, sobre todo de la parte superior (puntisecado). En ocasiones aparecían brotes epicórmicos y exudaciones en el tronco, y finalmente se producía la muerte del árbol. La extensión de la podredumbre radical en la finca en 2018 era de 31,89 ha, con 3 focos, es decir el 12% de la finca presentaba problemas (Figura 1). Se realizaron distintas medidas de control en el foco 1 (14,85 ha) y se amplió la zona de

tratamiento o control a 30 ha. El foco 2 ocupaba un área de 2,65 ha y el foco 3 de 14,18 ha en 2018. En estos focos no se realizaron tratamientos de control.

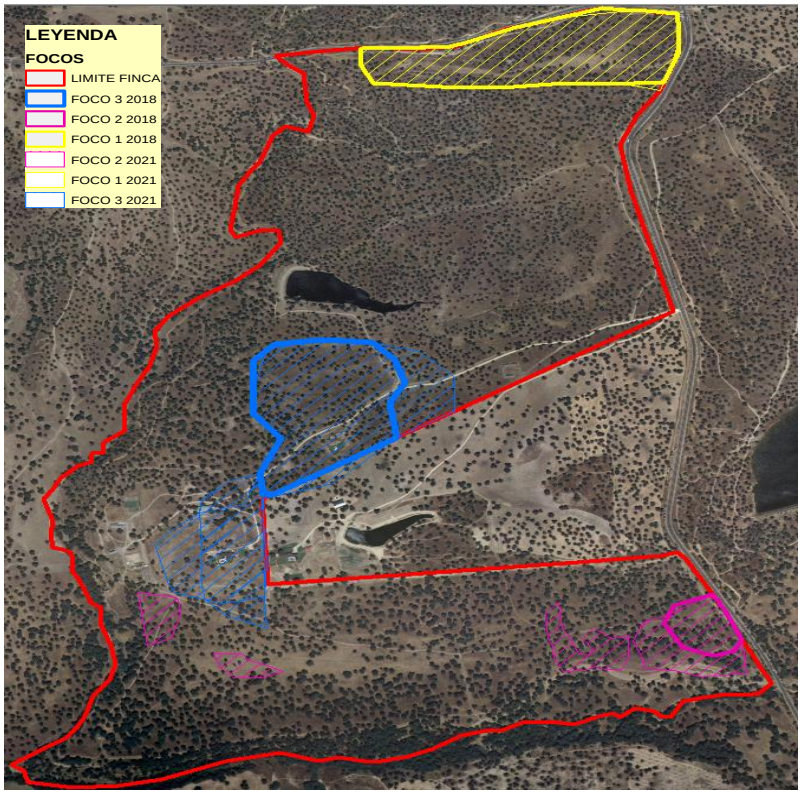

Figura 1. Localización y superficie de los focos de decaimiento desde 2018.

3.2. Medidas de control y prevención de la podredumbre radical.

El control se centró en limitar la extensión del patógeno por la finca y en reducir las fuentes de inóculo y la severidad de la enfermedad. Una vez localizado el foco de tratamiento, delimitando su perímetro en campo, se realizaron las actuaciones que se describen a continuación:

1.-Aplicación de enmienda caliza. Previamente a la aplicación de la enmienda caliza se realizó un muestreo de suelo en noviembre de 2018, que se repitió en los otoños de 2019 y 2020. Analizando las propiedades y características de todos los productos cálcicos disponibles, los análisis de suelo realizados en la finca y los medios disponibles en la finca, se decidió aplicar sulfato cálcico dihidratado ($CaSO_4 2H_2O$), también llamado yeso agrícola. Posee una riqueza en calcio entorno al 30%, siendo un buen fertilizante en la mejora de la calidad del pasto y favorece la asimilación de otros nutrientes por las plantas. Al presentar una solubilidad (2-3g/l) y capacidad de penetración muy superior al resto, pueden ser distribuido en gránulos de 0,3 mm siendo más fácil su aplicación en campo (CARBONERO et al., 2021). La dosis utilizada fue de 1.500 kg/ha, bajo la copa de todos los árboles, en bandas y en una zona con alta incidencia de la enfermedad, en toda su superficie. La aplicación fue realizada en cobertera en noviembre de 2018.

2.-Inductores de resistencia. A todos los árboles del foco 1, con perímetro de tronco superior a 20 cm, se les realizó un tratamiento de endoterapia con Aliette (fosetil-al 80%) (Nº registro 15907) al 4%, a finales de otoño de 2018. Se aplicó una inyección cada 15-20 cm de perímetro del tronco, a una altura del tronco de 0,5 m sobre el nivel del suelo. Para la inserción de los inyectores, se realizaron agujeros en el tronco a la altura y separación indicadas con un taladro, utilizando una broca de metal de 5 mm de diámetro y 8-10 cm de longitud, hasta una profundidad de 5-6 cm. Los inyectores permanecieron insertos hasta que el producto fue absorbido.

