

# Transferencia de conocimiento desde la Universidad de Extremadura a Lithium Iberia, S. L. y al público general para el control de la *seca*

Alejandro Solla  
Fco. Javier Dorado

Ingeniería Forestal y del Medio Natural,  
Instituto de Investigación de la Dehesa (INDEHESA),  
Universidad de Extremadura (UEX)  
Centro Universitario de Plasencia

Se presentan los avances técnicos y científicos más significativos alcanzados entre 2021 y 2025 en el marco del convenio *La seca de encinas y alcornoques: selección de individuos resistentes y el fosfito como método de control*, fruto de la colaboración entre la Universidad de Extremadura y Lithium Iberia, S. L. Esta colaboración ha permitido (i) seleccionar encinas y alcornoques tolerantes al estrés hídrico, al estrés térmico y a *Phytophthora cinnamomi* (*Pc*), (ii) poner a punto dos tratamientos de control de la *seca*, basados en la pulverización foliar de metil jasmonato (MeJA) y fosfonato potásico para la protección de plántulas ante *Pc*, (iii) ensayar diferentes dosis de fosfonato mediante endoterapia en encinas, alcornoques y alisos adultos ubicados en zonas infestadas, y (iv) compartir conocimiento al público general. La financiación a largo plazo y la transferencia de los resultados de investigación han facilitado la incorporación a esta iniciativa de diversas instituciones, empresas y particulares.

## ANTECEDENTES

Los bosques y dehesas dominados por *Quercus ilex* (encina) y *Q. suber* (alcornoque), muy extendidos por la región mediterránea de Europa, son especialmente sensibles

a la podredumbre radicular asociada a especies del género *Phytophthora*. La gestión de ecosistemas con suelos infestados por *Phytophthora* incluye una variedad de estrategias culturales y químicas que, en ocasiones, no

han sido suficientemente validadas en campo, requieren de un largo período de ejecución, no son sostenibles desde una perspectiva ecológica y técnica o no son económicamente viables para los propietarios (Serrano *et al.* 2012; Rodríguez-Molina *et al.* 2021; Alcaide *et al.* 2025; Morales-Rodríguez *et al.* 2025). Por ello, resulta necesario continuar desarrollando y transfiriendo conocimiento hacia el sector forestal en busca de un método eficaz, sencillo y económico que proteja encinas y alcornoques ante *Phytophthora*. La selección de plántulas con tolerancia a *Phytophthora* para repoblar dehesas en decaimiento (Pérez *et al.* 2020; de la Mata *et al.* 2025) y el empleo de fosfonato para proteger el arbolado remanente (Serrano *et al.* 2023; Bairrão *et al.* 2024) se postulan como estrategias compatibles con criterios de eficacia y viabilidad ante la seca. Con ocasión del proyecto minero en Las Navas (Cañaveral, Cáceres), que permitirá la extracción de litio (<https://lithiumiberia.com/>) en una dehesa infestada por *Phytophthora*, en septiembre de 2020 se estableció un convenio sin ánimo de lucro entre Lithium Iberia, S. L. y la Universidad de Extremadura para colaborar en acciones de investigación aplicada y transferencia orientadas a mitigar la seca.

### OBJETIVOS Y GRUPO DE TRABAJO

Los objetivos a largo plazo del convenio son: (1) generar plántulas tolerantes a la seca para ser utilizadas durante la etapa de restauración ambiental minera, y (2) poner a punto un método eficaz para proteger de *Phytophthora* a encinas y alcornoques ubicadas en los alrededores de la explotación. Objetivos específicos e inmediatos son: (i) seleccionar plántulas tolerantes a *Pc*, estrés hídrico y estrés térmico; (ii) seleccionar plántulas tolerantes a estrés combinado ocurriendo en distinto orden; (iii) evaluar la idoneidad de procedencias norteafricanas (por ej. Marruecos) frente a procedencias locales (Extremadura) para repoblar, y (iv) desarrollar y validar tratamientos inductores de resistencia (a base de metil jasmonato y fosfonato potásico) para mitigar los efectos

de la seca. Los objetivos se justifican dado que se obtuvieron aislamientos de *P. cinnamomi*, *P. cryptogea*, *P. gonapodyides* y *Pythium spiculum* a partir de muestras de raíz y suelo en la dehesa donde se ubicará la futura mina (39°50'29.6"N 6°22'14.5"W, 431 m s. n. m.). Además, en los alrededores de la futura mina se estimó una incidencia de seca en el 80 % de los árboles, con transparencia de copa cercana al 30 % en los árboles afectados. Este artículo pretende dar cuenta de los progresos realizados en el marco del convenio que, durante cinco años, se ha ido renovando anualmente y ha involucrado a investigadores y técnicos de diversas instituciones y a alumnos del Grado de Ingeniería Técnica Forestal del Centro Universitario de Plasencia.



