



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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



8CFE

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



Análisis del tiempo de susceptibilidad tras el descorche en alcornoques infectados por *Diplodia corticola*

MUÑOZ-ADALIA, E. J.¹, COLINAS, C.^{1,2}

¹ Centro Tecnológico y Forestal de Cataluña.

² Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal de la Universidad de Lleida.

Resumen

La enfermedad del chancro o escaldado del alcornoque (*Quercus suber*), causada por el hongo *Diplodia corticola* supone una grave amenaza para el sector corchero en España y Portugal. La infección causa necrosis en la felodermis reduciendo drásticamente la producción de corcho, lo que compromete su aprovechamiento a medio plazo. En este estudio, se evaluó la hipótesis existente de un periodo de máxima susceptibilidad ante la enfermedad inmediatamente posterior al descorche. Para ello, se realizaron ocho inoculaciones reiteradas en cinco árboles maduros (del día de pela hasta 35 días tras la extracción) y se monitoreó su evolución durante los seis meses posteriores. Los resultados revelaron que el tiempo hasta la aparición del primer síntoma y la severidad de la patología variaron con los tiempos de inoculación ensayados. Concretamente, se encontraron síntomas más tempranos e intensos en los pies inoculados desde una a varias semanas después del descorche que en los inoculados en los primeros cuatro días. Además, se detectó un posible efecto de la humedad relativa del aire en el desarrollo de la enfermedad. Este estudio demuestra que el arbolado es susceptible durante más tiempo de lo esperado y abre nuevas líneas de investigación para desentrañar la etiología del patosistema.

Palabras clave

Botryosphaeria corticola, Escaldado del alcornoque, Felógeno, Industria del corcho, *Quercus suber*.

1. Introducción

La extracción de corcho es un ejemplo paradigmático de uso sostenible de los recursos forestales no maderables. La extracción y procesamiento del corcho aporta importantes ingresos a los propietarios de alcornocales y dehesas de alcornoque (*Quercus suber* L.) en numerosos países a lo largo del Mediterráneo occidental. Este aprovechamiento forestal cuenta con especial incidencia económica en Portugal y España, países que producen conjuntamente más del 80% del corcho a escala internacional (en concreto, esta industria supone el 1,50% y 0,90% del PIB de cada país respectivamente) (Sierra-Pérez et al. 2015). El precio de las panas de corcho se rige por estrictos criterios de calidad y calibre, lo que hace que la rentabilidad de la extracción del recurso dependa en gran medida del vigor y crecimiento del arbolado y, por lo tanto, de su estado sanitario (Vericat et al. 2013).

Los alcornocales ibéricos padecen el efecto de diversas enfermedades e infestaciones de fitófagos que merman sensiblemente su capacidad productiva. Así pues, a las cada vez más intensas defoliaciones causadas por la lagarta peluda (*Lymantria dispar* L.) se unen los daños ocasionados por las larvas de la culebrilla del corcho (*Coraebus undatus* Fabricius; Coleoptera, Buprestidae) cuyas galerías subcorticales provocan una fuerte devaluación de la pana y causan debilitamiento en el árbol (Gallardo et al. 2012). Entre los microorganismos patógenos del alcornoque destacan aquellos que causan enfermedades en raíz y tronco. La pudrición de la raíz causada por *Pythium spiculum* B. Paul y *Phytophthora cinnamomi* Rands limita de forma intensa el flujo de agua y nutrientes a los tejidos aéreos, causando fuerte decaimiento y muerte incluso en árboles maduros. Por otra parte, el hongo ascomiceto *Diplodia corticola* Phillips, Alves & Luque

(teleomorfo: *Botryosphaeria corticola* Phillips, Alves & Luque) causa una de las enfermedades del tronco más virulentas en esta especie: el chancro o escaldado del alcornoque (Linaldeddu et al. 2014; González et al. 2019). *Diplodia corticola* [identificada ocasionalmente como *Diplodia mutila* (Fr.) Mont. (Philips et al. 2013)] cuenta con numerosos hospedantes del género *Quercus*, incluyendo especies abundantes en el Mediterráneo tales como la encina (*Quercus ilex* L.) y el alcornoque. La proliferación de este hongo provoca la aparición de chancros en las ramas y tronco del árbol infectado. Estas lesiones, que en arbolado adulto comienzan como depresiones oscurecidas en la corteza, llegan a cubrir amplias secciones del tronco causando una progresiva necrosis de la capa suberofelodérmica, lo que impide la regeneración del corcho (Luque et al. 2008). La elevada incidencia de chancros debilita sensiblemente al arbolado, favoreciendo la colonización por parte de otros organismos patógenos y causando en ocasiones la muerte del alcornoque (Navarro et al. 2004).