3.-Prácticas de gestión. Las prácticas de gestión adoptadas fueron encaminadas a mejorar o conservar el suelo con el objetivo de evitar su compactación por animales o vehículos, para que aumente la infiltración del agua y disminuya la escorrentía y el encharcamiento. Durante el periodo comprendido entre 2018-2020, se controló la carga ganadera en la parcela. Esto conduce a mantener el banco de semillas y el crecimiento de vegetación, reduciendo así la compactación del suelo. Por otro lado, a los 2 años de la aplicación de la enmienda caliza, se realizó una siembra de avena con laboreo superficial. Además, se realizaron podas conforme a las necesidades de cada árbol, encaminadas a revitalizar el árbol. Estas podas han consistido en la eliminación de ramas inferiores del árbol y en el aclareo de la copa por dentro, sin cortar ramas de más de 15 cm de diámetro, salvo algunas aisladas que estuviesen enfermas o muertas.

3.3. Seguimiento y evaluación de los tratamientos y medidas realizadas.

En el foco 1 se marcaron 7 puntos de muestreo para evaluar la defoliación, estos puntos corresponden a los vértices de una malla de 150 m x 150 m sobre el mapa topográfico de la finca. La unidad o tamaño de muestra fue definida por una parcela circular de 40 m de radio con al menos 15 árboles. Los árboles fueron georreferenciados, marcados con una ficha en campo y fotografiados. Se evaluaron todos aquellos árboles que estaban dentro de la parcela, según una escala visual de 0 a 5 clases de defoliación (DC), siendo 0 = 0-10% de defoliación (asintomáticos), 1 = 11-25% de defoliación (leve), 2 = 26–50% (moderado), 3 = 51–75% (severo), 4 = defoliación > 75% (muy severo) y 5 = muerto. La evaluación de los árboles se realizó en noviembre de los años 2018, 2019 y 2020.

Por otro lado, se georreferenciaron todos los ejemplares muertos o con alta gravedad en este mismo foco para ver el avance a lo largo del tiempo. En el foco 2 y 3 se midió la extensión del foco durante el mismo periodo de tiempo.

4. Resultados

En la Tabla 1, se muestran los resultados correspondientes a los análisis de suelo, donde puede observarse un aumento en la concentración de algunos minerales, como el Potasio asimilable o el Calcio, una disminución en el contenido de Aluminio y una mejor capacidad efectiva de intercambio catiónico. Las dosis aplicadas de Calcio fueron suficientes para aumentar su concentración en el suelo de 5 meq/100 g de suelo a 11,3 meq/100g a los dos años de su aplicación. El pH subió ligeramente, aunque hubiera sido necesario aumentar el número de muestras de suelo para saber si el incremento es atribuible a la aplicación de la enmienda caliza o es reflejo de la variabilidad espacial propia de las dehesas. Las condiciones meteorológicas del año 2019, con menor precipitación podrían explicar el retraso en la incorporación al suelo de la enmienda.

Tabla 1: Resultados análisis de suelo.

Parámetro	2018	2019	2020
pH H2O (1:2.5)	5.6	5.6	5.9
% Materia orgánica	6.2	3.7	7.8
Fósforo disponible (ppm)	23	25	26
Potasio asimilable (ppm)	256	394	788
Magnesio cambiable (ppm)	256	128	224

Ca^{2+}	5	6.7	11.3
Mg^{2+}	2.05	1.02	1.79
Na^{+}	0.33	0.09	0.38
K^{+}	0.64	0.99	1.97
Al^{3+}	0.30	0.20	0.10
Capacidad efectiva de intercambio catiónico	8.32	9	15.55
Ca:Mg:K	65:27:08	77:12:11	75:12:13

En la Figura 2, se exponen los resultados correspondientes a la evolución en el tiempo de los índices de defoliación según el grado de afección. Los árboles más afectados, con índices de defoliación 3 o 4 no experimentaron mejoría, sin embargo, sí se aprecia efecto positivo del tratamiento, en los árboles con índice 0, 1 y 2. Además, la enfermedad no ha avanzado en los límites del foco 1 que fue delimitado en 2018. Sin embargo, en el foco 2 y 3, donde no se realizó ningún tratamiento, la superficie afectada ha aumentado de 14,18 ha a 32,84 ha y de 2,65 ha a 9,84ha, respectivamente en este periodo de tiempo (Figura 1).