*Tocones de encina en una vaguada de la Dehesa Las Navas, Cañaveral, indicadores de seca. Se estimó una mortalidad anual del arbolado próxima al 3 %*



*Suelos infestados con Phytophthora dificultan la regeneración natural, originando podredumbre radicular en primavera que limita la absorción de agua de la plántula durante el verano*

Alcornocal en decaimiento en Marruecos a partir del cual se detectó por primera vez la presencia de *Phytophthora quercina*



#### PRINCIPALES AVANCES

- **Selección de brinzales tolerantes a estrés individual y combinado.** Se utilizó bellota de encina recolectada en Las Navas (Cañaveral, Cáceres) y Alizal (Marruecos, 32°10'43.3"N 6°32'44.9"W, 1.291 m s. n. m.) y de alcornoque recolectada en Las Navas y Maâmora (Marruecos, 34°01'43.2"N 6°40'41.3"W, 131 m s. n. m.). Durante dos años, la planta fue sometida a infestación con *Pc*, estrés hídrico (Eh), estrés térmico (Et) y a diversas combinaciones aditivas de estrés consecutivo en el tiempo (*Pc* + Eh + Et, *Pc* + Et + Eh, Eh + *Pc* + Et, Eh + Et + *Pc*, Et + *Pc* + Eh y Et + Eh + *Pc*). Los resultados principales indican que la encina mostró una mayor tolerancia al Eh que el alcornoque, mientras que fue menos tolerante ante *Pc* y Et. Entre procedencias no se observaron diferencias significativas de mortalidad ante *Pc*, aunque sí ante Eh (alcornoces de Las Navas fueron más tolerantes) y ante Et (mayor tolerancia en encinas procedentes de Alizal). Lo anterior está en línea con lo observado por Hernández-Serrano *et al.* (2025) en otras poblaciones de



Contenedores en los que se meten bandejas con encinas y alcornoces para evaluar tolerancia a estrés combinado



Evaluación de planta sometida durante cinco días a una ola de calor a 48 °C, en horno de metacrilato



Encinas y alcornocos seleccionados por su tolerancia a estrés combinado



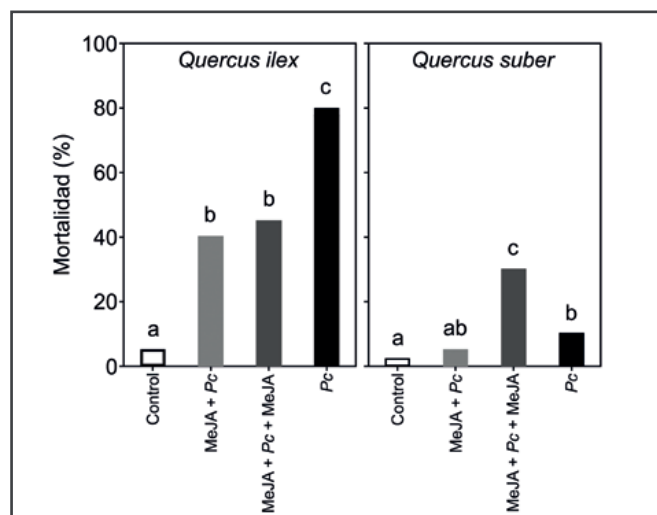
Extremadura y Marruecos, aunque no con Morillas *et al.* (2024), que reportó mayor tolerancia a estrés hídrico en alcornoques marroquíes. Los escenarios de estrés combinado más acusados fueron *Pc* + *Et* + *Eh* y los iniciados con una ola de calor (*Et* + *Pc* + *Eh* y *Et* + *Eh* + *Pc*). Fue notable la menor mortalidad observada en los tratamientos iniciados con *Eh*, sugiriendo que el endurecimiento de planta debido a estrés hídrico fue capaz de generar tolerancia ante un futuro estrés, incluso frente a *Pc*. Además, cuando la infección por *Pc* precedió a un episodio de calor seguido de sequía (*Et* + *Eh*), la mortalidad fue aproximadamente el doble respecto a la secuencia inversa (*Eh* + *Et*).