A pesar del impacto ecológico y económico de esta patología y de su conocimiento desde antiguo (Velaz de Medrano y Ugarte, 1922), la mayoría de los aspectos etiológicos de la enfermedad son desconocidos. Se considera que las esporas son dispersadas principalmente por la lluvia y el viento durante los meses cálidos. Sin embargo, los factores climáticos que favorecen la esporulación no han sido estudiados en profundidad. Por otra parte, estudios recientes han puesto en relieve el papel que diversos taxones de insectos pueden desempeñar en la dispersión de las esporas; tal es el caso de *Coraebus florentinus* Herbst (Col., Buprestidae) (Pinna et al. 2019). Respecto a los factores de virulencia empleados por el hongo en la colonización del hospedante, se sabe que *D. corticola* segregá enzimas extracelulares capaces de degradar la pared celular vegetal (Fernandes et al. 2014), así como compuestos fitotóxicos y antifúngicos (Cimmino et al. 2016). Pese a estos avances, se desconocen aspectos esenciales de la etiología de la enfermedad como los tiempos y grado de susceptibilidad del arbolado o los factores ambientales que favorecen la infección.

2. Objetivos

En este estudio, los objetivos de investigación perseguidos fueron: (1) determinar el período de tiempo para el cual *Q. suber* es susceptible a *D. corticola* después del descorche y (2) identificar los factores ambientales que podrían favorecer el desarrollo de chancro en alcornoques en producción. Este conocimiento, resulta esencial desde el punto de vista de la gestión, permitiendo incorporar la incidencia de la enfermedad a los plazos de pela y ajustar la aplicación de los tratamientos preventivos al periodo preciso de máxima susceptibilidad.

3. Metodología

a. *Ensayo de inoculación*

El bioensayo se realizó en una parcela experimental poblada por alcornoques en densidad media y localizada en el municipio de Tordera (Barcelona). Un total de cinco pies maduros del *Q. suber* (diámetro normal con corteza: $38,32 \pm 3,06$ cm, valor medio y error estándar) fueron descorchados por una cuadrilla profesional el 4 de julio de 2019. Después del descorche, cada árbol fue marcado con una cuadrícula de 10×10 cm (Figura 1). En cada cuadrado de la cuadrícula se realizó un tratamiento de inoculación en un tiempo dado (Tm). Las inoculaciones se asignaron a la casilla de la cuadrícula de forma aleatoria a razón de una inoculación por cuadrado. Los tiempos de inoculación ensayados fueron (A) inmediatamente después del descorche; (B) 4 días después del pelado (ddp); (C) 7 ddp; (D) 11 ddp; (E) 14 ddp; (F) 21 ddp; (G) 28 ddp y (H) 35 ddp. Los cuadrados permanecieron cubiertos por una gasa estéril hasta ser inoculados para reducir así la posible infección natural causada por inóculo aéreo. Dos cuadrados de cada árbol fueron tomados como control (tratamiento I). Estos controles ni recibieron inóculo experimental ni fueron cubiertos por gasa, para favorecer así la libre infección del inóculo local.

Las inoculaciones experimentales se realizaron utilizando una herramienta consistente en un disco de fieltro adhesivo (diámetro: 40 mm; KMT® Style) fijado a un mango metálico (Figura 2). El inóculo se obtuvo mediante contacto del disco de fieltro con la superficie de colonias maduras de un único aislado de *D. corticola* (cepa CAA-007-1, procedente de la colección de aislados del Laboratorio de Fitopatología del Dr. Artur Alves, Universidade de Aveiro, Portugal) cultivadas a temperatura ambiente en PDA (3,90% p/v patata-dextrosa-agar, Biokar). Una vez cargado el fieltro de propágulos, se estampó cuatro veces sobre el cuadrado a inocular de modo que se pusiera en contacto la mayor cantidad de inóculo con la felodermis (Figura 2). Los discos de fieltro se desecharon después de cada uso.