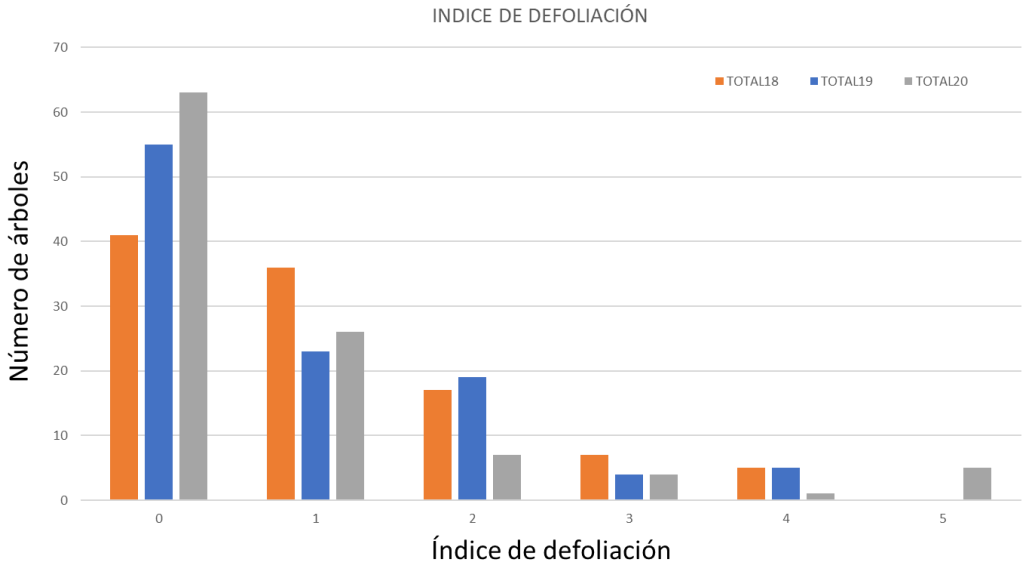

Figura 2. Índice de defoliación según el grado de defoliación a lo largo del tiempo.

5. Discusión

El control o prevención de la podredumbre radical en la dehesa es posible y debe abordarse de forma integral y planificada. Por ello, es necesario un detallado conocimiento del estado en el que se encuentra la explotación, su arbolado, el ganado, las instalaciones, etc., lo que contribuirá a realizar una adecuada toma de decisiones en las actuaciones a desarrollar. La realización de medidas de forma aislada o puntual puede suponer una elevada inversión de tiempo y recursos y pueden conllevar a resultados no esperados. Así, el diseño de las medidas de control implica el

conocimiento de todos los factores involucrados en la enfermedad y en el análisis de su compatibilidad con el uso y aprovechamiento de la dehesa en cuestión.

El Calcio tiene un importante papel en el control de la podredumbre radical para reducir el crecimiento y actividad del patógeno, pero además tiene importantes beneficios sobre la mejora de la calidad de los pastos y mejora la disponibilidad de otros nutrientes en el suelo para el arbolado. Sin embargo, aún quedan muchos factores por determinar; tales como el período más adecuado de aplicación, otoño o primavera, una única dosis o varias; superficie de aplicación, si es necesario cubrir toda la superficie de la dehesa o únicamente hacer el tratamiento bajo la copa del arbolado; así como el modo de aplicación, en cobertera o enterrado, etc.

La aplicación de fosetil-al también puede contribuir a la mejora y control de la podredumbre en el arbolado, aunque en el caso que nos ocupa la efectividad ha sido parcial, puesto que los árboles más afectados (niveles 3 y 4) no han experimentado mejoría apreciable. No obstante, el trabajo supone un punto de partida para la obtención de información en dehesas, como las de Toledo, cada vez más afectadas.

6. Conclusiones

La aplicación de fosetil-al ha sido efectiva en los árboles sin síntomas de enfermedad o poco afectados, sin embargo, en árboles con un alto grado de defoliación no se apreció mejoría en los años analizados. Las dosis aplicadas han resultado efectivas para el mantenimiento o mejora del arbolado cuando el nivel de severidad era menor a un 33% de defoliación. Sin embargo, cuando el nivel de severidad es mayor, una única dosis no es suficiente para revertir o controlar la enfermedad. Es necesario estudiar si en estos árboles se podría revertir la enfermedad aplicando una dosis en mayor porcentaje de fosetil-al o un número mayor de dosis.

Las estrategias de control llevadas a cabo han reducido los niveles a umbrales no dañinos, si comparamos con la zona no tratada en la misma finca, por lo que resulta fundamental actuar precozmente para conseguir estabilizar esos umbrales lo antes posible y reforzar al arbolado antes de que los daños sean irreversibles, en las zonas no tratadas.