En enero de 2023 se entregaron a TRAGSA (vivero de Maceda) 13 encinas y 11 alcornocos seleccionados por su tolerancia a estrés individual y combinado para su propagación y futura evaluación en campo. Esta línea de trabajo continúa bajo el impulso del MITECO (Pérez *et al.* 2020), Junta de Extremadura (Hernández-Serrano *et al.* 2025) y fondos europeos. Cabe destacar que, durante la recogida de bellota en Marruecos, se detecta por primera vez *P. quercina* en una masa de alcornoque decaída (Dorado *et al.* 2023).

- **Pulverización foliar de metil jasmonato (MeJA) como medida de protección de encinas, alcornocos y castaños ante *Pc*.** El MeJA es una hormona vegetal implicada en respuestas frente al estrés. La aplicación exógena de MeJA puede inducir resistencia frente a patógenos y herbívoros en coníferas (Huynh *et al.* 2024), pero se desconoce si esta resistencia se potencia también en el género *quercus*. En los ensayos realizados durante el convenio se probaron distintos tratamientos de pulverización foliar con MeJA en encina, alcornoque y castaño ante *Phytophthora*, y los

resultados más relevantes fueron (Dorado *et al.* 2025): (1) en encina, una pulverización doble con MeJA a 0,2 mM confirió la máxima protección ante *Pc*; (2) en castaño, MeJA a 1 mM mostró un efecto protector frente a la enfermedad conocida como la *tinta*, incluso tras un año de la aplicación; (3) en alcornoque, la pulverización con MeJA no aumentó la supervivencia de los plántulas, y alguno de los tratamientos incrementó incluso la mortalidad con respecto a la planta no tratada, y (4) la pulverización con MeJA no alteró la tasa de micorrización de las plántulas.

Eficacia de MeJA para reducir la mortalidad de encinas ante *Phytophthora cinnamomi* (*Pc*) pero no de alcornocos (n=15)





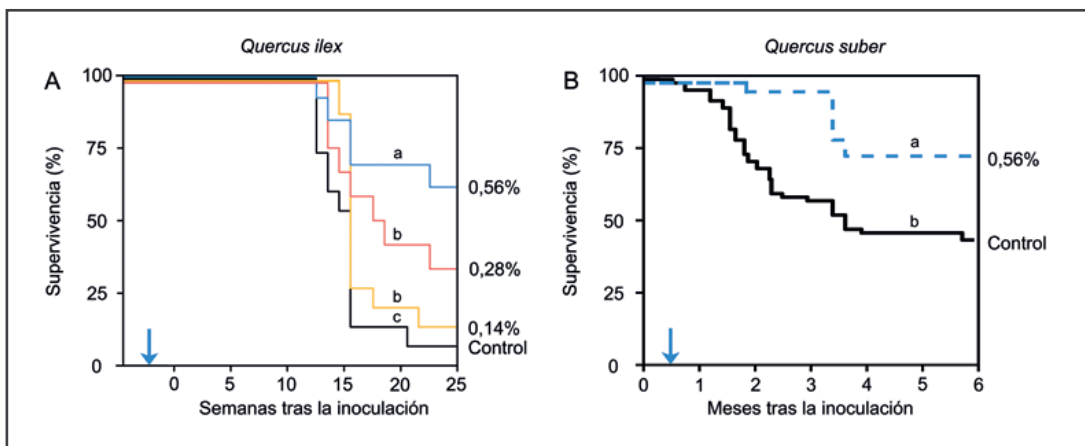
Encina pulverizada con metil jasmonato a 0,2 mM, el tratamiento más eficaz ante *Phytophthora cinnamomi*

- **Pulverización foliar de fosfonato potásico en brinzales para favorecer la regeneración natural de encinas y alcornoques.** Es frecuente en dehesas que la presencia de *Phytophthora* impida la regeneración natural, dado que la podredumbre radicular limita la absorción de agua de las plántulas durante la época estival. Por ello, se evaluaron pulverizaciones foliares de fosfonato potásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_3$ ) como medida para incrementar la supervivencia de plántulas. La pulverización foliar de  $\text{KH}_2\text{PO}_3$  protege leñosas

ante determinadas enfermedades (Stasikowski *et al.* 2014; López-Villamor *et al.* 2025), y se ha experimentado en alcornoque (Serrano *et al.* 2023; Bairrão *et al.* 2024) pero no en encina. Entre los ensayos de pulverización con el formulado comercial Kalex®, en el convenio destacan los siguientes resultados: (i) en encinas infectadas por *Pc*, pulverizaciones de fosfonato al 0,14, 0,28 y 0,56 % redujeron la mortalidad en un 8, 27 y 58 %, respectivamente; (ii) en alcornoque, la pulverización de fosfonato al 0,56 % mostró efectos preven-

tivos y curativos; (iii) la protección conferida a encina y alcornoque ante *Pc* se mantuvo durante aproximadamente dos y tres años, respectivamente; (iv) la adición al suelo de enmiendas (carbonato cálcico o superfosfato) no potenció de forma consistente la acción preventiva y curativa del fosfonato ante *Pc* (Oliva *et al.* 2023), y (v) las pulverizaciones no afectaron negativamente a la micorrización de las plántulas.

