VARIABILIDAD DE LA RESISTENCIA/TOLERANCIA DE PLÁNTULAS DE ENCINA (*Quercus ilex* subsp. *ballota* L.) AL PATÓGENO *Phytophthora cinnamomi* Rands. Evaluación de supervivencia y crecimiento.

Autores: Raúl Tapias*, Manuel Fernández*, Ángel Sáenz*, MªMar Alcuña*, Vanesa José*. Alfredo Inchusta*, Ana Cristina Moreiraª y Alfredo Cravadorº.
* Universidad de Huelva, Departamento de Ciencias Agroforestales.
º Universidade do Algarve, Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Faro (Portugal)
ª Instituto Nacional de Investigación Agraria. Estação Agronómica Nacional Oeiras (Portugal)

Dirección de contacto: Escuela Politécnica Superior. Carretera de Palos de la Frontera s/n, 21819 Palos de la Frontera. e-mail: rtapias@uhu.es

RESUMEN
Phytophthora cinnamomi Rands. (hongo patógeno del suelo) es el principal responsable del decaimiento de encinas y alcornoques en el Suroeste de la Península Ibérica. Este decaimiento es uno de los problemas ambientales más graves que amenaza la supervivencia y sostenibilidad, tanto ecológica como económica, de las formaciones de *Quercus* del sur peninsular.
Este trabajo analiza la variabilidad de resistencia o tolerancia de plántulas de una savia de encina al patógeno del suelo *Phytophthora cinnamomi*. Para ello se recogieron semillas de 20 individuos de 7 regiones de procedencia de España y Portugal. Tras una pregerminación en sustrato estéril en laboratorio, se transfirieron a un envase forestal de 300cc en invernadero con un único sustrato pero tres niveles de infestación: N (naturalmente infestado, suelo natural con vermiculita), P (parcialmente pasteurizado, el anterior sometido a un proceso de pasteurización parcial) y A (artificialmente infestado, el anterior al que se ha añadido una cantidad constante de inoculo del hongo). Cada tratamiento de infección se colocó en una mesa de cultivo sometidas al mismo régimen de riegos y temperaturas. En cada nivel de inoculación del sustrato se colocaron 10 plantas de cada familia en un diseño de bloques al azar con una planta de cada familia por bloque. Periódicamente se comprobó la supervivencia y el nivel de daños y en una ocasión el tamaño de la planta (altura y diámetro).
Los resultados muestran una importante susceptibilidad de la encina pues registró gran mortalidad en los tres niveles de infección (promedio del 51,2%), llegando al 92% en el sustrato artificialmente infectado. El efecto del nivel de infección del sustrato, la región de procedencia y la familia fue estadísticamente significativo para todos los parámetros medidos. Globalmente se observó una alta variabilidad de respuestas y se identificaron progenitores que dan familias con un buen desarrollo en el conjunto del ensayo y algunos individuos que mostraron desarrollo sobresaliente en cada nivel de infección.

Palabras claves: seca, mejora de la resistencia, *Quercus ilex*.

INTRODUCCIÓN

El decaimiento progresivo ("seca") de los *Quercus* es uno de los problemas fitosanitarios más importantes en España, ya que compromete la estabilidad y persistencia de los encinares y los alcornocales y altera sus valores ecológicos, socioeconómicos y paisajísticos. En una primera aproximación sobre la posible etiología del problema se consideró como un caso de decaimiento, producido por la interacción de una serie de factores bióticos y/o abióticos intercambiables cuya acción ordenada sobre una planta conduce al deterioro gradual de su estado fisiológico, y a menudo termina con su muerte (MANION 1991). Entre los factores que participan en el decaimiento, se pueden citar las sequías severas y recurrentes, encharcamientos estacionales, contaminación atmosférica, los tratamientos del arbolados y cambios de uso en las dehesas, los insectos perforadores y hongos patógenos como *Phytophthora cinnamomi, Biscogniauxia mediterranea* (sinónimo de *Hypoxilon mediterraneum*) y *Botryosphaeria stevensii* (anamorfo *Diplodia mutila*) y la bacteria *Erwinia quercina* (MONTOYA 1992, MUÑOZ *et al.* 1996; SÁNCHEZ *et al.* 2000a, LÓPEZ *et al* 2004, NAVARRO *et al*, 2004). En la actualidad se tiende diferenciar por zonas y a atribuir a ciertos factores concretos la principal responsabilidad en el decaimiento cada zona (NAVARRO *et al.* 2004) en lugar de la hipótesis de participación conjunta considerada en un principio.
La mayoría de los investigadores están de acuerdo en atribuir al hongo del suelo *P. cinnamomi* Rands

la principal responsabilidad en la muerte y debilitamiento de las encinas y alcornoques en el Suroeste de la Península Ibérica (RUPEREZ y MUÑOZ 1980, BRASIER *et al* 1993a y b; TUSET *et al*., 1996; GALLEGO *et al*., 1999, SANCHEZ *et al* 2002, FERRAZ *et al* 2003, NAVARRO *et al* 2004), adicionalmente aparecen en este región agentes secundarios como hongos vasculares (*B. mediterranea* y *Botryosphaeria* spp), cerambícidos perforadores (LÓPEZ *et al* 2004), combinado con un proceso de cambio fitoclimático trascendente que acentúan los daños producidos por *P. cinnamomi*.