Figura 1. Aspecto de la cuadricula marcada en los árboles analizados.



Figura 2. Proceso de inoculación mediante fieltro con propágulos.

b. Monitoreo del avance de la infección

El periodo de revisión de los árboles inoculados se extendió desde el día del descorche hasta que el 30% de los tratamientos presentaron algún grado de lesión (30 de enero de 2020; 210 días de seguimiento). El monitoreo se realizó cada 4 días entre el 4 y el 18 de julio, espaciándose después en visitas semanales hasta mediados de agosto y pasando posteriormente a ser mensuales y bimestrales. En cada evento de muestreo se evaluó el estado de infección (sintomático/asintomático) para cada cuadrado y se registró fotográficamente el área afectada por la necrosis incluyendo una escala gráfica como referencia.

Las imágenes de cada cuadrado en cada evento de muestreo se escalaron utilizando el software ImageJ (Abràmoff et al. 2004) y la extensión en cm^2 de cada lesión detectada fue estimada por quintuplicado utilizando el mismo software. Esos registros se utilizaron para calcular el valor del área bajo la curva de la enfermedad (AUDPC, cm^2 día) para cada tratamiento y árbol. El valor de AUDPC se obtuvo como el área del trapezoide en la fecha j [$\text{Ar}_j = h_j (b_{1j} + b_{2j} / 2)$], siendo h_j el periodo entre eventos de muestreo j y $j + 1$. Los valores b_{1j} y b_{2j} se computaron como el área media afectada por necrosis (cm^2) en los eventos de muestreo j y $j + 1$ (Muñoz-Adalia y Colinas, 2021).

De forma adicional, en la parcela experimental se instaló un registrador de datos EL-USB-2 (Lascar Electronics, Wiltshire, Reino Unido) que obtuvo de forma horaria los valores de temperatura y humedad relativa del aire durante todo el periodo de estudio.

c. Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron en el entorno de programación R (R Core Team 2019). Las variaciones de AUDPC entre tiempos de inoculación (Tm) se evaluaron con la prueba de suma de rangos de Kruskal-Wallis seguida de la prueba de Dunn como análisis post-hoc.

Para el análisis del tiempo hasta la aparición del primer síntoma (ts) se ajustó un modelo mixto generalizado (GLMM) utilizando el paquete “lme4” (Bates et al. 2015). En dicho modelo, ts se incluyó como variable respuesta siendo el tratamiento de inoculación (Tm) un factor fijo. Se incluyeron como factores aleatorios en los modelos probados las variables árbol, temperatura y la humedad relativa del aire (valores medios, máximos y mínimos). Las variables climáticas se calcularon para la semana anterior y posterior al día de la inoculación y para períodos de cuatro días previos y posteriores a cada inoculación. En el tratamiento de control, los datos climáticos para los

períodos antes mencionados se calcularon desde el registro más temprano de necrosis en los cuadrados de control hasta el 30 de septiembre.

El GLMM seleccionado entre todos los ajustados se eligió en base a los Criterios de Información de Akaike (AIC). Asimismo, se ajustó un modelo nulo como modelo lineal generalizado (GLM) que incluía solo la variable explicativa Tm. Los GLMM más parsimoniosos se compararon con el modelo nulo mediante la prueba X².

4. Resultados

Las primeras evidencias de escaldado se registraron 28 ddp en la mayoría de los cuadrados (Tabla 1) independientemente de cuándo fueron inoculadas. El número de cuadrados asintomáticos varió de 0 a 60% según los tratamientos (Tabla 1), si bien no se registró aparición de nuevos síntomas después de noviembre de 2019.

Tabla 1. Descripción del avance de la infección en los árboles inoculados.