- **Endoterapia con fosfonato potásico en encinas y alcornoques adultos en decaimiento.** La endoterapia es una técnica que consiste en inyectar productos fitosanitarios y nutritivos directamente en el sistema vascular de los árboles para combatir plagas y enfermedades o para aportar nutrientes. Si bien la inyección de fosfonato potásico protege al castaño frente a *Phytophthora* (Brandano *et al.* 2023), en dehesas apenas se utiliza, quizá porque solo resulta eficaz en árboles con defoliación moderada (Fernández-Escobar *et al.* 1999; Serrano *et al.* 2023), su efectividad disminuye con la sequía (Solla *et al.* 2009) o no se emplea la dosis adecuada. En el convenio se evaluó en focos de seca la inyección en primavera de fosfonato potásico en encinas y alcornoques adultos en distintos estadios de decaimiento. Se usaron dosis al 0, 1, 2, 3, 10, 20 y 30 % de fosfonato (es decir 0, 10, 20, 30, 100, 200 y 300 g L<sup>-1</sup> de  $\text{KH}_2\text{PO}_3$ ), empleando 15 árboles adultos por especie y dosis. Entre los hallazgos preliminares, en encina, dosis al 1, 2 y 3 % no produjeron mejoras apreciables en la transparencia de copa; en alcornoque sí se observaron ligeras mejoras desde primavera a otoño de 2024 aunque no fueron significativas. Los resultados de las dosis más elevadas (10 a 30 %) todavía no se han obtenido. Como novedad, se han inyectado en Jerte y Alagón, a las mismas dosis, alisos (*Alnus lusitanica*) adultos afectados por *P. x alni* y *P. x multiformis*. Estos resultados, aunque preliminares, indican una mejoría del estado de

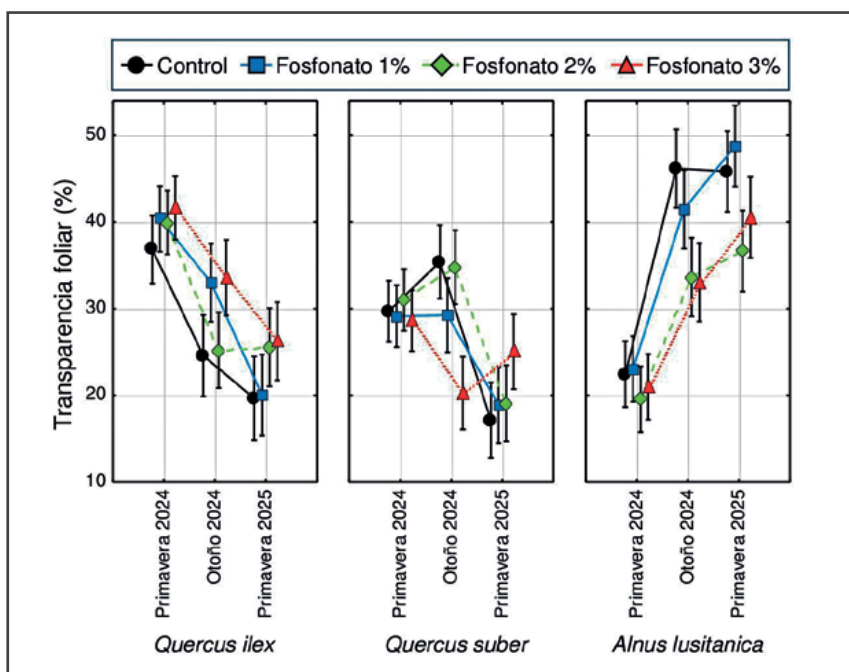


Supervivencia de encinas al ser pulverizadas a diferentes dosis de fosfonato potásico (flecha azul) antes de ser inoculadas con *Pc* (A); supervivencia de alcornoques inoculados con *Pc* y luego pulverizados (flecha azul) a 0,56 % de fosfonato potásico (B). Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

salud de los alisos tratados con dosis al 2 y 3 %. Se espera que las dosis al 10, 20 y 30 % sean más eficaces. En castaño, por ejemplo, 290 g L<sup>-1</sup> de KH<sub>2</sub>PO<sub>3</sub> (29 %) fue la dosis más adecuada ante *Pc* (Brandano *et al.* 2023).