Phytophthora cinnamomi es un patógeno de muchas plantas leñosas que provoca importantes daños en distintas partes del planeta. Provoca la muerte masiva de las raíces absorbentes, reduciendo la capacidad del árbol para absorber agua y nutrientes. Los síntomas que se observan en la parte aérea son similares a los de la sequía provocando, en ocasiones, la muerte repentina de los árboles (muerte súbita), en otras un decaimiento prolongado (LUQUE *et al* 1999 y 2002, SÁNCHEZ *et al* 2000b). El hongo ha sido aislado en la mayoría de las parcelas muestreadas en la provincia de Huelva (SÁNCHEZ *et al* 2000a, y 2002, TRAPERO *et al* 2000). El control de *P. cinnamomi* cuenta con el obstáculo de la amplia gama de hospedantes, y la longevidad de sus estructuras de resistencia en el suelo (MOREIRA 2001). Se han propuesto métodos químicos para árboles adultos (FERNÁNDEZ ESCOBAR *et al* 1999) fertilización fosforada en brinzales (NAVARRO *et al* 2004) pero se desconoce la eficiencia a largo plazo. La mejora genética de la tolerancia / resistencia de las especies adquiere especial interés como posible herramienta a medio y largo plazo, además del uso de organismos antagonistas como las micorrizas y la recuperación del equilibrio biológico de los suelos.

Frente a la práctica unanimidad en señalar a *P. cinnamomi* como el principal responsable de la mortalidad de los *Quercus* en el Suroeste de la Península Ibérica, no existe consenso en los factores que hacen que su efecto sea más o menos grave. Parece que el contenido de humedad del suelo, y factores edáficos como escasa profundidad del suelo y las texturas finas propician la severidad de la enfermedad (MOREIRA, 2001). Tampoco están claros los mecanismos de resistencia / tolerancia de la planta. La supervivencia de algunos individuos en focos severos de «seca» así como ensayos preliminares en vivero (GARCÍA 2004, SANTANA 2004) apuntan a la existencia de una importante variabilidad genética en las dos especies que puede ser aprovechada para la mejora.

Este trabajo presenta los resultados preliminares de un estudio de la variabilidad de la resistencia / tolerancia de plantas de encina de una savia al hongo del suelo *P. cinnamomi* Además, trata de diferenciar que parte de esta variabilidad se puede atribuir a factores genéticos y que parte a factores ambientales

METODOLOGÍA

Material vegetal

Se recogieron semillas de 7 regiones diferentes, dos del sur de Portugal (Algarbe y Baixo Alentejo) y 5 de España (Centro de Badajoz, Huelva-Andevalo-, Cádiz, Granada y La Rioja). En cada región se eligieron 20 árboles separados más de 100 metros y de cada uno se recogieron unos dos kilos de bellotas durante los meses de noviembre - diciembre de 2003. Las semillas se limpiaron y desinfectaron antes de su conservación en cámara fría (4ºC). Durante el mes de febrero se pusieron a pregerminar unas 50 semillas de cada progenitor en perlita húmeda dentro de bandejas de plástico con tapa. Estas bandejas se mantuvieron en laboratorio a temperatura ambiente.

Cuando las bellotas emitieron radícula y epicotilo (febrero-marzo) se transfirieron a un envase forestal individual de 300 cc (superleach 300) en invernadero donde permanecieron durante todo el ensayo. Las condiciones del invernadero se intentaron controlar mediante calefacción en los meses fríos y con ventilación forzada y sistema de refrigeración procurando mantenerse en el rango de 16-35ºC. Los riegos fueron frecuentes, diarios a partir de mayo, para mantener una humedad constante del sustrato.

Preparación del inóculo

El cultivo en vivero se realizó en un sustrato con las mismas características físicas y químicas pero con tres niveles de infección: naturalmente infestado(N: suelo natural + vermiculita), parcialmente pasteurizado (P: Suelo natural pasterizado + vermiculita) y artificialmente infestado(A: Suelo natural pasteurizado + inoculo de *P. cinnamomi* + vermiculita), todos ellos a partir del mismo suelo procedente de una dehesa de San Bartolomé de la Torre (Huelva) con una textura franco arenosa y densidades muy altas de *P. cinnamomi*.

En los tres niveles de infección, la proporción de suelo natural y vermiculita fue la misma, 1:3 en volumen.
La Pasteurización parcial del suelo se realizó haciendo pasar vapor de agua por el suelo durante 2 horas y en dos días consecutivos. Las temperaturas alcanzadas por el suelo fueron superiores a 90ºC.
La adición de micelio se hizo antes de la siembra mediante semillas de mijo (*Panicum milliaceum* L.) colonizadas por el hongo (MOREIRA 2001) a razón de 3 g/planta. Se emplearon 5 cepas del hongo de contrastada patogeneidad.

Diseño del experimento y análisis de los datos

Cada nivel de infección del sustrato se localizó en mesas de cultivo separadas. En cada mesa se realizaron 10 bloques donde se colocaron aleatoriamente una planta de cada familia de manera que cada familia está representada por 10 plantas en cada nivel de infección del sustrato y 30 plantas en el conjunto del ensayo.
Periódicamente se realizaron controles de emergencia y supervivencia de las plantas (marzo, abril, mayo, junio y finales de agosto). A finales del mes de agosto se realizó una medición de altura y diámetro de todas las plantas y una evaluación de los síntomas en la parte aérea distinguiendo cuatro niveles: muertas (0), más del 75% de la parte aérea muerta (0,2), entre el 50 y 75% de la parte aérea muerta (0,4), entre el 25 y 50% muerto (0,7), hojas pequeñas y gran numero de brotes de corta longitud (0,7) y menos del 25% de hojas dañadas (1).
Los datos de emergencia, supervivencia, nivel de daños y desarrollo de las plantas para cada una de las fechas de medición se analizaron mediante el Modelo Lineal General (procedimiento UNIANOVA del programa estadístico SPSS v12) considerando la región de procedencia, la familia y el nivel de infección de sustrato como factores del modelo. También se realizó una estimación de la contribución de cada factor a la varianza total mediante el procedimiento VARCOMP (SPSS v12).

RESULTADOS

Se plantaron un total de 3801 bellotas de 132 progenitores. La emergencia de las plantas, un mes después de la siembra, resultó desigual, afectada significativamente ($p<0.001$) tanto por el origen de la semilla (progenitor) como el sustrato y la interacción de ambos. El sustrato fue el factor que más influyó, siendo significativamente menor en el artificialmente infectado (A) 86,4±0,5% que en los otros dos que no tuvieron diferencias (98,39 y 98,09% en P y N) (figura 1, valor de marzo). 19 de las 132 familias ensayadas tuvieron una emergencia baja (entre el 60 y 83%). En este grupo se encuentran 9 familias del Algarbe.
Un mes después de la siembra ya se observaron importantes diferencias en la supervivencia de las plantas. La familia, el sustrato y la interacción resultaron altamente significativos ($p<0.001$). En el conjunto del ensayo, 37 de las 132 familias registraron una supervivencia inferior al 83% y 75 superaban el 90%. La supervivencia fue menor en A (82,7±0.9 %) que en N (86.3±0,8%) y en P (95.0±0,8%), (figura 1). En el sustrato A se aprecia rápidamente una importante mortalidad y se hace muy intensa a partir de mayo. En los otros dos sustratos es moderada hasta junio y un poco más intensa en el período junio-agosto (figura 1). Al final de verano (24 de agosto de 2004), la supervivencia promedio del ensayo se redujo al 48,8% con un efecto significativo de los factores familia, sustrato e interacción ($p<0.001$). La supervivencia fue muy baja en el sustrato A (9,2±1,3%), seguida del N (63,5±1,1%) y el P (68,9±1,2%).
La evolución de la supervivencia del conjunto de plantas de cada región de procedencia tiene comportamiento similar al de los promedios (figura 2). Baixo Alentejo y Algarbe son las regiones que tienen un mejor y peor comportamiento respectivamente en los niveles de infección más bajos (tratamientos N y P). En el tratamiento de mayor nivel de infección (A) algunas procedencias muestran antes su susceptibilidad que las demás, pero al final convergen a valores muy similares de supervivencia (entre el 5 y el 10%).
Los factores región de procedencia, familia y nivel de infección del sustrato influyen significativamente en el tamaño de las plantas (altura y diámetro) al final del ensayo (figura 3). Las plantas de la región de Baixo Alentejo poseen los mayores valores de altura y diámetro en los tres tratamientos. Los peores promedios son los de La Rioja y Granada. Algarbe, que dio los peores resultados de supervivencia, tiene un desarrollo medio-bajo. El menor desarrollo de las plantas de La Rioja y Granada, con un comportamiento intermedio-bueno en cuanto a supervivencia, puede ser debido al menor tamaño de sus bellotas que condiciona el desarrollo en los primeros meses (efecto

maternal) más que a una mayor susceptibilidad al hongo. Las pocas plantas que sobrevivieron en el sustrato artificialmente infectado tuvieron un desarrollo muy pequeño (promedio de 2,8±0,3 cm) mostrando unos evidentes síntomas de ataque por *P. cinnamomi*. El promedio de las plantas en el sustrato N fue de 6,2±0,1 cm y en el P de 7,2±0,1cm.
A nivel de familia se observó una gran variabilidad en la supervivencia y crecimiento (figura 5). 20 de las 132 estudiadas tuvieron un promedio de altura bajo (4-5 cm) en el conjunto de los sustratos N y P, 13 de las cuales pertenecen a las regiones de Granada y La Rioja. 23 familias destacaron por su mayor altura promedio (8-10 cm) de las cuales 14 pertenecen a la Región de Baixo Alentejo. En el sustrato A sólo dos familias alcanzaron alturas promedio casi normales (4 y 5,5 cm). Sólo tres individuos superaron los 7 cm aunque uno de ellos murió. A nivel individual también destacan 53 plantas en los sustratos N y P que superaron los 13 cm ,llegando a 23 en el sustrato P, aunque 9 de ellas murieron poco antes del final del ensayo.
El nivel de daños que presentaron las plantas en verano, recogidos en un índice combinado de supervivencia y daños, está fuertemente influenciado por la región de procedencia, el sustrato ($p<0,001$) y no así por la interacción. Las plantas en el tratamiento P y de la región de Baixo Alentejo mostraron un menor nivel de daños. La región del Algarbe fue la que tuvo el peor comportamiento.
En la estimación de los componentes de la varianza, la contribución de la región de procedencia y el progenitor fue baja para la supervivencia en las distintas fechas considerando el conjunto del ensayo (entre el 1-3% para la región y entre el 3-5% para la familia). Considerando sólo los tratamientos N y P estos valores subieron a unas dos unidades. La contribución al tamaño final de las plantas fue mayor, en torno al 5% para la región y 9% para la familia, considerando el conjunto del ensayo. Estos valores suben unas 4 unidades si se consideran sólo los tratamientos N y P.

DISCUSIÓN

Los resultados ponen de manifiesto la existencia de una importante variabilidad en la resistencia/tolerancia de encina a *P cinnamomi* en plantas de una savia. No se han encontrado familias con supervivencias aceptables en niveles de infección del sustrato muy altos pero sí en niveles medios o moderados de infección. La supervivencia de la encina ha sido muy inferior a la registrada en alcornoque en un ensayo que se realizó simultáneamente y en las mismas condiciones que éste (supervivencia del 21 % en el sustrato A y más del 80% en el N y P, datos no publicados). La existencia de variabilidad en la resistencia/tolerancia se ha puesto de manifiesto en otros patosistemas similares (*Phythophthora spp. y Eucalyptus marginata*, STUKELY y CRANE 1994, HUBERLI *et al* 2002 a y b).
La contribución genética a esta variabilidad global de la resistencia/tolerancia es pequeña, al menos la contribución del progenitor. Una eventual línea de mejora basada en la selección de progenitores o familias ofrecería unos moderados incrementos de la tolerancia sólo adecuados para lugares con infecciones medias o moderadas. La existencia de individuos con un aceptable desarrollo en el sustrato con alto nivel de infección o de individuos con un gran desarrollo en los sutratos moderadamente infectados sugiere la existencia de variabilidad genética dentro de las familias que puede ser aprovechada por propagación vegetativa. Hay que recordar que son resultados de plántulas de 6 meses por lo que se debe tener precaución en la interpretación de los resultados pues aún no se ha demostrado la existencia de correlación entre la resistencia/tolerancia en etapas juveniles con el comportamiento en etapas posteriores, como se ha podido comprobar en otros estudios (WU 1999 a y b)

Agradecimientos
Este estudio se ha desarrollado dentro del proyecto QUERCUS/SP5.45 del Programa INTERREG III, co-financiado con fondos FEDER y del Plan Propio de Investigación de la Universidad de Huelva. Los autores desean expresar su agradecimiento a D. José Carlos Muñoz de Biolandes Andalucía por su ayuda en la pasterurzación del sustrato, a numerosos alumnos de Ingeniería Forestal de Huelva por su ayuda en el semillado y evaluación del ensayo (Laura, Sonia, Jessica, Jacobo, Paula, Aurora, Leonor...); a Esteban Ortega, Roque y Antonio por su ayuda en la recolección de semillas y a los propietarios de las fincas donde se encontraban los progenitores.

BIBLIOGRAFÍA.

BRASIER, C.M., MOREIRA, A.C., FERRAZ, J. F. P. & KIRK, S. 1993a. High mortality of cork oak in Portugal associated with P. cinnamomi. In: Proceedings of the International Congress Recent advances in studies on oak decline. (N. Luisi, P. Lerario, A. Vannini, eds) pp 461-462.
BRASIER, C.M., ROBREDO, F. & FERRAZ, J. F. P. 1993b. Evidence for P. cinnamomi involvement in Iberian oak decline. Plant pathology 42: 140-145.
FERRAZ J., CRAVADRO A., MOREIRA AC. CAETANO P. 2003. Seca, amenaza para la industria del corcho. Europacork 8:28-30
FERNÁNDEZ-ESCOBAR R., GALLEGO, FJ. BENLLOCH M., MEMBRILLO, J. INFANTE, J., PEREZ de ALGABA A. 1999. Treatment of oak decline using pressurized capsules of antifungal maaterials. Eur. J. For. Phat. 29:29-38
GALLEGO, FJ., de ALGABA AP. FERNANDEZ-ESCOBAR R. 1999. Etiology of oak decline in Spain. Eur. J. For. Path., 29:17-27
GARCIA, J. 2004. Efecto de la inoculación en vivero con Phytophthora cinnamomi Rands. En plantas de *Quercus ilex L y Q. suber L.* de una savia. Prouecto Fin de Carrera de la Titulación de Ingeniero Técnico Forestal. Documento no publicado.
HUBERLI D; TOMMERUP IC; COLQUHOUN IJ; HARDY-GE , 2002a, Evaluation of resistance to Phytophthora cinnamomi in seed-grown trees and clonal lines of Eucalyptus marginata inoculated in lateral branches and roots. Plant-Pathology. 2002, 51: 4, 435-442
HUBERLI D; TOMMERUP IC; CALVER MC; COLQUHOUN IJ; HARDY GE, 2002b, Temperature and inoculation method influence disease phenotypes and mortality of Eucalyptus marginata clonal lines inoculated with Phytophthora cinnamomi. Australasian-Plant-Pathology. 2002, 31: 2, 107-118
LÓPEZ, G., DOMÍNGUEZ, L., SÁNCHEZ, I., TAPIAS, R. CREMADES, D., PARAMIO, A. y ALESSO, P 2004. Population ecology of xylophagous beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in the southwest of the Iberian Peninsula and its incidence on the oak forest health (Quercus ilex L. ssp. ballota and Quercus suber L.). MEDECOS 10. International workshop. Rhodas Grecia
LUQUE J; PARLADE J; PERA J, 2002. Seasonal changes in susceptibility of Quercus suber to Botryosphaeria stevensii and Phytophthora cinnamomi. Plant-Pathology. 2002, 51: 3, 338-345
LUQUE, J., COHEN, M. SAVÉ, R., BIEL, C., ALVAREZ, I.F. 1999. Effects of three fungal pathogens on water relations of two, chlorophyll fluorescence and growth of *Quercus suber* L. Ann.For. Sci. 56:19-26.
MANION, P. D. (1991). Tree Disease Concepts. Prentice-Hall Ed., Londres. 402 pp.
MONTOYA, J. M. (1992). Mortandad de quercíneas: la perspectiva selvícola y los antecedentes climáticos. La cuestión de Hypoxylon mediterraneum en el alcornocal de Mamora (Marruecos). Ecología 6: 123-130.
MOREIRA, A.C. (2001) Aspectos da interacção entre Phytophthora cinnamomi e a doença do declínio em Quercus suber e Quercus rotundifolia. Dissertação de doutoramento. Universidade do Algarve.
MUÑOZ, C.; COBOS, P.; MARTÍNEZ, G.; SOLDEVILLA, C.; DÍAZ, M. (1996). Micoflora y patología del alcornoque (Quercus suber L.). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 328 pp.
NAVARRO, R.M.; FERNÁNDEZ, P.; TRAPERO, A.; CAETANO, P.; ROMERO, M.A.; SÁNCHEZ, M.E.; FERNÁNDEZ, A.; SÁNCHEZ, I.; LÓPEZ, G. (2004). Los procesos de decaimiento de encinas y alcornoques. Monografía. Convenio Consejería de Medio Ambiente-Universidad de Córdoba. Dirección General de Gestión del Medio Natural. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 32 pp.
NAVARRO RM, GALLO, L. SANCHEZ ME. FERNANDEZ, P., TRAPERO A., 2004. Efectos de distintas fertilizaciones de fósforo en la resistencia de brinzales de encina y alcornoque a *Phytophthora cinnamomi* Rands. Invest. Agrar. Sist.y Rec. For. 13(3): 550-558
RUPÉREZ A., MUÑOZ A., 1980. Grave enfermedad de las encinas. Bol.San. Veg. Plagas 6 :107
SÁNCHEZ, ME., CAETANO, P., FERRAZ, J. TRAPERO, A., 2000a. El decaimiento y muerte de encinas en tres dehesas de la provincia de Huelva. Bol. San. Veg. Plagas 26: 447-464
SANCHEZ, ME., NAVARRO, RM.,., TRAPERO A., FERNÁNDEZ, P. 2000b. La seca de encinas y alcornoques: una visión histórica. Montes 62:29-39
SÁNCHEZ, M.E., CAETANO, P., FERRAZ, J., TRAPERO, A. 2002. Phytophthora disease of Quercus ilex in south-western Spain. Forest Pathology 32: 5-18.
SANTANA, R. 2004. Estudio de la variabilidad genética de la resistencia tolerancia de encina (Quercus ilex) al patogeno del suelo *Phytophthora cinnamomi*. Memoria del trabajo de investigación para optar al título de Estudios Abanzados del Programa de Doctorado de Gestión Ambiental de la Universidad de Huelva. Documento no publicado.
STUKELY MJC; CRANE CE, 1994. Genetically based resistance of Eucalyptus marginata to Phytophthora cinnamomi. Phytopathology. 1994, 84: 6, 650-656
TRAPERO A., SÁNCHEZ ME., PÉREZ de ALGABA, A. ROMERO M.A. NAVARRO, N. VARO, R. GUTIERREZ J, 2000. Enfermedades de especies forestales en Andalucía. Agricultura 821:822-824
TUSET JJ., HINAREJOS C. MIRA, JL. COBOS JM. 1996. Implicación de *Phytophthora cinnamomi* en la enfermedad de la seca de las encians y alcornoques. Bol. San. Veg. Plagas 22 :491-499.

WU, H.X. 1999a. Study of early selectión in tree breeding. 1. Advantage of early selection through increase of selection intensity and reduction of field test size. Silvae Genética, 47(2/3): 146-155
WU, H.X. 1999b. Study of early selectión in tree breeding. 2. Advantage of early selection through shortening the breeding cycle. Silvae Genética, 48(2): 78-83

Figura 1. Evolución de la supervivencia de *Quercus ilex* en los distintos tratamientos de inoculación de *Phytophthora cinnamomi*. A: artificialmente infestado, P: parcialmente pasteurizado, N: Naturalmente infestado. (Todos: promedio general del ensayo).

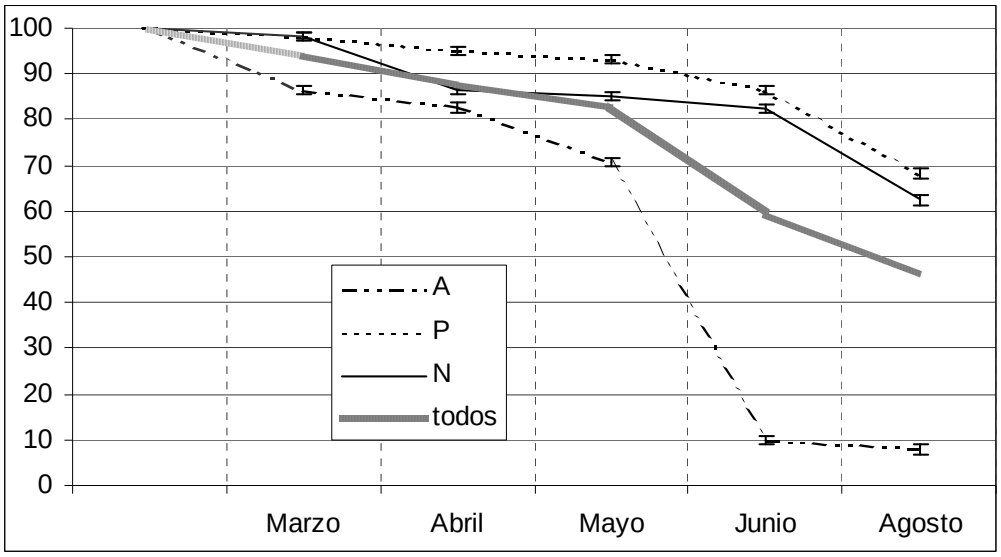

Figura 2. Evolución de los porcentajes de supervivencia de las 7 regiones de procedencia de *Quercus ilex* en los tres niveles de infección: N (naturalmente infestado), P (parcialmente pasteurizado) y A (Artificialmente infestado).