Tratamiento	Fecha de síntoma más temprano	Fecha de síntoma más tardío	Cuadrículas asintomáticas
A (0 ddp)	01.08.2019	30.01.2020	40%
B (4 ddp)	01.08.2019	18.11.2019	40%
C (7 ddp)	01.08.2019	08.08.2019	20%
D (11 ddp)	01.08.2019	18.11.2019	0%
E (14 ddp)	01.08.2019	18.11.2019	0%
F (21 ddp)	01.08.2019	09.09.2019	40%
G (28 ddp)	18.11.2019	18.11.2019	60%
H (35 ddp)	08.08.2019	09.09.2019	0%
I (control)	01.08.2019	18.11.2019	40%

La gravedad de los síntomas expresados como AUDPC varió significativamente entre los tiempos de inoculación (Tm) (*p*-valor = 0,03) (Figura 3). El análisis reveló valores de AUDPC más altos en los tratamientos inoculados 7, 11, 14 y 35 ddp sin que se observaran diferencias significativas entre ellos (*p*-valor > 0,66 en todos los casos). Los valores de AUDPC de las inoculaciones 11, 14 y 35 ddp fueron significativamente más altos que los de aquellas realizadas 4 y 28 ddp (*p*-valor <0,03, en todos los casos). Los valores más bajos de AUDPC se encontraron los tratamientos de inoculación en día del descorche, 4, 21 y 28 ddp no mostrando variación significativa con el control.

El GLMM ajustado incluyó el tiempo de inoculación (Tm) como factor fijo y el árbol de variables como efecto aleatorio incluyendo el tiempo hasta la aparición del primer síntoma (ts) como variable de respuesta. Este modelo mostró variaciones significativas en ts entre los niveles de Tm (*p*-valor <0,01). El mencionado modelo difirió estadísticamente del modelo nulo (M0, *p*-valor <0,01) y resultó en un valor más bajo de AIC ($\Delta AIC_{M0-M1} = 388$). Posteriormente, se ajustó un segundo GLMM denominado M2 incluyendo los registros de humedad relativa mínima del aire cuatro días después de la inoculación (H_{min4}). La inclusión de este factor, cuyo desarrollo parecía ser inverso al de la variable ts (Figura 3), no alteró la significancia de los factores del modelo respecto de M1, observándose diferencias significativas respecto al modelo nulo (*p*-valor <0,01). Adicionalmente, las diferencias de AIC entre M1 y M2 no resultaron relevantes ($\Delta AIC_{M2-M1} = 2$).

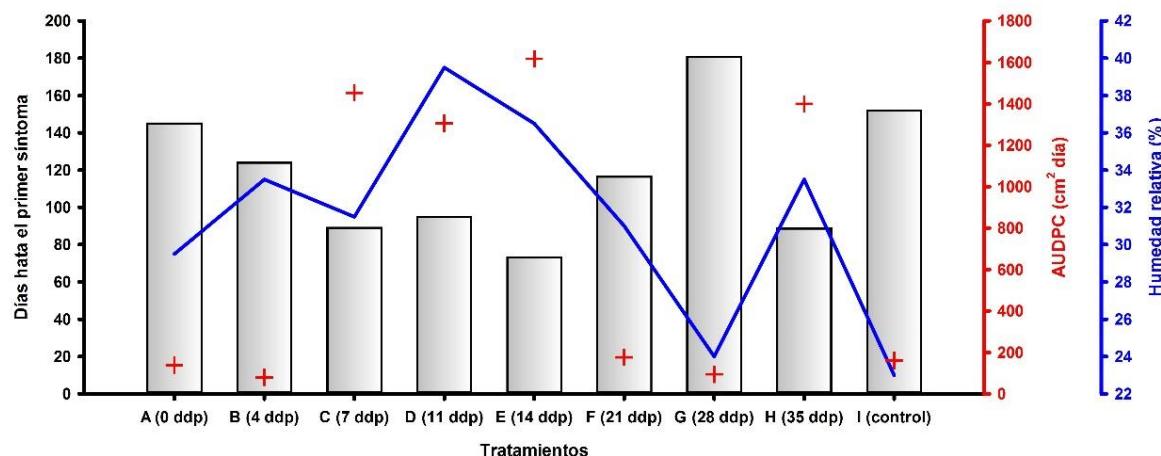


Figura 3. Variación del tiempo hasta la aparición del primer síntoma (ts) en cada tratamiento de inoculación (T_m ; A-I) (barras) respecto de los valores de AUDPC ($\text{cm}^2 \text{día}$; cruces) y la humedad relativa mínima del aire cuatro días tras la inoculación (%; líneas). Se muestran valores medios observados.

5. Discusión

El estudio aquí presentado supone un avance en el conocimiento del escaldado del alcornoque puesto que no existe suficiente información acerca de la susceptibilidad de arbolado adulto tras el descorche. Respecto del análisis de la gravedad de los síntomas, un estudio previo en Cataluña obtuvo una tasa de infección por árbol de hasta el 4,50% (expresada como área de chancro / área descortezada; árboles infectados de forma espontánea) seis meses después del descortezado (Rojo y Luque 2005). En nuestro ensayo, al menos el 40% de réplicas de cada tratamiento se infectaron en un período similar con un porcentaje medio de necrosis más alto por cuadrado tratado (9,59%; datos no mostrados). Por otra parte, cabe destacar que durante el estudio se registró un chancro incipiente a fecha de 9 de septiembre que no fue registrado con posterioridad, señalando la capacidad del arbolado de revertir los síntomas en sus primeros estadios, aspecto no observado con anterioridad. Respecto de la severidad de la enfermedad, Navarro et al. (2004) encontraron áreas afectadas superiores a 1800 cm^2 de área de chancro por árbol dos meses después de la pella en parcelas andaluzas. En este sentido, los primeros chancros aparecieron antes en nuestro estudio, si bien los niveles de afectación descritos por Navarro et al. (2004) no se registraron en Tordera hasta cuatro meses tras la inoculación. Dado que en el ensayo realizado por Serrano et al. (2015) los daños no aparecieron hasta la primavera siguiente al descorche, tendemos a pensar que los daños en nuestra parcela experimental pueden considerarse moderados en el contexto ibérico.

Los tratamientos preventivos frente al escaldado se aplican de forma general inmediatamente después del pelado ya que Rojo y Luque (2005) encontraron que los tratamientos con benomilo ($\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_3$; actualmente prohibido) contra *D. mutila* produjeron una efectividad superior al 60% al aplicarse 4 horas después del descorche. Si bien con frecuencia se asume que estas primeras horas tras el pelado son críticas para la colonización por parte del hongo, no existe información detallada sobre la evolución del riesgo de infección a lo largo del tiempo. Los resultados presentados aquí parecen cuestionar esta hipótesis asumida, ya que se encontraron síntomas más tempranos e intensos en los alcornoques inoculados de una a varias semanas después de la pella. Esta sintomatología retardada podría atribuirse a la respuesta fisiológica desarrollada por el árbol tras el descorche (Costa-e-Silva et al., 2021). Sin embargo, nuestros resultados ponen de manifiesto otro retraso en la aparición de síntomas para las inoculaciones 21 y 24 ddp (Figura 3). Estas observaciones hacen que la hipótesis de una respuesta atenuada con el tiempo por parte del árbol

no parezca la más plausible, debiendo considerarse otros factores de predisposición como los climáticos.

Las altas temperaturas registradas en la parcela experimental no parecieron afectar a la virulencia del patógeno ya que *D. corticola* causó daños de escaldado incluso en períodos con temperaturas por encima de los 40°C. Esta aparente termo-tolerancia de la especie ha sido evaluada en el pasado apuntando al carácter termófilo de este patógeno (Sánchez et al. 2003). Respecto de la humedad, Serrano et al. (2015) encontraron que los alcornoques ubicados en zonas con mayor número de días de niebla y con humedad relativa mínima más elevada sufrieron lesiones mayores y más abundantes que los árboles ubicados en parcelas más secas. Esta observación se alinea con los resultados del modelo M2 que incluye la humedad relativa mínima del aire 4 días después de la inoculación. Además, el retraso acusado en la aparición de chancros entre la inoculación 21 y 28 ddp podría estar asociado con el período seco observado la primera semana de agosto que muestra la Figura 4. Un posterior aumento de la humedad coincidió con el registro temprano de síntomas en la inoculación 35 ddp. Curiosamente, Navarro et al. (2004) también encontraron síntomas más intensos en alcornocales del Parque Natural Los Alcornocales donde la precipitación anual es ligeramente más alta que en nuestra parcela de muestreo. Por todo ello, consideramos que la humedad del aire podría ser un factor relevante en el desarrollo del escaldado, siendo necesarios nuevos ensayos que permitan caracterizar el papel de las variables climáticas en la etiología de esta enfermedad.

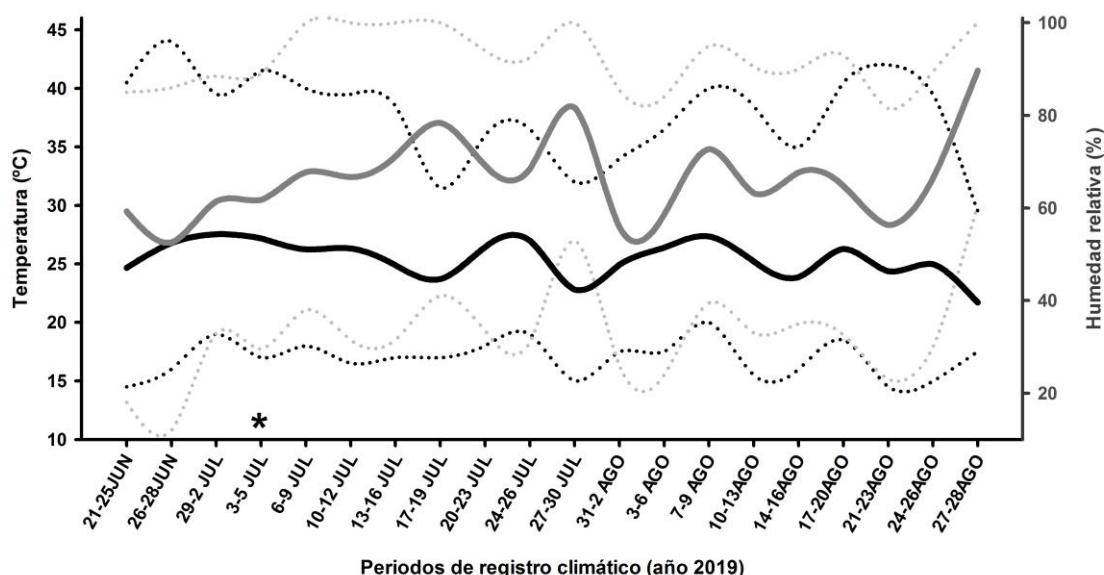


Figura 4. Registros climáticos estivales de la parcela experimental (junio-agosto de 2019). Se muestra la temperatura media (línea sólida negra) y la humedad relativa del aire media (línea sólida gris). Los valores máximos y mínimos para cada una de las variables se muestran mediante líneas punteadas en los respectivos colores. *: periodo de descorche.

6. Conclusiones

En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que los pies de *Q. suber* son susceptibles a *D. corticola* durante al menos 35 días después de la extracción del corcho. Además, nuestros hallazgos mostraron que las infecciones tempranas no están asociadas con síntomas más severos o con una colonización más rápida por parte del patógeno, como se suele asumir en el sector corchero. Por otra parte, los resultados sugieren que la humedad relativa del aire en los días posteriores a la inoculación podría desempeñar un papel relevante en el desarrollo de la infección.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Generalitat de Catalunya, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Los autores desean expresar su agradecimiento al Ayuntamiento de Tordera por la cesión de la parcela experimental, a Dr. Artur Alves (Universidade de Aveiro, Portugal) por facilitar la cepa de *D. corticola*, así como a los Agents Rurals de la Diputació de Barcelona, la Associació de Propietaris del Montnegre i el Corredor y A. Meijer (CTFC) por el apoyo técnico prestado.

8. Bibliografía

- ABRÀMOFF, M.D.; MAGALHAES, P.J.; RAM, S.J.; 2004. Image processing with image. *J Biophotonics International* 11, 36-41. <https://doi.org/10.1111/1.3589100>
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S.; 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67, 1-48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- CIMMINO, A.; MADDAU, L.; MASI, M.; EVIDENTE, M.; LINALDEDDU, B.T.; EVIDENTE, A.; 2016. Further secondary metabolites produced by *Diplodia corticola*, a fungal pathogen involved in cork oak decline. *Tetrahedron* 72, 6788-6793. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tet.2016.09.008>
- COSTA-E-SILVA, F.; CORREIA, A.C.; PINTO, C.A.; DAVID, J.S.; HERNANDEZ-SANTANA, V.; DAVID, T.S.; 2021. Effects of cork oak stripping on tree carbon and water fluxes. *Forest ecology and management* 486. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118966>
- FERNANDES, I.; ALVES, A.; CORREIA, A.; DEVREESE, B.; ESTEVES, A.C.; 2014. Secretome analysis identifies potential virulence factors of *Diplodia corticola*, a fungal pathogen involved in cork oak (*Quercus suber*) decline. *Fungal Biology* 118, 516-523. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2014.04.006>
- GONZÁLEZ, M.; ROMERO, M.A.; SERRANO, M.S.; SANCHEZ, M.E.; 2019. Fosetyl-aluminium injection controls root rot disease affecting *Quercus suber* in southern Spain. *European Journal of Plant Pathology* 156. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01865-1>
- LINALDEDDU, B.T.; SCANU, B.; MADDAU, L.; FRANCESCHINI, A.; 2014. *Diplodia corticola* and *Phytophthora cinnamomi*: the main pathogens involved in holm oak decline on Caprera Island (Italy). *Forest Pathology* 44, 191-200. <https://doi.org/10.1111/efp.12081>
- LUQUE, J.; PERA, J.; PARLADE, J.; 2008. Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria corticola* on cork oak in Catalonia (NE Spain). *Forest Pathology* 38, 147-155. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2007.00526.x>
- MUÑOZ-ADALIA, E.J.; COLINAS C. 2021. Susceptibility of cork oak (*Quercus suber*) to canker disease caused by *Diplodia corticola*: when time is of the essence. *New Forests* 52, 863-873. <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09829-8>
- NAVARRO, RM.; TRAPEDO, A.; ANDICOBERRY DE LOS REYES, S.; SANCHEZ. E.; 2004. Tratamientos fungicidas para el control del chancre causado por *Diplodia* sp. en alcornoque. *Boletín Sanidad Vegetal y Plagas* 30, 605-613.

PHILIPS, A.J.; ALVES, A.; ABDOLLAHZADEH, J.; SLIPPERS, B; WINGFIELD, M.J.; GROENEWALD, J.Z.; CROUS, P.W.; 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Studies in Mycology* 76, 51-167. <https://doi.org/10.3114/sim0021>

PINNA, C.; LINALDEDDU, B.T.; DEIANA, V.; MADDAU, L.; MONTECCHIO, L.; LENTINI, A.; 2019. Plant Pathogenic Fungi Associated with *Coraebus florentinus* (Coleoptera: Buprestidae) Attacks in Declining Oak Forests. *Forests* 10. <https://doi.org/10.3390/f10060488>

R CORE TEAM; 2019. R: a language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>

ROJO, M.; LUQUE, J.; 2005. Incidència de l'escaldat de l'alzina surera a Catalunya i metodes de control (1985-2005). Barcelona

SÁNCHEZ, M.E.; VENEGAS, J., ROMERO, M.A.; PHILLIPS, A.J.L.; TRAPERO, A.; 2003. *Botryosphaeria* and related taxa causing oak canker in southwestern Spain. *Plant Disease* 87, 1515-1521. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.12.1515>

SERRANO, M.S.; ROMERO, M.A.; JIMENEZ, J.J.; DE VITA, P.; ÁVILA, A.; TRAPERO, A.; SÁNCHEZ, M.E.; 2015. Preventive control of *Botryosphaeria* canker affecting *Quercus suber* in southern Spain. *Forestry* 88, 500-507. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv016>

SIERRA-PEREZ, J.; BOSCHMONART-RIVES, J.; GABARRELL, X.; 2015. Production and trade analysis in the Iberian cork sector: economic characterization of a forest industry. *Resources, Conservation, and Recycling* 98, 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.011>

VELAZ DE MEDRANO, L.; UGARTE J.; 1922. El alcornoque y el corcho: cultivo, aprovechamiento e industrias derivadas. Calpe.

VERICAT, P.; BELTRAN, M.; PIQUE, M.; CERVERA, T.; 2013. Models de gestió per als boscos de surera (*Quercus suber* L.): Producció del suro i prevenció d'incendis forestals. Generalitat de Catalunya. Departament d' Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Centre de la Propietat Forestal.