### PRÓXIMAS TAREAS

Se continuará con la recogida de bellota de zonas áridas (por ejemplo, del interior de Marruecos y Argelia) con el fin de evaluar ante estrés hídrico y térmico la plántula más adaptada a condiciones extremas. La selección de las plántulas más tolerantes se basará en el vigor tras dos años de exposición a estrés combinado en condiciones de invernadero. Las plántulas más tolerantes se propagarán vegetativamente para generar material de ensayo en campo, tal y como se hizo en anteriores colaboraciones (Martínez *et al.*



Evolución de la transparencia tras inyectar fosfonato, en primavera de 2024, en el tronco de tres especies afectadas por *Phytophthora* (n=15)



Colocación de inyectores con fosfonato potásico en el tronco de una encina



Bosque de araar (*Tetraclinis articulata*) en Aguelmous, Marruecos, del cual se utilizará semilla para evaluar su tolerancia a estrés hídrico, térmico y *Phytophthora*

2020, 2023), y, de forma paralela, se constituirá en Cañaveral (Lithium Iberia, S. L. dispone de una hectárea de monte para experimentación) un huerto semillero destinado a suministrar bellota mejorada tolerante al cambio climático.

Los resultados obtenidos en invernadero relativos a la protección conferida por MeJA y fosfonato potásico ante *Pc* (Oliva *et al.* 2023; Dorado *et al.* 2025) animan a realizar ensayos en campo. En los próximos años se sembrará bellota en parcelas experimentales ubicadas en focos de seca, y una vez germinada se pulverizarán encinas y alcornoques con los formulados anteriores. Se utilizará la dosis, momento y repetición de tratamiento más adecuado para cada especie. Además, y dado que se desconoce el efecto inductor de MeJA y fosfonato en bellota, se pulverizarán frutos de encina y alcornoque con ambos formulados a fin de comprobar la respuesta posterior de la planta ante *Phytophthora*. Por tanto, se sembrará bellota pulverizada y no pulverizada en suelo infestado y no infestado con *Phytophthora*. Este experimento está basado en el concepto *seed priming* (Talavera-Mateo *et al.* 2025). Bajo el estado de imprimación, la planta estará mejor preparada para una

situación de riesgo y será capaz de generar, en teoría, respuestas inducidas más fuertes y rápidas (Vázquez *et al.* 2020).

Por último, se evaluará la tolerancia a estrés de especies que pudieran ser sustitutorias a la encina en focos muy infestados y se seguirá insistiendo en la protección ante la seca de árboles adultos. Se evaluarán distintos formulados comerciales con evidencia de eficacia frente a *Phytophthora*, como por ejemplo Phosphite 600® (Apparent Ag, Australia), Century® (BASF, España), Phosfusion 600® (Loveland Agri Products, Australia), Problad® (Certis Belchim, España) y Aliette - Fosetyl Al® (Agro Bayer, España) (Romero *et al.* 2019; González *et al.* 2020; Bairrão *et al.* 2024; Kharel *et al.* 2025), que se aplicarán de forma individual o combinada, mediante inyección o pulverización, en encina y alcornoque.

#### TRANSFERENCIA

La colaboración entre la UEX y la empresa se inició en 2021 durante la redacción del proyecto minero. En esa fase, profesores del grado de Ingeniería Forestal y del Medio Natural del Centro Universitario de Plasencia proporcionaron a Lithium Iberia, S. L. un informe con sugerencias

para optimizar la revegetación del área afectada por la futura explotación. Paralelamente, la Universidad mantuvo informada a la empresa sobre cursos y seminarios relativos a la restauración de espacios mineros. Además, el equipo de Sanidad Forestal del Grupo de Investigación Forestal (RNM004) elaboró un informe técnico destinado a evaluar la presencia de *Phytophthora* en tres zonas de la concesión minera, cuantificar allí el impacto de la seca y proponer medidas de gestión fitosanitaria. Se constató la presencia de los patógenos, *P. cinnamomi*, *P. cryptogea*, *P. gonapodyides* y *Pythium spiculum* a partir de muestras de rizosfera. Los avances obtenidos en el marco de esta colaboración podrán permitir, durante la fase de explotación minera, disponer de planta mejorada y tolerante a estrés destinada a la revegetación de la zona. La empresa y el sector forestal también contará con los tratamientos de pulverización con MeJA y fosfonato, desarrollados y optimizados en el marco del convenio.