Un control eficaz de la podredumbre radical requiere la integración de diferentes actuaciones. Éstas deben estar destinadas a evitar la dispersión del patógeno así como a disminuir su cantidad o actividad. Debido a que ninguna medida por el momento culmina con la erradicación del patógeno, es necesario que las medidas se realicen adecuadamente y durante toda la vida del cultivo. Así, en la medida de lo posible, es necesario que se adapten a las condiciones de la finca y a los medios con los que se cuenta en cada una de ellas.

7. Agradecimientos

Nuestro más profundo agradecimiento a Eugenio, Almudena y Juan de la Finca El Toril (Velada) por su ayuda y apoyo en el desarrollo de estos trabajos.
Este proyecto ha sido financiado con la medida 8.3 del PDR (2014-2020) de Castilla La Mancha.

8. Bibliografía

BRASIER, C.M.; MOREIRA, A.C.; FERRAZ, J.F.P.; KIRK, S.; 1993a. High mortality of cork oak in Portugal associated with *Phytophthora cinnamomi*. En: Luisi, N.; Lerario, P.; Vannini, A. (eds.): Proc. Int. Congress “Recent Advances in Studies on Oak Decline”, 461-462. Bari (Italia),

BRASIER, C.M.: ROBREDO, F.; FERRAZ, J.F.P.; 1993b. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathology* 42, 140-145.

CARBONERO, M.D.; SILLERO, M.L.; BARBANCHO, J.; AVILA, A; 2021. Las fertilizaciones cálcicas y su aplicación para el control de la podredumbre radical del arbolado en la dehesa. Hinojosa del Duque. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 1-19. Formato digital (e-book) -(Producción Agraria).

CARDILLO, E.; ACEDO, A.; 2013. Susceptibilidad de plantas del entorno de la Dehesa extremeña a *Phytophthora cinnamomi*. Una revisión bibliográfica. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Gobierno de Extremadura. Susceptibilidad y resistencia a *Phytophthora cinnamomi*, 6 pp. Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Pp62.

COFFEY, M.D.; 1991. Strategies for integrated control of soil borne Phytophthora species. En Lucas, J.A.; Shattock, R.C.; Shaw, D.S.; Cooke, L.R. (eds.): Phytophthora 411-432 Cambridge Univ. Press, Cambridge,.

DÍAZ, M.; PULIDO, F.J; 2009. 6310. Dehesas perennifolias de Quercus spp. En VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 69pp. Madrid:

ERWIN, D.C.; RIBEIRO, O.K.; 1996. Phytophthora Diseases Worldwide. American Phytopathological Society Press St. Paul, Minn. 562 pp.

JUNG, T.: CHANG, T.T.: BAKONYI, J.; SERESS, D.; PÉREZ SIERRA, A.; YANG, X.; HONG, C.; SCANU, B.; FU, C.H.; HSUE, K.L.; MAIA, C.; ABAD CAMPOS, P.; LÉON, M.; HORTA JUNG, M.; 2017. Diversity of Phytophthora species in natural ecosystems of Taiwan and association with disease symptoms. *Plant Pathology*, 66 (2), 194-211

ROMERO, M.A.; GONZÁLEZ, M.; SERRANO, M.S.; SÁNCHEZ, M.E.; 2019. Trunk injection of fosetyl-aluminium controls the root disease caused by *Phytophthora cinnamomi* on Quercus ilex woodlands. *Annals of Applied Biology*, 174 (3), 313-318.

SERRANO, M.S.; FERNANDEZ-REBOLLO, P.; DE VITA, P.; SÁNCHEZ, M.E.; 2013. Calcium mineral nutrition increases the tolerance of *Quercus ilex* to Phytophthora root disease affecting oak rangeland ecosystems in Spain. *Agroforestry Systems*, 87 (1), 173-179.

SERRANO, M.S.; LEAL, R.; DE VITA, P.; FERNÁNDEZ-REBOLLO, P.; SÁNCHEZ, M.E.; 2014. Control of *Phytophthora cinnamomi* by soil application of calcium fertilizers under field conditions. IOBC-WPRS Bulletin, 101, 139-143.

SERRANO, M.S.; DE VITA, P.; FERNÁNDEZ-REBOLLO, P.; HERNÁNDEZ, M.; 2012. Calcium fertilizers induce soil suppressiveness to Phytophthora cinnamomi root rot of Quercus ilex. *European Journal of PlantPathology*, 132 (2), 271-279.

TRINDADE, M.; MOREIRA, AC.; CARDILLO, E.; SILVA, F.; SANTOS SILVA, M.; GONCALVES, M.; RIBEIRO, D.; SANTOS, G.; SANTOS, G.; RODRIGUEZ, MC.; SOARES, T.; 2020. Gestión y prevención de la enfermedad causada por *Phytophthora cinnamomi* en dehesas y montados. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV, I.P.) y Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura.