



**Elaboración de protocolo de trabajo mediante SIG para la determinación de zonas de riesgo de afección de “Seca” en Salamanca y diseño de un sistema de alerta temprana.**

**Autores**

José Ángel Sánchez Agudo

David Rodríguez de la Cruz

Ricardo Hernández Lambraño

José Sánchez Sánchez

**Salamanca, octubre de 2016**

**Universidad de Salamanca**  
y  
**Diputación de Salamanca**

***Entidades colaboradoras***



**COAG Salamanca**



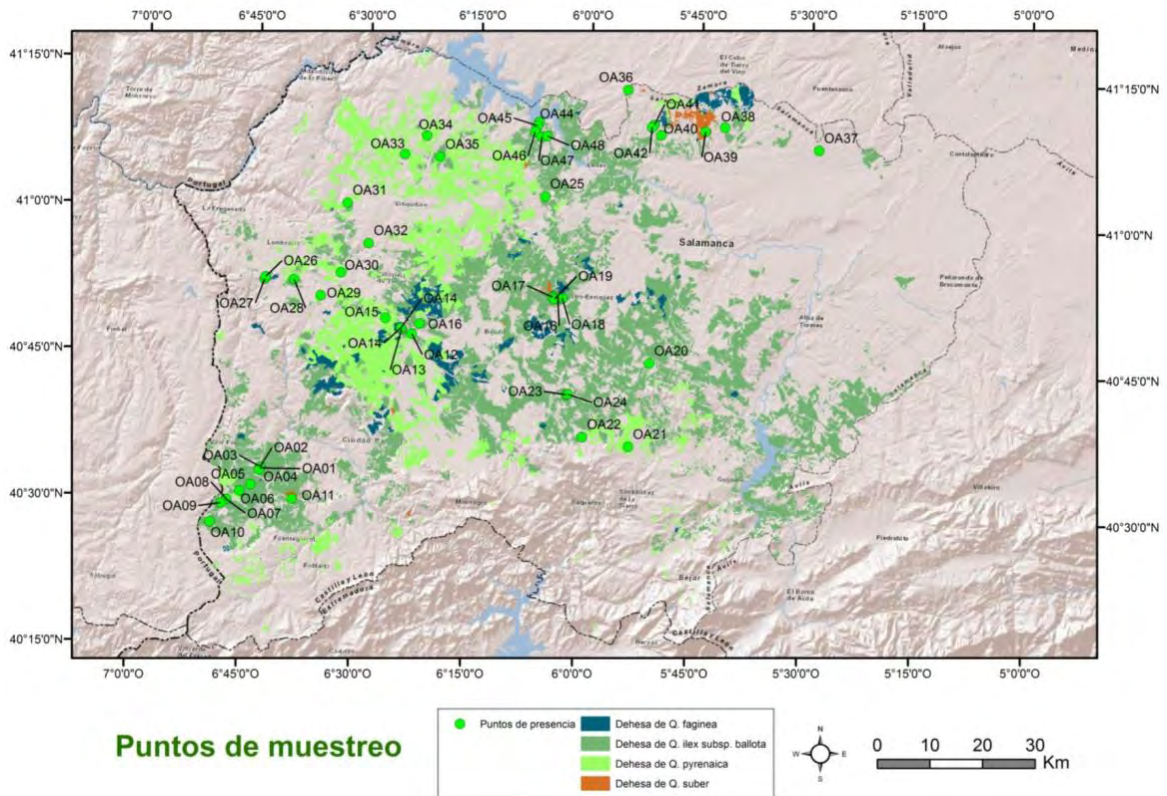
**Asociación Forestal de  
Salamanca**

Portada: Encina afectada por la Seca, en las proximidades de Navahombela.

## Índice

<b>Introducción</b>	4
<b>Objetivos</b>	6
<b>Metodología</b>	7
Tipos de afección contemplados en el estudio	10
<b>Resultados</b>	12
<b>Conclusiones</b>	19
<b>Bibliografía</b>	20
<b>Anexo</b>	
Términos municipales (y UTM's 1 × 1) de los puntos de muestreo	21
Anejo fotográfico	24





**Fig. 2.** Mapa con la distribución de los puntos de muestreo del proyecto previo, en las diversas dehesas estudiadas.

En esa primera aproximación a la cartografía de la Seca en Salamanca, se realizaron 48 muestreos en los que se tomaron datos sobre el estado del arbolado que fueron utilizados, por un lado para obtener una panorámica de la situación de la afección en la provincia, y por otro lado para servir como registros con los que elaborar modelos predictivos de distribución potencial, tanto a tiempo presente como a tiempo futuro, en este último caso teniendo en cuenta las previsiones de cambio climático. Este procedimiento también permitía detectar las variables bioclimáticas y las derivadas del modelo digital del terreno que tenían un mayor peso en la aparición de Seca. Las principales conclusiones de este estudio preliminar fueron que la dehesa salmantina, hasta ese momento, presentaba un estado de conservación relativamente bueno en lo que respecta al estado de su arbolado, no percibiéndose focos extensos de Seca. Las zonas más favorables que el modelo predecía se ubicarían en las comarcas de Campo de Argañán, Campo de Yeltes y El Abadengo (Fig. 3). En cuanto a las condiciones

ecológicas más favorables que determinarían la distribución de la afección serían la pendiente del terreno junto a la precipitación estacional.

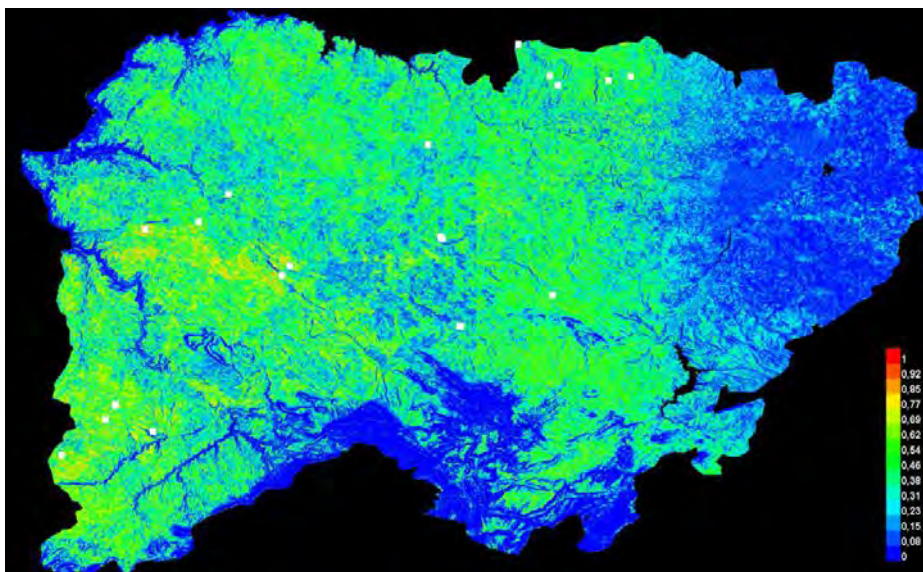


Fig. 3. Mapa con la distribución potencial de la Seca en Salamanca obtenido en el proyecto previo.

Las conclusiones mencionadas fueron de gran interés teniendo en cuenta el vacío de información existente en este ámbito, no obstante quedaron pendientes algunas cuestiones interesantes por comprobar, como la causa de la aparente mayor afección del melojo en las zonas de ecotonía en contacto con la encina, lo que podría estar apuntando hacia una modificación actual del clima hacia parámetros más favorables a la encina, especie más habituada a sequías y temperaturas extremas.

Ante estos resultados previos se hacía patente la necesidad de ahondar en el estudio de la Seca en la provincia y en Castilla y León, sobre todo teniendo en cuenta que las previsiones indicaban un gran nicho potencial para su expansión. Un conocimiento anticipado de la dinámica de este problema fitosanitario podría ser de gran utilidad para diseñar medidas precautorias que evitasen un daño mayor en las dehesas salmantinas, y con esa finalidad se diseñó el actual proyecto.

## OBJETIVOS

El objetivo de esta nueva propuesta es dar continuidad al trabajo de delimitación cartográfica de la Seca en la provincia de Salamanca, completando y precisando el mapa de presencia de esta afección en este ámbito territorial. Con estos datos se ajustará el modelo de distribución y se determinará con mayor precisión las variables bioclimáticas

que favorecen su presencia. Se desea obtener así una herramienta informática que prediga con exactitud los lugares que reúnen las condiciones óptimas para el desarrollo del hongo y, teniendo en cuenta ese patrón, sea posible diseñar un plan de control eficaz para evitar, o al menos reducir la velocidad de expansión.

A partir del mapa de distribución generado se seleccionarán zonas de control en las que se monitorizarán anualmente todos los factores vinculados al arbolado además de su estado sanitario, como son los tratamientos silvícolas, aprovechamiento de la finca donde está presente, etc.

De forma sintética, los objetivos son:

- Mejorar la precisión de la presencia real de la Seca en las dehesas salmantinas
- Incorporar más información de campo
- Depurar el modelo de distribución potencial
- ¿Vectores de dispersión de la afección?, ¿Causas de la diferente intensidad observada entre las diferentes especies estudiadas?
- Conocer , teniendo en cuenta las previsiones de cambio climático, cómo va a evolucionar este problema en la provincia de Salamanca.
- Determinar parcelas cuyo seguimiento sea interesante de cara a evaluar la progresión de la Seca en Salamanca

## METODOLOGÍA

En cuanto a la recogida de datos de campo, tal como ya se ha mencionado, se ha seguido el protocolo que se diseñó en el anterior proyecto, empleando el formulario para anotar las diversas incidencias observadas en el arbolado. La diferencia en este caso ha sido la organización de las campañas de muestreo ya que se ha partido de un mapa previo de idoneidad de hábitat en la Península Ibérica para el oomiceto *Phytophthora cinamomii* Rands, uno de los principales sospechosos de esta afección. La razón de modelar la distribución de este agente biológico es porque se ha considerado que el modelo para Salamanca será mucho más preciso y fiable, si se tiene en cuenta su dinámica de acción y presencia en el resto de la península Ibérica, sobre todo en zonas donde está teniendo un efecto demoledor sobre el arbolado (principalmente Extremadura y Andalucía). Para elaborarlo se recogieron un total de 180 registros de presencia de *Phytophthora* por todo el territorio peninsular (Fig. 4).



**Fig. 4.** Mapa con la distribución de los puntos de presencia de *Phytophthora* considerados para la realización del modelo.

Como variables predictoras del oomiceto en la Península se consideraron las que se representan relacionadas en la Figura 5, que son una combinación de variables bioclimáticas, edáficas, satelitales, de uso humano junto con las más relevantes, las capas con la presencia potencial de encina (*Quercus ilex* L.), y alcornoque (*Quercus suber* L.), que son las especies susceptibles de alojar a este fitopatógeno.

La información referente a las diferentes variables mencionadas (Fig. 6) se obtuvo de diferentes soportes. Así, las capas bioclimáticas procedieron de worldclim (Hijmans *et al.*, 2005) ([www.worldclim.com](http://www.worldclim.com)), las del suelo de la base de datos SoilGrids (Hengl *et al.* 2014) o la capa de contenido de agua en suelo del CGIAR-CSI (Trabucco and Zomer, 2010). Para caracterizar la influencia humana a la escala de paisaje, usamos una capa de suelo de CORINE landcover map (2006, Crete from 2000), con la siguiente clasificación: superficies artificiales (suelos industriales, urbanos, comerciales, minas, vertederos, parques urbanos, etc.) y áreas agrícolas (tierras roturadas, cultivos permanentes, zonas agroforestales, etc.), empleándose también el índice de huella humana (WCS and CIESIN, 2005).



Variable	Tipo	Correlación
Suelo arenoso	Abiótica	-
Áreas agroforestales	Antrópica	+
Rango temperaturas anuales	Abiótica	+
Tª media del mes más húmedo	Abiótica	+ y -
NDVI	Biótica	+
Suelo arcilloso	Abiótica	+
Especie forestal susceptible	Biótica	+
PH	Abiótica	-

Fig. 5. Tabla con las variables empleadas en la modelización de *Phytophthora*

Por último, para representar el estado de la vegetación del área de estudio se usó la media del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) (Tucker 1979) procedente del satélite NASA-MODIS. Todas las variables empleadas están a 1km de resolución, lo que se consiguió usando el método de interpolación bilineal suministrado por ArcToolBox de Arcgis 10.3.1 (ESRI® 2015).

La modelización de *Phytophthora* se realizó empleando el algoritmo de nicho ecológico, que se basa en la búsqueda de una correlación no aleatoria entre la presencia de la especie y los parámetros ecológicos considerados. El resultado de este procedimiento se ve limitado en el caso de que la especie modelizada presente una distribución actual que no refleje su potencial ecológico porque no se encuentre en equilibrio, lo que es habitual en especies invasoras que están en proceso de colonización de un nuevo territorio y puede ser el caso de la que estudiamos. No obstante, a pesar de esta limitación, este método puede ayudar a determinar los procesos ecológicos que gobiernan los fenómenos de invasión como el que nos ocupa (Peterson 2003; Peterson and Vieglais 2001).

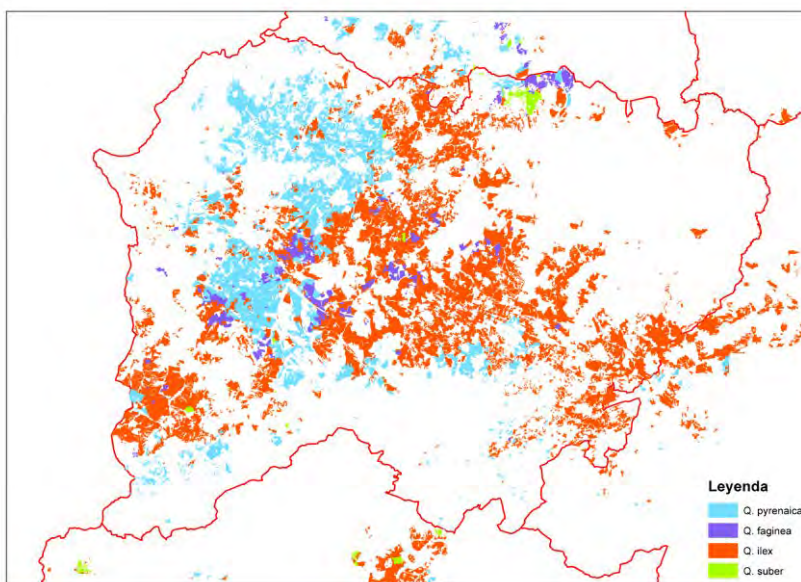


Fig. 6. Mapa de tipos de dehesas de la provincia de Salamanca

Una vez obtenido el mapa de distribución potencial de *Phytophthora cinamomii* para la península Ibérica, se proyectó para el ámbito geográfico de Salamanca y a partir de ese mapa de idoneidad, teniendo en cuenta los inventarios que ya habían sido realizados y el mapa con la distribución de dehesas de Salamanca (Fig. 7), se elaboró un plan de muestreos. Se pretendía comprobar si las cuadrículas marcadas como idóneas por el modelo correspondían con una presencia real de afección en el arbolado, y al contrario, si aquellas cuadrículas con baja idoneidad, realmente mostraban un arbolado intacto. Este muestreo “inteligente” se diseñaba previamente mediante el uso de ArcGis, creando puntos a visitar que se exportaban al gps (Fig. 7).



Fig. 7. Toma de datos a través de diversos dispositivos móviles en diversas formaciones de quercíneas.

Con los datos recogidos en campo se elaboró un documento excel que incorporaba además la geolocalización, lo que permitía de forma sencilla representarlos en un proyecto SIG.

El siguiente paso ha sido obtener las capas de variables predictoras para la provincia de Salamanca a una mayor resolución, dada su menor extensión geográfica, con el fin de obtener resultados más precisos. El objetivo es realizar modelos de distribución para la afección observada en campo y compararlos con lo que ha obtenido para *Phytophthora*. La mayor o menor coincidencia en ambos tipos de mapas puede servir para apoyar o refutar la hipótesis de que ese hongo es el principal responsable de la muerte de arbolado. Por otro lado, aquellos lugares donde la idoneidad que señala el modelo de *Phytophthora* y en los que no se ha detectado afección visible son los que se consideran para establecer los puntos control de expansión de la enfermedad.

Se citan y describen a continuación los cuatro tipos de afección que han sido valorados en el trabajo de campo y que ya fueron diferenciados en el anterior proyecto:

- Debilidad
- Puntiseca
- Rama seca
- Muerte

Debe reseñarse que estos cuatro tipos se asumen como diversos grados de afectación del mismo fenómeno, si bien debe tenerse en cuenta el amplio

desconocimiento general del mismo y que aconseja evitar juicios precipitados. En estos cuatro tipos se han tenido en cuenta las principales alteraciones conocidas separándolas de otros tipos que incluyen a la conocida como “escoba de bruja” en las encinas y producida por el ascomiceto *Taphrina kruchii* (Vuill.) Schroet. pues todos ellos se consideran productores de daños limitados, que en raras ocasiones pueden llegar a causar la muerte de los ejemplares.

En el tipo nominado como “debilidad” (Fig. 8) se tuvo en cuenta aquellos ejemplares arbóreos con un cierto grado de endeblez y/o debilitamiento, puesto de manifiesto en una fragilidad foliar representada en el contorno de copa formado por dichos ejemplares o incluso en la coloración de las mismas. Algo que se observó durante el trabajo de campo es que



**Fig. 8. Debilidad** en encina

muchos ejemplares calificados como débiles a principios de primavera recuperaron buena parte de su vigorosidad para mediados del verano.



**Fig. 9. Puntiseca** en encina

La afección denominada “puntiseca” (Fig. 9) incluyó diversos tipos de alteraciones en el estado normal de las especies incluidas en el estudio, que tenían en común un padecimiento en los extremos de sus ramas, ya fuera con una ausencia homogénea de hojas en los mismos o bien con un estado de defoliación más acusado, que podría ser variable en cada una de las ramas de los ejemplares.

El estado de “rama seca” (Fig. 10) se asoció a todos aquellos ejemplares que presentaron, de forma inequívoca, una derivación ramal de gran entidad carente de hojas o incluso sin partes de la propia rama. En este punto, no se tuvieron en cuenta aquellas heridas reflejadas en el tronco principal de los ejemplares, que denotaban la falta de un brote leñoso de tamaño relevante, pues se entendió que se encontraban en ese estado por la acción de fenómenos meteorológicos de carácter tormentoso-eléctrico.

Por último, el tipo de afección denominado como “muerte” (Fig. 11) englobó a todos aquellos ejemplares que no presentaron ningún tipo de actividad fisiológica, entendida como ausencia total o en la mayoría de su copa de hojas, así como de brotes en otros puntos del tallo o de vástagos en su base o en las proximidades, que pudieran verse relacionadas con procesos naturales de deceso vegetal. Asimismo se tuvieron en cuenta a todos aquellos pies con un alto porcentaje de defoliación y un estado de



Fig. 10. Encina con rama seca



Fig. 11. Encina muerta

debilitamiento de las hojas existentes, considerándose como un estadio previo al fin dichos individuos.

Cabe reseñar que buena parte de los ejemplares que pudieran encontrarse en este estado terminal de afección no pudieron ser reflejados en el presente informe, debido a la eliminación de los mismos para un aprovechamiento leñoso y como medida preventiva de expansión de diferentes patologías vegetales a los ejemplares circundantes.

## RESULTADOS

Durante este proyecto se han realizado **103** muestreos por toda la provincia siguiendo un protocolo de trabajo de campo que parte de un diseño previo a partir del mapa de idoneidad para *Phytophthora* en la provincia de Salamanca (Fig. 12), extraído a partir del obtenido para toda la Península Ibérica, tal como se ha descrito antes, con las variables también indicadas.

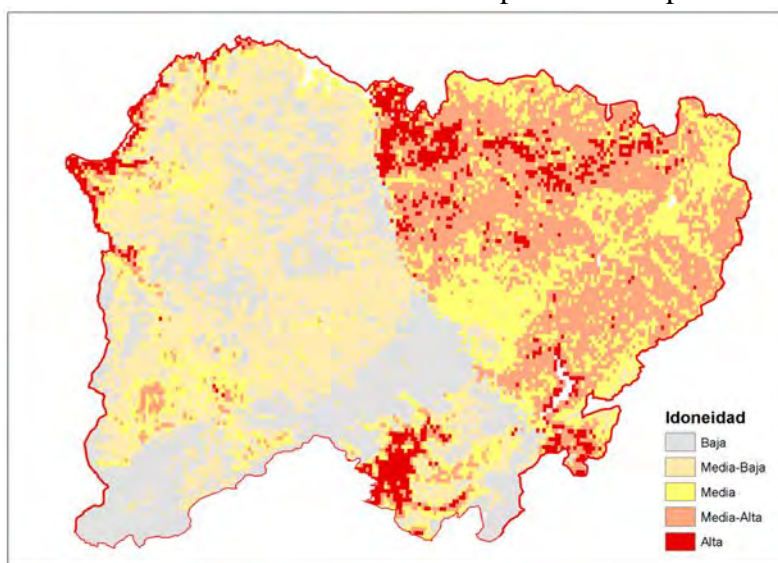
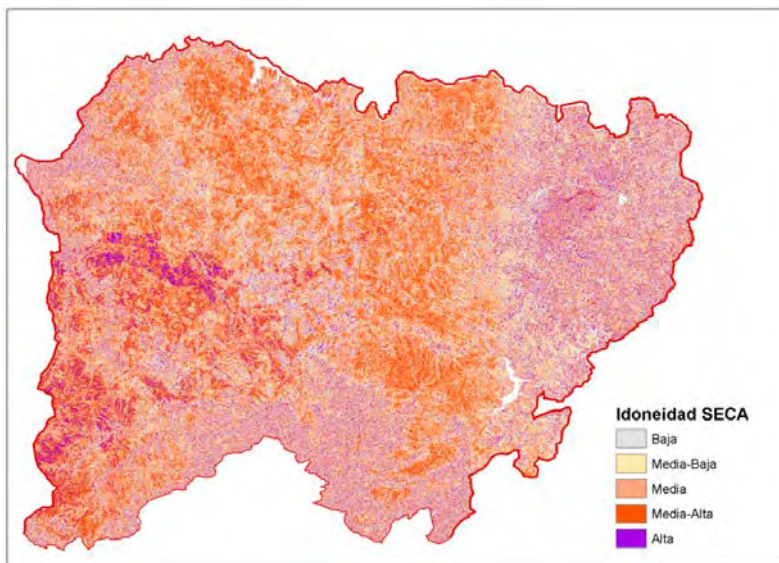


Fig. 12. Mapa de idoneidad para *Phytophthora* en Salamanca

Como refleja dicho mapa (Fig. 12), existe un patrón claro de idoneidad, más elevada hacia el este a partir de una diagonal que disecciona la provincia desde aproximadamente Ledesma hasta Guijuelo. No obstante, hacia el oeste de esa línea aparecen áreas aisladas que también muestran altos índices de idoneidad, como son los Arribes o el valle del río Alagón, territorios conocidos por su elevada termicidad con respecto al resto de la provincia. Este mapa muestra claras diferencias con el que se obtuvo en el proyecto anterior (Fig. 13), a partir de los puntos de presencia de afecciones visibles en el arbolado y que de una forma más difusa indicaba unas condiciones más favorables a la Seca en las zonas centro-oeste de la provincia. En este caso, en el modelo tenían peso variables diferentes al de *Phytophthora*, [suelo compactado y arcilloso en un sistema agroforestal (dehesas de encina o alcornoque), con elevada cobertura vegetal, en clima marcadamente estacional, con temperaturas altas en los meses más lluviosos], como eran la pendiente y la precipitación estacional.



**Fig. 13.** Mapa de idoneidad para la Seca en Salamanca obtenido en el anterior proyecto.

Dada la discrepancia entre los dos modelos, y sobre todo, debido al desconocimiento que aún se tiene sobre la causa o causas que provocan el decaimiento del encinar, se consideró que resultaría relevante testar si existía una correspondencia entre el mapa de idoneidad de *Phytophthora* y el de las diversas incidencias en el estado del arbolado observadas. La hipótesis

de trabajo sería: si hay coincidencia entre los requerimientos ecológicos de ambos agentes modelados, probablemente uno (la Seca) sea resultado de la acción del otro (*Phytophthora*).

Para ello, mediante ArcGis se elaboró una capa de puntos que se ubicaban tanto en zonas de alta idoneidad como de baja, cubriendo toda la provincia (Fig. 14). Una vez exportados en formato kmz, era posible leerlos en gps o también en un teléfono o dispositivo inteligente con el programa Google Earth®, permitiendo una localización sobre el terreno muy precisa y sencilla.

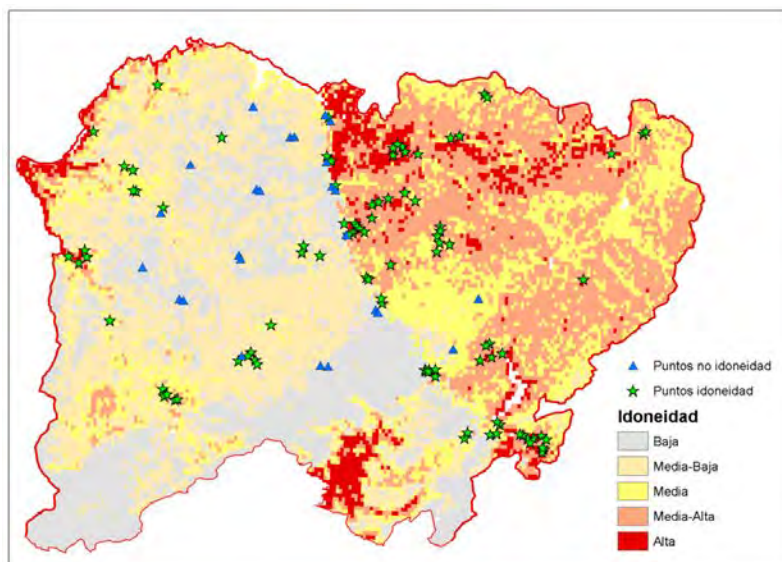


Fig. 14. Mapa de la provincia con los puntos de muestreo previstos.

Toda la información recogida en el trabajo de campo se georreferenció y fue procesada en una base de datos visualizable en un entorno SIG (Fig. 15).

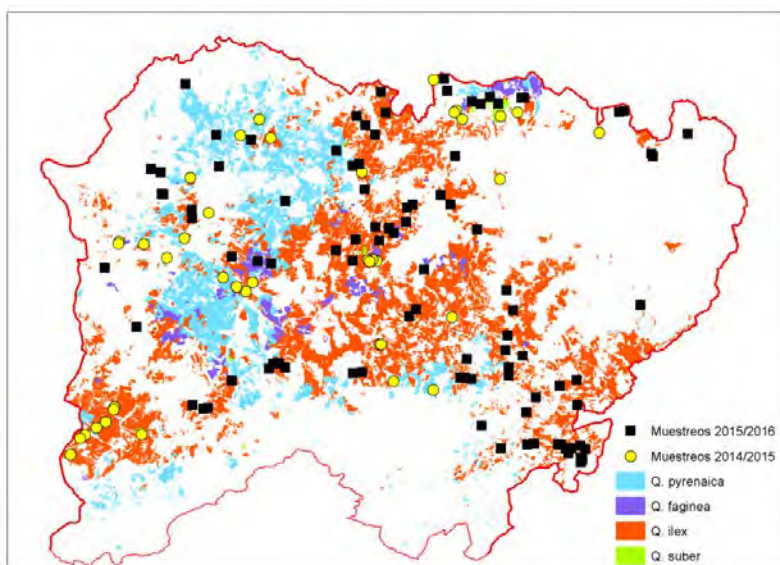


Fig. 15. Mapa de la provincia con los puntos de muestreo realizados (recuadros negros)

distintos tipos y las diversas fases por las que atraviesan los árboles en su proceso patológico.

Teniendo en cuenta los datos recogidos en campo pueden hacerse las siguientes observaciones.

En primer lugar, el tipo de dehesa más frecuente en la que se ha hecho el análisis de presencia de seca es de encina (70%), lo que no resulta descabellado puesto que es el tipo de arbolado más abundante en la provincia. El melojo supuso un 11%, siendo las

Además se ha seguido completando el archivo fotográfico con numerosas imágenes georreferenciadas que servirán como hitos temporales que permitirán datar la evolución de la afección, no solo desde un punto de vista geográfico sino también para establecer patrones que puedan servir para detectar los

formaciones mixtas (con un 15% en conjunto), el segundo tipo más importante, detallándose cada una de ellas en la Figura 16.

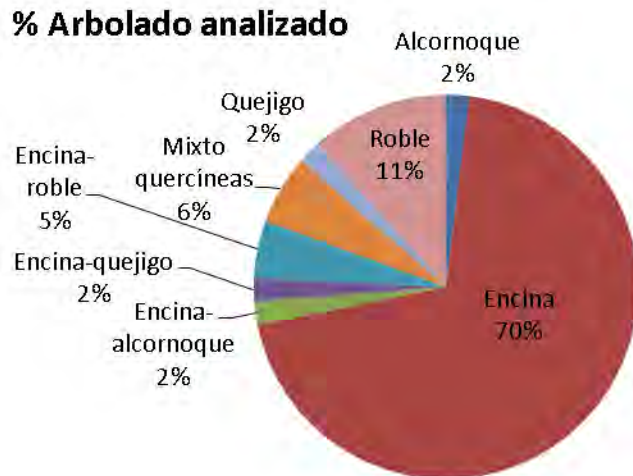


Fig. 16. Tipos de dehesas estudiadas en este proyecto

De forma general y teniendo en cuenta lo observado en los muestreos realizados, puede decirse que existe un decaimiento extendido por toda la provincia aunque se trata de pequeños focos aislados, restringidos a algunos ejemplares próximos, situación que en ningún caso se aproxima a la gravedad que tiene la Seca en otras regiones, como en la próxima Extremadura. Tal como se observa en la gráfica de la Figura 17, la afección fue detectada en un 66% de los muestreos, siendo los melojos los que aparentemente tienen una mayor sensibilidad a este problema que las encinas. Aunque a este respecto cabe decir que resulta complicado en esta especie determinar si la muerte o el decaimiento observado se debe a una afección biológica o por un mal manejo, puesto que el roble soporta peor el adhesionamiento que la encina.

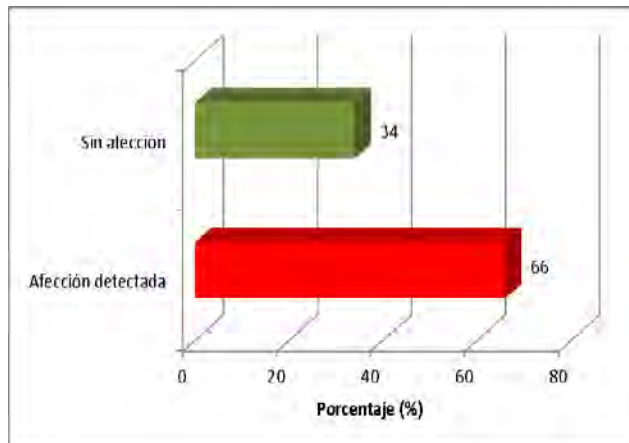


Fig. 17. Porcentaje de afección detectada en los muestreos realizados

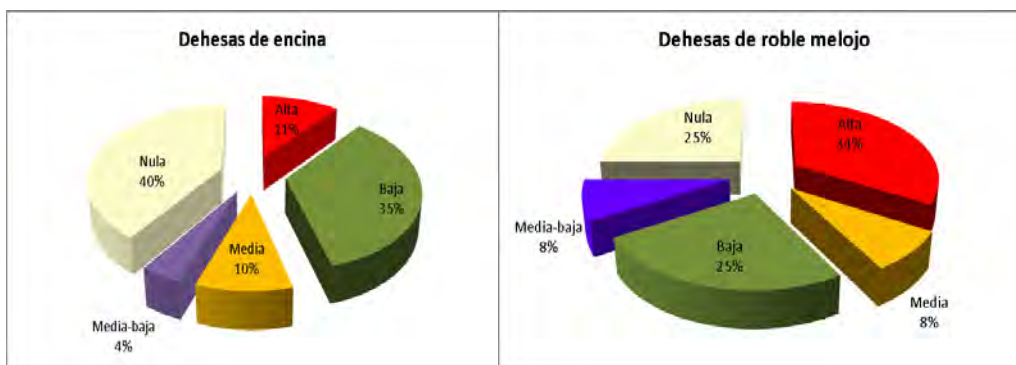


Fig. 18. Tasas de afección por tipo de arbolado en la dehesa

Con las cifras anteriores puede hacerse una representación cartográfica. En ella (Fig. 18), se hace patente lo ya mencionado sobre la no existencia de un patrón evidente ecológico o antrópico que sirva para entender las razones que pueden estar condicionando la presencia de ejemplares afectados por toda la provincia. Por otro lado y no menos importante, es que, a pequeña escala, el modelo de *Phytophthora* tiene una alta fiabilidad para detectar presencia, ya que coincide que aquellas cuadrículas con alta idoneidad suelen tener focos de seca, pero no ocurre así con aquellas en las que se predice una baja idoneidad puesto que en muchas de ellas también se han localizado ejemplares afectados. A mayor resolución es cuando se produce una asincronía entre lo observado y lo predicho, que se hace mucho más evidente cuando con los datos del muestreo se elabora un modelo de distribución potencial (Fig. 19).

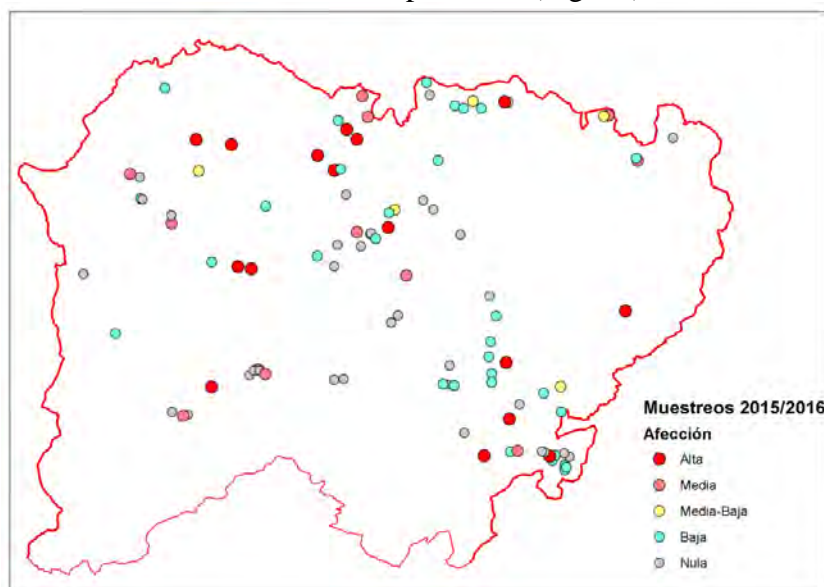


Fig. 19. Afección observada por puntos de muestreo

En este caso, las variables con más peso en el modelo (Fig. 20) son la temperatura media del mes más húmedo y el pH del suelo, lo que contrasta con el de *Phytophthora*, en el que era el suelo arenoso y los sistemas agroforestales los que más condicionaban su presencia.



Variable	Tipo	Correlación
Tª media del mes más húmedo	Abiótica	+,-
pH	Abiótica	-
Rango anual de temperaturas	Abiótica	+
Arcilla	Abiótica	+
NDVI	Biótica	+
Especie forestal susceptible	Biótica	+
Áreas agro-forestales	Influencia humana	+
Arena	Abiótica	-

Fig. 20. Afección por puntos de muestreo

Esta disimilitud en las variables predictoras indicaría que, al menos en esta provincia, existen otros condicionantes para la aparición de la afección, o lo que es más importante, que hay otras causas que la provocan, además del patógeno mencionado. El patrón de idoneidad en la provincia a partir de los puntos de presencia observados durante el trabajo de campo da como resultado el mapa que se incluye en la Figura 21. Esta representación espacial es bastante diferente de la que otorgaba el modelo para la presencia de *Phytophthora*, no existiendo esa marcada separación entre los dos lados de la provincia.

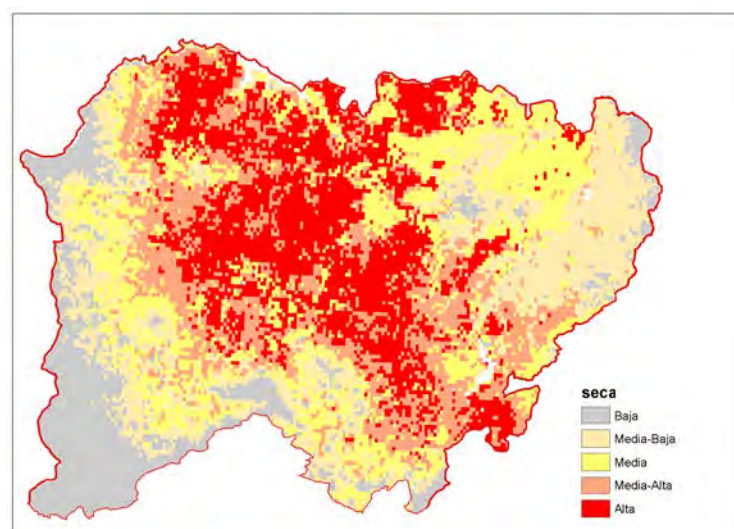
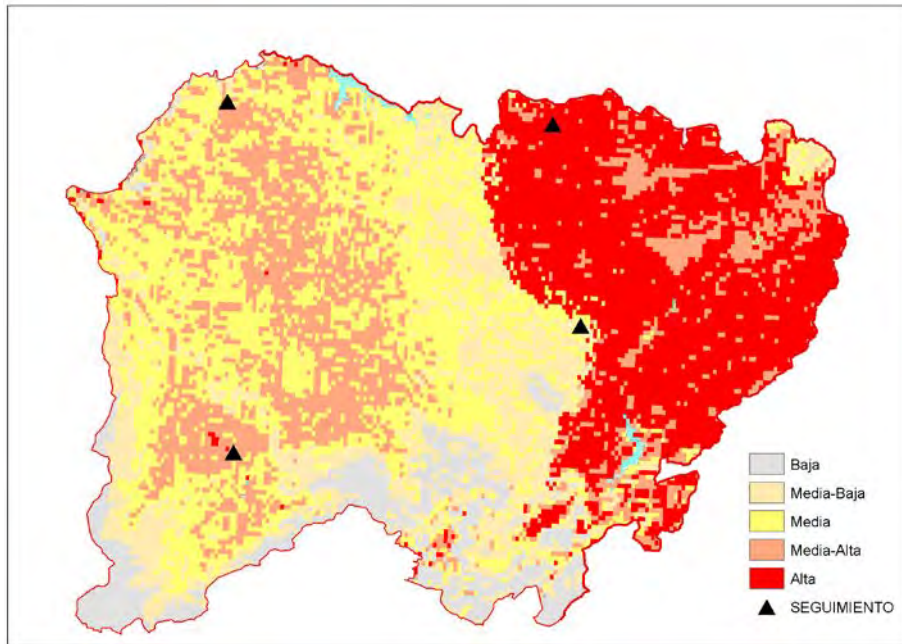


Fig. 21. Mapa de idoneidad de la Seca en Salamanca.

A partir de la combinación de los dos modelos se ha elaborado un nuevo mapa en el que se han establecido 4 parcelas de seguimiento, 2 en encinar, 1 en melojar y 1 en alcornocal, sin afección detectada, pero que se ubican en zonas de alta vulnerabilidad según los modelos, y que podrán ser monitorizadas anualmente para valorar la evolución de la seca.

Por último, con el fin de predecir la situación futura de la dehesa salmantina en relación a la evolución de *Phytophthora* en escenario de aumento de temperatura global,

se ha elaborado un modelo teniendo en cuenta la previsión más desfavorable, observándose un claro aumento de la idoneidad para este oomiceto, más patente en el este de la provincia (Fig. 22).



**Fig. 22.** Mapa con la previsión de idoneidad para *Phytophthora* para el año 2050 en un escenario de altas emisiones de gases y fuertes subidas de la T<sup>a</sup> global. Los triángulos negros señalan las parcelas que sería interesante monitorizar anualmente.

## CONCLUSIONES

- La incidencia de Seca en Salamanca puede considerarse moderada, ya que aunque se detecta en prácticamente por todo el territorio, afecta habitualmente a pocos individuos, no presentando por tanto grandes focos.
- No se encuentra correlación entre un tipo concreto de uso antrópico y presencia de seca.
- La estacionalidad, el adhesionamiento, la humedad edáfica y el tipo de suelo son factores relevantes para esta afección.
- Aunque los modelos no lo indican, se ha hecho patente durante el trabajo de campo una correlación entre la Seca y la ubicación del arbolado en vaguadas y zonas de retención hídrica (zonas húmedas más favorables a patógenos y a su dispersión).
- Los modelos muestran diferencias entre la presencia de *Phytophthora* y la Seca, lo que puede apuntar hacia la existencia de otros motivos que sean causa del debilitamiento
- Los modelos a tiempo futuro indican una expansión clara de la presencia de *Phytophthora* en la provincia, en especial hacia el este.
- Se hace preciso mantener un monitoreo de algunas parcelas que han sido seleccionadas, con diferentes arbolados que de momento no afectados, en distintas zonas de la provincia para evaluar si la progresión prevista de la Seca sigue los patrones previstos por los modelos.

## BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- CARRASCO, A. y cols. (2009). *Procesos de Decaimiento Forestal (la Seca), Situación del Conocimiento*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 112 pp. Córdoba.
- DÍAZ, M. & F.J. PULIDO (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*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 69 pp.
- EUR (2013). *Interpretation Manual of European Union Habitats*. EUR 28. European Commission DG Environment. Nature and biodiversity.
- GÓMEZ, J.M., coord. (1991). *El libro de las dehesas salmantinas*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Castilla y León. 941 pp.
- HENGL T., DE JESUS J. M., MACMILLAN R. A., BATJES N. H., HEUVELINK G. B. M., RIBEIRO E., SAMUEL-ROSA A., KEMPEN B., LEENAARS J. G. B., WALSH M. G. & GONZALEZ M. R. (2014) SoilGrids1km - Global Soil Information Based on Automated Mapping. PLoS ONE 9, e105992.
- HUMANS R. J., CAMERON S. E., PARRA J. L., JONES P. G. & JARVIS A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. 25, 1965-78.
- MAPA (2008). *Diagnóstico de las dehesas ibéricas mediterráneas*. Tomo 1. Informe MAPA-TRAGSATEC. 766 pp.
- MONTOYA, J.M. & M<sup>a</sup>. L. MESÓN (1994). *Mortandad de encinas y alcornoques*. Hojas divulgadoras Núm. 11/93 HD. 19 pp. MAPA.
- MUÑOZ LÓPEZ, C., V. PÉREZ FORTEA, P. COBOS SUÁREZ, R. HERNÁNDEZ ALONSO & G. SÁNCHEZ PEÑA (2003). *Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los montes*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 576 pp.
- PETERSON A. T. (2003) Predicting the Geography of Species' Invasions via Ecological Niche Modeling. Q. Rev. Biol. 78, 419-33.
- PETERSON A. T. & VIEGLAIS D. A. (2001) Predicting Species Invasions Using Ecological Niche Modeling: New Approaches from Bioinformatics Attack a Pressing Problem. BioScience 51, 363-71.
- PULIDO, F.J. & A. PICARDO, coord. (2010). *Libro verde de la dehesa*. Informe de junio de 2010.
- SÁNCHEZ, J., J.A. SÁNCHEZ, C.J. VALLE, J. PARRA & I. SANTAMARTINA (2013). *Decaimiento de la dehesa salmantina como ecosistema*. Idima Gestión. 69 pp.
- TRAPERO, A., M. ROMERO, J.E. SÁNCHEZ, J.J. JIMÉNEZ & M.E. SÁNCHEZ (2006). *La Seca de encinas y alcornoques en Andalucía: decaimiento y enfermedad*. Boletín informativo CIDEU 1, 7-14.
- TRABUCCO A. & ZOMER R. J. (2010) Global High-Resolution Soil-Water Balance Geospatial Database. CGIAR Consortium for Spatial Information. Published online, available from the CGIAR-CSI GeoPortal at: <http://www.csi.cgiar.org/>.
- TUCKER C. J. (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment 8, 127-50.
- TUSET, J.J. & G. SÁNCHEZ, coord. (2004). *La Seca: el decaimiento de encinas, alcornoques y otros "Quercus" en España*. MAGRAMA. 419 pp.
- WCS & CIESIN. (2005) Last of the Wild Project, Version 2, 2005 (LWP-2): Global Human Footprint Dataset (IGHP). NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Palisades, NY.

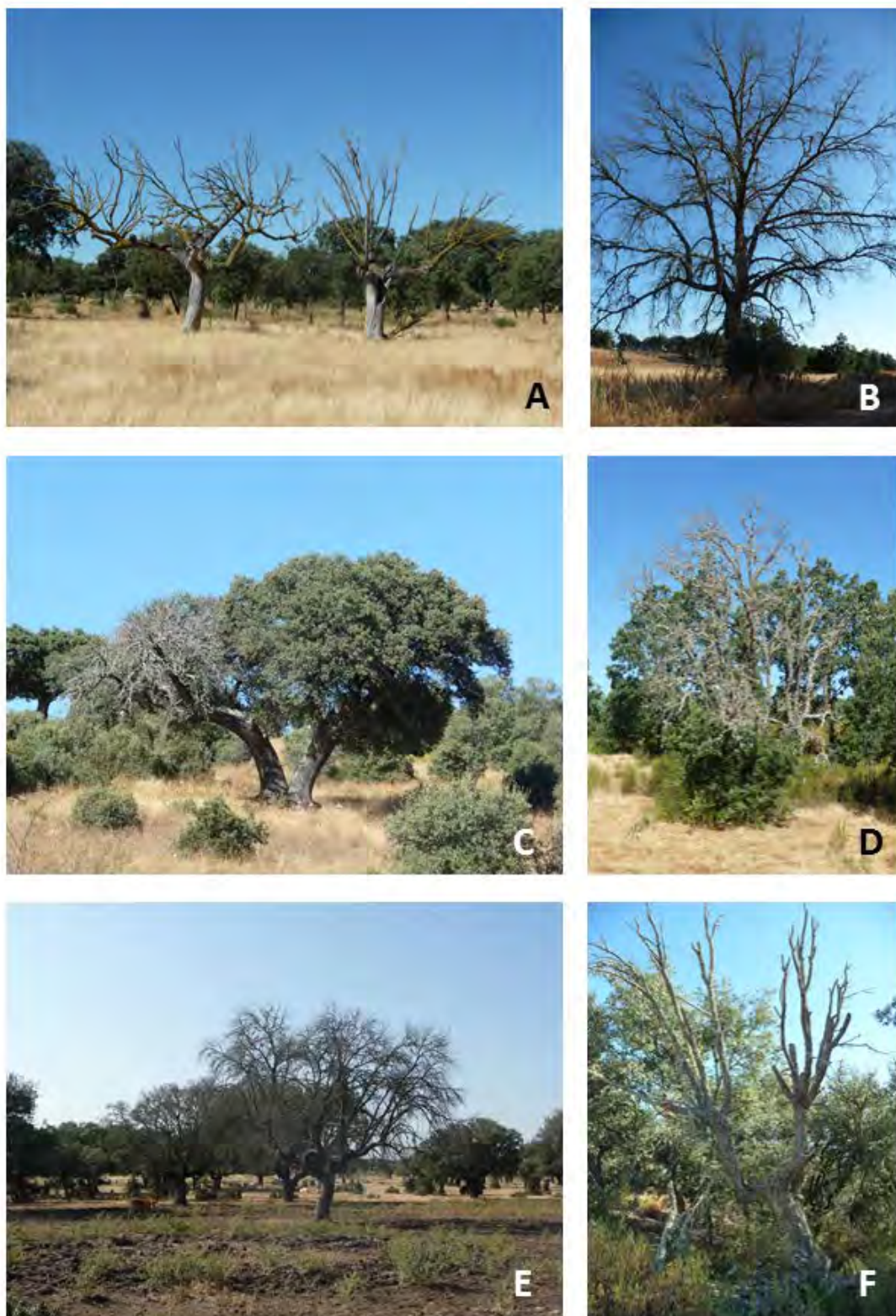
**ANEXO.**

Códigos de los puntos de muestreo en los que se realizaron los diferentes puntos de muestreo con las coordenadas geográficas y con observaciones referidas a lo observado en el arbolado.

ID	NOTAS	X	Y
OA44	sin afección	40,81686	-5,70827
OA45	sin afección general pero 1 ejemplar muerto	40,77753	-5,68996
OA46	un ejemplar muerto en Vaguada	40,72741	-5,70185
OA47	un ejemplar muerto al lado de otro debilitado	40,69790	-5,70568
OA48	ejemplar debilitado	40,66496	-5,69666
OA49	un ejemplar debilitado y otro muerto	40,64809	-5,69601
OA50	sin afección	40,60699	-5,62337
OA51	numerosos ejemplares muertos o afectados, orientación sur	40,57750	-5,64779
OA52	robledales sin afección, espontáneos, 30 años	40,54797	-5,76191
OA53	3 encinas muertas en una Dehesa abierta justo al lado del OAC032, del otro lado de la ctra., mezcla	40,64415	-5,51928
OA54	de encinar, quejigar, con robles, ejemplares debilitados	40,93020	-6,01950
OA55	Encinar alcornocal sin afección	40,90661	-6,10390
OA56	melojar adehesado, con algún ejemplar muerto, en general baja afección	40,97692	-6,29107
OA57	Encinar-quejigar adehesado muy maduro con elevada afección	40,85676	-6,35696
OA58	Encinar con Alcornoque con alta afección en encina, varios ejemplares muertos y mucha debilidad	40,61991	-6,41238
OA59	formación mixta de robles y encina con corros de ejemplares muertos, en Vaguada	40,65804	-6,29491
OA60	Encinar con elevada afección, numerosas encinas muertas	41,11421	-6,06316
OA61	Encinar aclarado con numerosas encinas muertas	41,13204	-6,08946
OA62	Melojares adehesados aclarados con muy alta afección, numerosos ejemplares muertos y decaídos	41,07980	-6,16286
OA63	Melojar adehesado con incidencia alta de seca	41,05174	-6,11883
OA64	Encinar maduro adehesado sin afección	40,67861	-5,80556
OAC001	Encinar joven con ejemplares muertos y afectados	41,17602	-5,41619
OAC002	Alcornoque muerto	41,17375	-5,42845
OAC003	encinas maduras muertas	41,08839	-5,33760
OAC004	Encinar de llanura sin apenas afección	41,13523	-5,24824
OAC005	encina madura muerta recientemente, en Vaguada	41,09363	-5,34141
OAC006	numerosas encinas afectadas	40,79478	-5,35916
OAC007	numerosas encinas muertas en vaguada	40,68807	-5,66120
OAC008	alguna encina afectada pero buen estado en general	40,63039	-5,56245
OAC009	escasa afección, algún ejemplar debilitado	40,59484	-5,51611
OAC010	mezcla de robles, quejigos y encinas con individuos muertos	41,19583	-5,67737
OAC011	Vaguada con numerosos robles muertos	41,19619	-5,68520
OAC012	alcornocal con ejemplares con ramas secas o debilitados	41,18269	-5,74495
OAC013	mezcla de Alcornoque con roble con algún ejemplar muerto, sobre todo robles	41,19597	-5,76731
OAC014	robles y quejigos con baja afección aunque hay ejemplares muertos	41,18566	-5,81350
OAC015	alcornocal con sotobosque de jara, apenas afectado pero con algún individuo muerto	41,18141	-5,79033
OAC016	formación mixta sin apenas afección	41,20486	-5,87895
OAC017	alcornocales adehesados con algún ejemplar muerto	41,22902	-5,88877
OAC018	Encinar en Vaguada con ejemplares muertos y debilitados	41,19860	-6,05263

ID	NOTAS	X	Y
OAC019	Encinar con ejemplares muertos o afectados sólo en la zona de Vaguada	41,15789	-6,03744
OAC020	Encinar con alguna encina madura muerta y bastantes debilitadas	41,15789	-6,03744
OAC021	encinas jóvenes densas con ejemplares muertos	41,07759	-5,85264
OAC022	Encinar denso sin seca encinas sin apenas afección (40.642357,-6.064388 punto próximo al anterior con varias encinas muertas, en	40,64343	-6,09937
OAC023	vaguada)	40,64500	-6,07524
OAC024	Encinar de llanura en buen estado, sin afección	40,75848	-5,95829
OAC025	Encinar en buen estado, sin afección	40,77293	-5,94160
OAC026	quejigar con ejemplares muertos y debilitados	40,85193	-5,92362
OAC027	encinar aclarado en cultivo, sin afección	40,98186	-5,86035
OAC028	Encinar poco adehesado, sin apenas afección	40,99874	-5,88722
OAC029	Encinar maduro denso con numerosos ejemplares con ramas secas y algunos muertos	40,97856	-5,95948
OAC030	Encinar denso, apenas adehesado, con ejemplares muertos, con ramas secas	40,97258	-5,97361
OAC031	Encinar maduro adehesado, con mucha debilidad y numerosas encinas muertas, alta afección	40,94408	-5,97474
OAC032	Encinar muy aclarado, adehesado, sin afección aparente	40,93185	-6,01859
OAC033	Encinar adehesado, ejemplares grandes, alguno debilitado	40,92154	-6,00607
OAC034	Encinar muy abierto sin afección aparente	40,90564	-6,04311
OAC035	Encinar robledal abierto, con muertes y debilidad	40,93293	-6,05466
OAC036	Encinar abierto maduro con algún ejemplar muerto	40,88387	-6,15446
OAC037	Encinar en vaguada, maduro y aclarado, sin aparente afección	40,86447	-6,11016
OAC038	Encinar densidad media no muy maduro, sin afección melojar maduro adehesado con afección media alta,	40,93421	-5,78897
OAC039	muchos ejemplares muertos o con partes secas	41,09464	-6,38606
OAC040	melojar con afección media-baja en el entorno	41,04044	-6,46714
OAC041	melojar aclarado con numerosos individuos muertos	41,10163	-6,47709
OAC042	melojar en ladera con escasa afección	41,19905	-6,56295
OAC043	melojar adehesado en buen estado	41,02410	-6,61831
OAC044	melojar con alguna encina en ladera con afección media, algunos ejemplares muertos, debilidad y ramas secas	41,02961	-6,64371
OAC045	melojar en ladera poco adehesado y con escasa afección cultivo con pequeños pies de encina dispersos, sin	40,98218	-6,61331
OAC046	aparente afección	40,98033	-6,60877
OAC047	formación mixta con ejemplares debilitados y con ramas secas, en las proximidades encinas muertas en Vaguada	40,93603	-6,53174
OAC048	melojar entre pastos sin aparente afección	40,95225	-6,53349
OAC049	Encinar muy aclarado con ejemplares viejos, y uno muerto quejigar adehesado maduro muy afectado, muertes y	40,86366	-6,42455
OAC050	debilidades	40,85321	-6,32193
OAC051	Encinar cercano a un arroyo, abundantes encinas muertas y numerosas puntisecas, afección alta	40,50475	-5,70962
OAC052	Dehesa densa con recuperación de matorral, escasa afección, algunas ramas secas con abundancia de líquenes, encinas y melojos, melojos mayor numero de ramas secas	40,51380	-5,64245
OAC053	Dehesa muy aclarada, encinas secas y ramas secas, afección media	40,51599	-5,62454
OAC054	Dehesa abierta con algunos ejemplares de encina puntisecos, algún muerto a cierta distancia en los alrededores	40,49928	-5,53523
OAC055	Encinar disperso, encinas puntisecas, un ejemplar muerto	40,49069	-5,50281

ID	NOTAS	X	Y
OAC056	Dehesa muy aclarada, una encina muerta, varias puntisecas incidencia baja	40,48174	-5,50242
OAC057	Escasa incidencia, ejemplares puntisecos	40,48682	-5,49864
OAC058	Encinar abierto, buen estado, puntisecas escasas	40,50748	-5,49198
OAC059	Encinar denso en buen estado	40,51427	-5,50527
OAC060	Dehesa con ejemplares con ramas secas	40,50917	-5,52800
OAC061	Encinas muertas y puntisecas, incidencia alta	40,50793	-5,54222
OAC062	Encinar en buen estado, escasas puntisecas	40,51530	-5,55514
OAC063	Buen estado del encinar, una con rama seca	40,51633	-5,56274
OAC064	Encinares de monte sin afección	40,83078	-6,75243
OAC065	Encinar joven de monte sin afección	40,83078	-6,75243
OAC066	Encinar abandonado recuperado por el matorral, ligera debilidad	40,71712	-6,66377
OAC067	Encinar adehesado maduro, sin aparente afección pequeño bosque con encinas jóvenes y pinos, afección	40,56440	-6,47038
OAC068	media, con alguna encina muerta y otras debilitadas	40,56216	-6,48209
OAC069	Encinar denso sin afección	40,56847	-6,51087
OAC070	Encinar melojar adehesado sin apenas afección	40,64597	-6,31676
OAC071	Encinar medio adehesado sin afección	40,65567	-6,30641
OAC072	Encinar adehesado en buen estado	40,65636	-6,29130
OAC073	Encinar maduro adehesado, muy erosionado por cerdos, sin aparente afección	40,64949	-6,27611
OAC074	Encinares maduros adehesados con afección media, con individuos muertos principalmente en vaguadas y bordes de finca	40,64949	-6,27611
OAC075	Encinar densidad media con baja afección	41,14895	-6,11317
OAC076	Encinar adehesado con baja incidencia, rodeado de Encinares con afección media	41,05479	-6,10192
OAC077	Encinar adehesado maduro con baja afección	41,05479	-6,10192
OAC078	Encinar adehesado sin afección	41,00524	-6,08548
OAC079	Encinar adehesado sin aparente afección	40,64113	-5,80923
OAC080	Encinar denso con renuevos sin afección	40,64157	-5,82104
OAC081	Formación mixta de roble y encina con afección media de rama seca y puntiseca en roble, con individuos muertos	40,64157	-5,82104
OAC082	Encinar adehesado y aclarado con afección baja	40,63967	-5,79184



**Anejo fotográfico.** Ejemplares de encina muertos en Cantalpino (A). Roble melojo muerto en Topas (B). Medio ejemplar de encina seco en La Tala (C). Quejigo moribundo en Valdelosa (D). Encinas muertas en Sagos dentro de una dehesa con sobrecarga ganadera (E). Ejemplar de alcornoque muerto en Parada de Rubiales (F).