Los resultados obtenidos se han trasferido, desde 2022, a distintas entidades públicas y privadas. Entre ellas destacan la Administración General del Estado, durante la Reunión del Grupo de trabajo de Mejora Genética

de los *Quercus* Mediterráneos (Plasencia) organizada por MITECO, TRAGSA y UEx, la Administración Local (Ayuntamiento de Plasencia) durante la gestión de arbolado urbano, la Confederación Hidrográfica del Tajo durante la gestión de alisedas, y empresas del ámbito agrícola y forestal, como Agrocastanea, Ambienta, Bosque Urbano, Dogerty, Omya y Viveros la Dehesa.

La transferencia de conocimiento desde la Universidad a propietarios de dehesas y al público general se llevó a cabo a través de distintos medios y actividades divulgativas, como una entrevista en El Periódico Extremadura (<https://www.elperiodicoextremadura.com/extremadura/2023/11/11/mejora-genetica-eficaz-patogenos-arboles-94400999.html>), una nota de prensa en el canal de cultura científica de la UEx (<https://cultura-cientifica.unex.es/2025/04/07>), jornadas de educación ambiental en Valdeobispo, Montehermoso y Holguera (Cáceres), y la participación en diversos foros abiertos de tipo técnico como Biocastanea (anualidades 2024 y 2025, Ponferrada, organizadas por Cesefor), Redforesta 2025 (Cáceres, organizado por el Colegio de Ingenieros Técnicos Forestales), un seminario en el Centro de Agricultura Ecológica y de Montaña del CICYTEX (Plasencia, organizado por la

Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte) y FutureCork (Mérida, organizada por CICYTEX y COSE).

La difusión de conocimiento al ámbito académico y científico se hizo a través de dos publicaciones de impacto (Dorado *et al.* 2023, 2025), un trabajo enviado a los Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF), galardonado con un accésit en 2022 (Oliva *et al.* 2023), y comunicaciones orales en el congreso IUFRO 7.02.09 '*Phytophthora diseases on forest trees*' celebrado en la Universidad de California (Berkeley, USA, junio de 2022) y el Grupo de Trabajo de Sanidad Forestal de la SECF (Albacete, junio de 2024). Así mismo, se impartieron charlas en instituciones forestales internacionales como el Forest Research Institute (IBL, Varsovia, Polonia), la Universidad de Sassari (UNISS, Sassari, Italia), la Universidad de Coimbra (UC-MARE, Coimbra, Portugal), la Swedish University of Agricultural Sciences (SLU, Alnarp, Suecia) y el Research Center for Forests (BFW, Viena, Austria). Esta labor de difusión ha propiciado la colaboración con otros grupos de investigación interesados en testar la eficacia de los tratamientos de control en castaño y olmo (UPM), Fresno y roble común (Linnaeus University, Suecia), y aliso (consorcio de equipos del proyecto LIFE Alnus Taejo).

## CONCLUSIONES

Este convenio respondió a la necesidad de Lithium Iberia, S. L. de disponer de material vegetal más tolerante y de métodos de protección prácticos frente a la seca en la zona de la futura explotación minera ubicada en Cañaveral, Cáceres. Además, empresa y Universidad compartieron desde el principio la necesidad de encontrar soluciones para prevenir y revertir la elevada mortalidad de encinas y alcornoques en dehesas. El apoyo económico sostenido, durante cinco años, por parte de la empresa al Grupo de Investigación Forestal de la UEx permitió llevar a cabo trabajos a largo plazo imposibles de ejecutar en proyectos de corta duración. El convenio también estuvo libre de las exigencias burocráticas, tediosas en términos de tiempo, asociadas a proyectos de investigación competitivos. Esta financiación estable ha permitido realizar tareas basadas en mejora genética tradicional, como seleccionar encinas y alcornoques tolerantes a estrés hídrico, estrés térmico y *Pc*. También se han puesto a punto dos tratamientos de control de seca, consistentes en la pulverización foliar de MeJA y fosfonato para la protección de plántula ante *Pc*. La protección de plántulas solo se puede lograr si se utiliza la dosis correcta en el momento adecuado. Si se demostrara eficaz en campo, los tratamientos facilitarían la regeneración natural de encina y alcornoque en dehesas, casi inexistente en la actualidad. Por último, se ensayaron por primera vez tratamientos de endoterapia en aliso, con resultados en progreso. La transferencia de resultados, a varias escalas, de un tema que suscita tanto interés, ha permitido que otras instituciones, empresas y particulares hayan querido colaborar y sumarse a esta iniciativa.