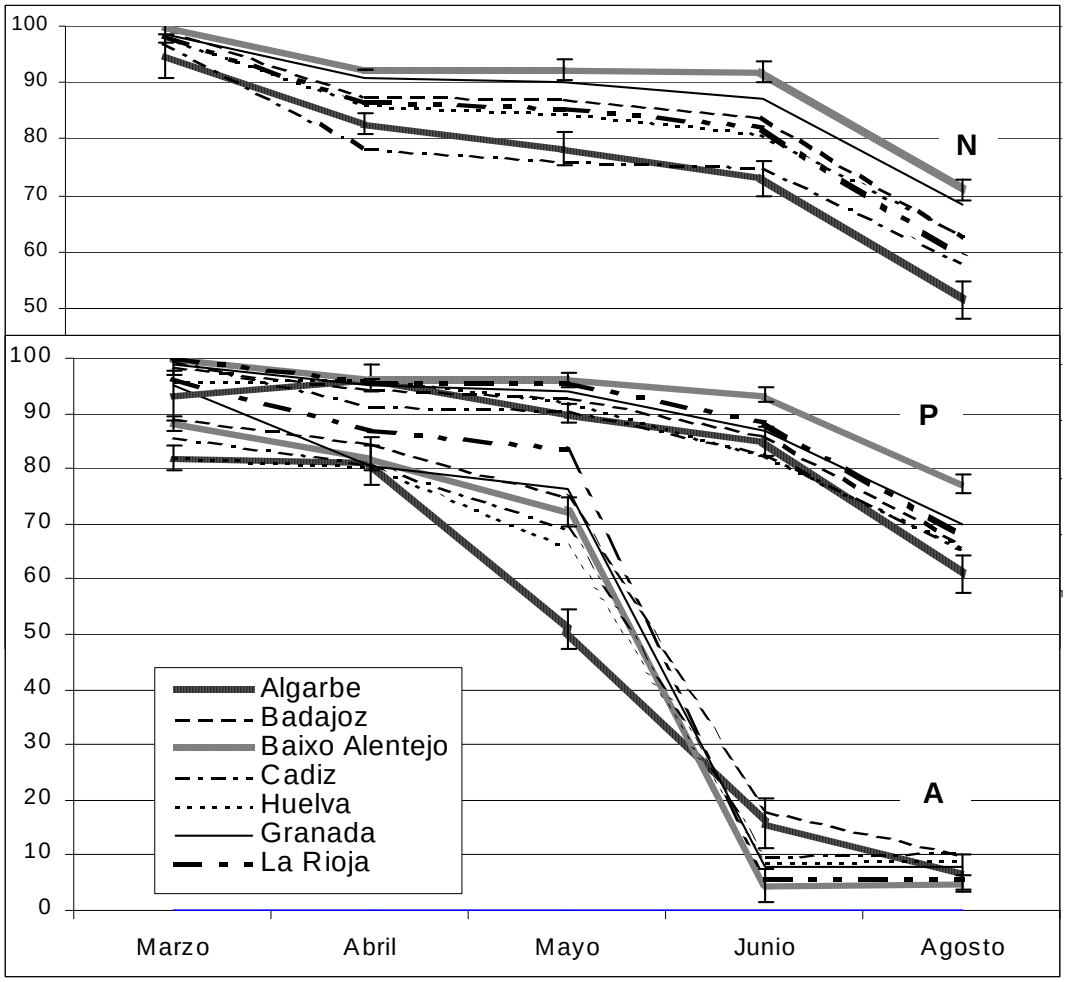

Figura 3. Altura (izquierda), diámetro (centro) y esbeltez (H/D, derecha) promedios de las 7 regiones de procedencia en los tres niveles de infección del sustrato: N (naturalmente infestado), P (parcialmente pasteurizado) y A (Artificialmente infestado).

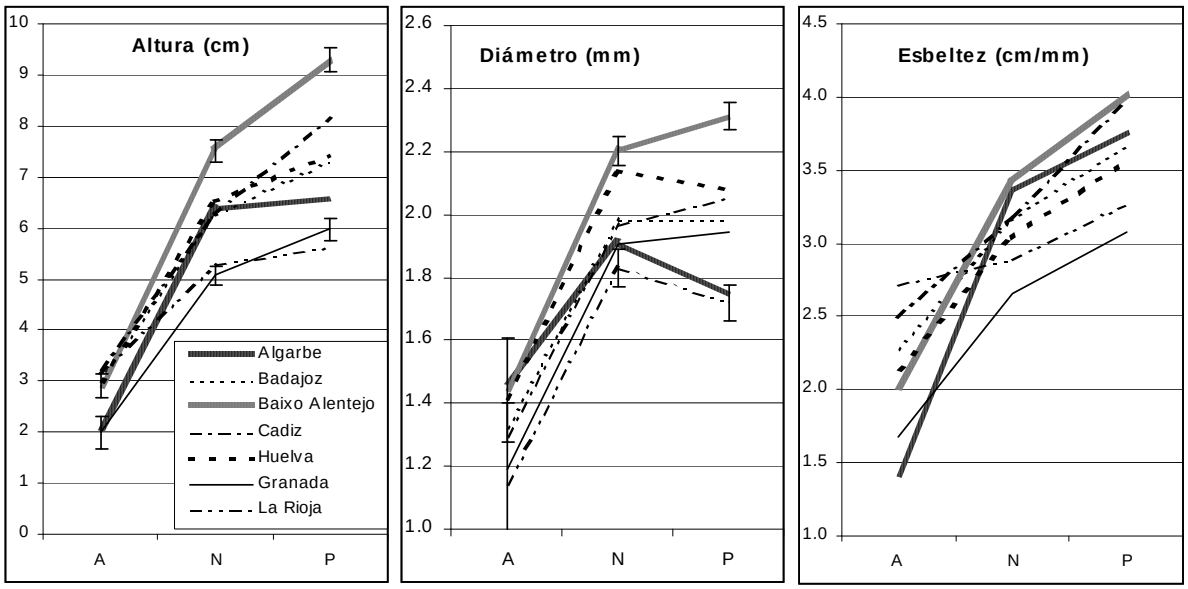

Figura 4. índice de daños promedio de cada región de procedencia en los tres tratamientos: N (naturalmente infestado), P (parcialmente pasteurizado) y A (Artificialmente infestado).

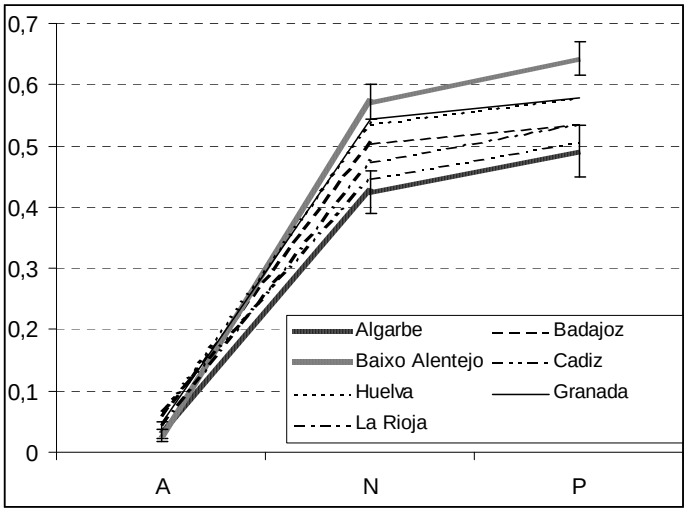
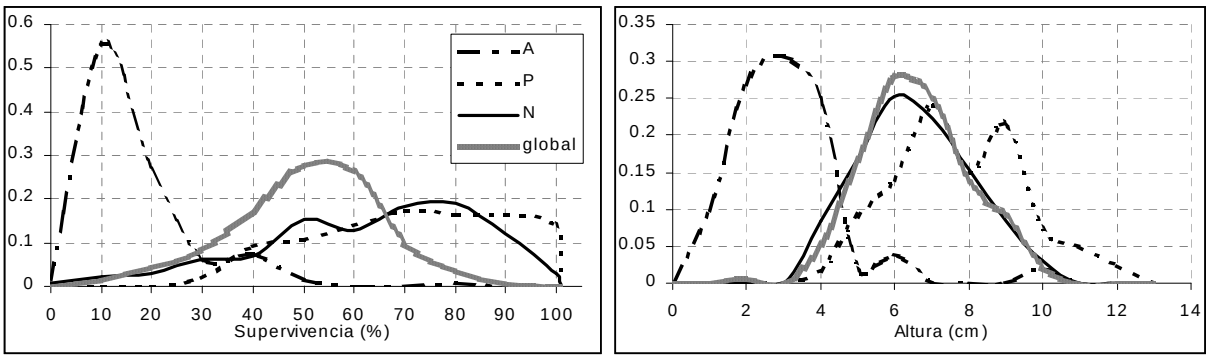
Figura 5. Distribución de la frecuencia observada de los promedios familiares de los porcentajes de supervivencia (izquierda) y de la altura (derecha) al final del ensayo. Se indican las distribuciones en cada nivel de infección del sustrato (N, naturalmente infestado, P, parcialmente pasteurizado y A, Artificialmente infestado) y de los promedios familiares en el conjunto del ensayo (global)