## AGRADECIMIENTOS

Lithium Iberia, S. L. por el apoyo económico a través del contrato 123/20 con la UEx, y especialmente a José Ignacio Baños Torrejón y Rafael García Coullaout por promover el convenio. Gracias a: Dr. Álvaro Camisón (Universidad Politécnica de Madrid), Belén Oliva (AREX), Antonio Madroño (Bosque Urbano), Ana



Ensayo en curso para considerar especies sustitutorias a la encina en dehesas altamente infestadas, que comparará tolerancias a estrés múltiple en algarrobo (izquierda), araar (derecha), pino piñonero y encinas de Cañaveral (España), norte de Argelia y zona extremadamente árida de Marruecos

Hernández (UEX) y Adrián Zambrano (Bosque Urbano) por su dedicación durante los meses en los que estuvieron contratados/becados. A Rubén González (Ing. Forestal), Dr. Francisco Alcaide (Universidad Politécnica de Madrid), Prof. Younes Abbas (University Sultan Moulay Slimane, Marruecos), Prof. Raúl de la Mata (Universidad Politécnica de Madrid), Quico Mateos (UEX), Jorge Vega (Bosque Urbano), Dr. Jaime Olaizola (IDForest), Dra. Beatriz Cuenca (vivero de Maceda, TRAGSA), Dra. Elena Corredoira (Misión Biológica de Galicia, CSIC), Sergio López (antiguo concejal del Ayto. de Plasencia) y Dra. Elena Cubera (UEX) por su apoyo

técnico. A los profesores Dr. Gerardo Moreno, Dr. Víctor Rolo, Dra. Lourdes López y Dr. Manuel Bertomeu (UEX) por colaborar en el informe de revegetación de la zona minera. A la Dra. Tamara Corcobado (Austrian Research Centre for Forests, BFW) y Prof. Ivan Milenkovic (Mendel University, Brno, República Checa) por su colaboración durante los aislamientos de *Phytophthora* de Cañaveras, y al Dr. Thomas Jung (Mendel University, Brno, República Checa), Prof. Bruno Scanu y Dr. Andrea Brandano (University of Sassari, Italia) por caracterizar los aislados de *P. quercina* obtenidos en Marruecos. Al Dr. Francisco Ruiz-

Gómez (Universidad de Córdoba) por la cesión de un aislado de *Pc*. A la Prof. Johanna Witzell (Linnaeus University, Växjö, Suecia), Dra. Iryna Matsiakh (Ukrainian National Forestry University) y Dra. Carmen Romeralo (ICIFOR-INIA, CSIC) por su apoyo científico; a Miguel Nemesio (TRAGSA), Enrique Juárez (UEX), José Luis del Pozo (MITECO) y David León (MITECO) por implicarse y facilitar semilla de especies alternativas a encina; y a Gema Salvador (MITECO), Juan Jesús Sánchez, Jesús Baena y Federico J. Fuentes (Ambienta Ingeniería) por su maravillosa disposición a ensayar endoterapia en alisos del Alagón.

## Referencias

- Alcaide F, Martín MA, González R *et al.* (2025) Genetic markers to enable selection of cork oak and holm oak trees tolerant to drought and *Phytophthora cinnamomi*. *Forestry*, en prensa.
- Bairrão M, Trindade M, Trindade CS *et al.* (2024). Non-conventional treatments to control cork oak infection by *Phytophthora cinnamomi*. *Eur J Plant Pathol*, 168, 625-633.
- Brandano A, Serra S, Hardy GESJ *et al.* (2023). Potassium phosphonate induces resistance in sweet chestnut against ink disease caused by *Phytophthora* species. *Pathogens*, 12, 365.
- de la Mata R, Cuenca B, Luquero L *et al.* (2025) Genetic variation in susceptibility of *Phytophthora cinnamomi* infected holm oak in the absence or presence of severe drought. *Forestry*, 98, 353-364.
- Dorado FJ, Corcobado T, Brandano A. *et al.* (2023). First report of dieback of *Quercus suber* trees associated with *Phytophthora quercina* in Morocco. *Plant Dis*, 107, 1246.
- Dorado FJ, Matsiakh I, Camisón Á *et al.* (2025). Methyl jasmonate spray for the protection of broad-leaf trees against oomycete and fungal pathogens. *J. Plant Dis Prot*, 132, 64.
- Fernández-Escobar R, Gallego FJ, Benloch M *et al.* (1999). Treatment of oak decline using pressurized injection capsules of antifungal materials. *Eur J For Pathol*, 29, 29-38.
- González M, Romero MÁ, Serrano MS *et al.* (2020). Fosetyl-aluminium injection controls root rot disease affecting *Quercus suber* in southern Spain. *Eur J Plant Pathol*, 156, 101-109.
- Hernández-Serrano A, de la Mata R, Dorado FJ *et al.* (2025). Mejora de alcornoques y encinas ante estrés térmico, estrés hídrico y estrés combinado. Actas del 9CFE-1745, Gijón, SECF.
- Huynh NB, Krokene P, Puentes A, *et al.* (2024). Over 20 years of treating conifers with methyl jasmonate: Meta-analysis of effects on growth and resistance. *For Ecol Manage*, 561, 121893.
- Kharel A, Ziemann M, Rookes J *et al.* (2025). Modulation of key sterol-related genes of *Nicotiana benthamiana* by phosphite treatment during infection with *Phytophthora cinnamomi*. *Funct Plant Biol*, 52, FP24251.
- López-Villamor A, da Silva MN, Vasconcelos MW (2025). Can copper oxide or potassium phosphonate increase *Pinus pinaster* tolerance to *Bursaphelenchus xylophilus*? *J Sust Forestry*, en prensa, doi: 10.1080/10549811.2025.2553386.
- Martínez MT, Vieitez FJ, Solla A *et al.* (2020). Vegetative propagation of *Phytophthora cinnamomi*-tolerant holm oak genotypes by axillary budding and somatic embryogenesis. *Forests*, 11, 841.
- Martínez MT, Cuenca B, Mosteiro F *et al.* (2023). Screening of cork oak for resistance to *Phytophthora cinnamomi* and micropropagation of tolerant seedlings. *Horticulturae*, 9, 692.
- Morales-Rodríguez C, Vannini A, Scanu B *et al.* (2025). Challenges to Mediterranean Fagaceae ecosystems affected by *Phytophthora cinnamomi* and climate change: Integrated pest management perspectives. *Curr For Rep*, 11, 9.
- Morillas L, Leiva MJ, Gandullo J *et al.* (2024). Consistent geographical gradient of water use efficiency evidences local adaptations to drought across the complete latitudinal distribution of *Quercus suber*. *Plant Stress*, 12, 100432.
- Oliva B, García J, Camisón, Á *et al.* (2023). Efecto preventivo y curativo del fosfito pulverizado en combinación con enmiendas edáficas en plántulas de *Quercus ilex* y *Q. suber* ante *Phytophthora cinnamomi*. *Cuadernos de la SECF*, 49, 87-104.
- Pérez F, Cuenca B, Ruiz-Gómez FJ *et al.* (2020). Programa de mejora y conservación de los recursos genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la seca. *Foresta*, 78, 56-61.
- Rodríguez-Molina MC, Fernández-Rebollo P, Serrano-Pérez P *et al.* (2021). Biofumigation with *Brassica* seed-based products combined with calcium carbonate to control *Phytophthora cinnamomi* root rot in cork and holm oaks. *Eur J Plant Pathol*, 159, 471-483.
- Romero MA, González M, Serrano MS *et al.* (2019). Trunk injection of fosetyl-aluminium controls the root disease caused by *Phytophthora cinnamomi* on *Quercus ilex* woodlands. *Ann Appl Biol*, 174, 313-318.
- Serrano M, De Vita P, Fernández-Rebollo P *et al.* (2012). Calcium fertilizers induce soil suppressiveness to *Phytophthora cinnamomi* root rot of *Quercus ilex*. *Eur J Plant Pathol*, 132, 271-279.
- Serrano MS, González M, Romero MÁ *et al.* (2023). Mineral nutrients improve phosphonate effectiveness against cork oak root disease. *For Ecol Manage*, 543, 121152.
- Solla A, García L, Pérez A *et al.* (2009). Evaluating potassium phosphonate injections for the control of *Quercus ilex* decline in SW Spain: implications of low soil contamination by *Phytophthora cinnamomi* and low soil water content on the effectiveness of treatments. *Phytoparasitica*, 37, 303-316.
- Stasikowski PM, McComb JA, Scott P *et al.* (2014). Calcium sulphate soil treatments augment the survival of phosphite-sprayed *Banksia leptophylla* infected with *Phytophthora cinnamomi*. *Austral Plant Pathol*, 43, 369-379.
- Talavera-Mateo L, Sabater-Gabriel A, García A *et al.* (2025). Methyl jasmonate seed priming mitigates the defence-growth trade-off and tailors plant response to specific pests. *Plant Cell Environ*, en prensa, doi: 10.1111/pce.70105.
- Vázquez-González C, Solla A, Sampietro L *et al.* (2020). Comprender cómo se defienden los árboles: primer paso para la prevención de plagas y enfermedades. *Foresta* 78, 125-131.