

# Revisión bibliográfica

Operaciones sobre el arbolado.  
Podas.



**Interreg**  
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA

**PRODEHESA**  
**MONTADO**



Coordinado por:



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
DE EXTREMADURA

Fecha

Febrero de 2021

## Índice

Listado bibliográfico .....	1
Síntesis de las publicaciones revisadas .....	4
Resumen .....	15



### Listado bibliográfico

1. Alejano, R., Tapias, R., Fernández, M., Torres, E., Alaejos, J., & Domingo, J. (2008). Influence of pruning and the climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Annals of Forest Science*, 65(2), 209-209. doi:10.1051/forest:2007092
2. Alejano, R., Vázquez-Piqué, J., Carevic, F., & Fernández, M. (2011). Do ecological and silvicultural factors influence acorn mass in Holm Oak (southwestern Spain)? *Agroforestry Systems*, 83(1), 25-39. doi:10.1007/s10457-011-9369-4
3. Carbonero, M.D., Fernández P., Muñoz, M.L & García, A.M., (2015). La Poda del árbol en la Dehesa. Retrieved from Sevilla:
4. Andivia, E., Alejano, R., Vázquez-Piqué, J., & Fernández, M. (2005). Producción de desfronde en encinas y alcornoques. Influencia de las podas y de variables meteorológicas y ecológicas.
5. Andivia, E., Vázquez-Piqué, J., Fernández, M., & Alejano, R. (2013). Litter production in Holm oak trees subjected to different pruning intensities in Mediterranean dehesas. *Agroforestry Systems*, 87(3), 657-666. doi:10.1007/s10457-012-9586-5
6. Cabon, A., Mouillot, F., Lempereur, M., Ourcival, J.-M., Simioni, G., & Limousin, J.-M. (2018). Thinning increases tree growth by delaying drought-induced growth cessation in a Mediterranean evergreen oak coppice. *Forest Ecology and Management*, 409, 333-342. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.030
7. Cañellas, I., & Montero, G. (2002). The influence of cork oak pruning on the yield and growth of cork. *Ann. For. Sci.*, 59(7), 753-760.
8. Cañellas, I., Roig, S., Poblaciones, M., Gea-Izquierdo, G., & Olea, L. (2007). An approach to acorn production in Iberian dehesas. *Agroforestry Systems*, 70(1), 3-9.
9. Carbonero, M., Fernández, A., Blázquez, A., Navarro, R., & Fernández, P. (2006). Acorn quality depending on pruning, botanic variety na harvest date. Paper presented at the Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation.
10. Carbonero, M. D. (2011). Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas.
11. Carbonero Muñoz, M. D., García Moreno, A. M., Leal Murillo, J. R., & Fernández Rebollo, P. (2013). La poda de la encina en la dehesa y sus efectos a largo plazo



- sobre la producción de bellota. Paper presented at the 6º Congreso Forestal Español 6CFE01-131, Vitoria.
12. Domingo, J., Zavala, M. A., & Madrigal-Gonzalez, J. (2020). Thinning enhances stool resistance to an extreme drought in a Mediterranean *Quercus ilex* L. coppice: insights for adaptation. *New Forests*, 51(4), 597-613.
  13. Fraile Díaz, M. J., & Riesco Muñoz, G. (2015). Ordenación de un monte alcornocal de propiedad pública en Salamanca.
  14. Gómez-Castro, A., Rodríguez-Estévez, V., Perea Muñoz, J. M., García Martínez, A. R., & Mata, C. (2007). Producción de bellota en la dehesa: factores influyentes.
  15. Lanzo Palacios, R., Montero Calvo, A. J., Berdón Berdón, J., Santiago Beltrán, R., Murillo Vilanova, M., Cardillo Amo, E., & Acedo Rodríguez, A. (2015). Buenas Prácticas Suberícolas en Masas Jóvenes de Alcornoque. Retrieved from Mérida:
  16. Martín-Pérez, D. (2016). Influencia de factores ecológicos y selvícolas en el crecimiento diametral de la encina (*Quercus ilex* ssp. *Ballota* (Desf.) Samp.) en el suroeste de España. Universidad de Huelva,
  17. Martín-Pérez, D., Piqué, J. V., Monge, R. A., & Martínez, M. F. (2012). Efecto de la aplicación de podas y tratamientos de suelo en el crecimiento diametral de la encina. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*(35), 97-103.
  18. Martín, D., Vázquez-Piqué, J., & Alejano, R. (2015). Effect of pruning and soil treatments on stem growth of holm oak in open woodland forests. *Agroforestry Systems*, 89(4), 599-609. doi:10.1007/s10457-015-9794-x
  19. Oliveira, G., & Costa, A. (2012). How resilient is *Quercus suber* L. to cork harvesting? A review and identification of knowledge gaps. *Forest Ecology and Management*, 270, 257-272. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.01.025
  20. Palma, J. H. N., Paulo, J. A., & Tomé, M. (2014). Carbon sequestration of modern *Quercus suber* L. silvoarable agroforestry systems in Portugal: a YieldSAFE-based estimation. *Agroforestry Systems*, 88(5), 791-801. doi:10.1007/s10457-014-9725-2
  21. Rodríguez-Calcerrada, J., Pérez-Ramos, I. M., Ourcival, J.-M., Limousin, J.-M., Joffre, R., & Rambal, S. (2011). Is selective thinning an adequate practice for adapting *Quercus ilex* coppices to climate change? *Annals of Forest Science*, 68(3), 575. doi:10.1007/s13595-011-0050-x
  22. Rodríguez, A. B. M., & Leco, F. (2010). Distribución espacial de la lluvia sobre el suelo en la dehesa: influencia de la poda del arbolado. *Cuaternario y geomorfología*:



Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, 24(3), 39-49.

23. Suarez, M., Torres, E., Tapias, R., & Vá, J. (2005). Influencia de la poda en el crecimiento diametral del alcornoque (*Quercus suber* L.). Paper presented at the Congresos Forestales.
24. SUBERNOVA, P. (2005). Código Internacional de Prácticas Subericolas. IPROCOR-DGRF-Interreg IIIA. Evora and Mérida, Spain.
25. Vericat, P., Pique, M., & Serrada, R. (2012). Gestión adaptativa al cambio global en masas de *Quercus* mediterráneos. Madrid.



### Síntesis de las publicaciones revisadas

**1 Alejano, R., Tapias, R., Fernández, M., Torres, E., Alaejos, J., Domingo, J., 2008. Influence of pruning and the climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Annals of Forest Science* 65, 209-209.**

Artículo científico publicado en la revista "Annals of Forest Science" en 2008. En este artículo se analizan las variaciones interanuales y la influencia de la poda en la producción de bellota de *Quercus ilex* L. ssp. *ballota*. Se establecieron dos parcelas de ensayo en la provincia de Huelva en las que se aplicaron distintas intensidades de poda tradicional (baja, moderada y alta) y un método nuevo de poda denominado "regeneración de las copas". No se detectaron diferencias significativas en la producción de bellota entre las distintas intensidades de la poda tradicional. Solamente se detectaron indicios de que la poda fuerte podría dar lugar a una disminución de la producción de bellotas. El nuevo método de poda utilizado parece prometedor para aumentar el rendimiento de las bellotas. Sin embargo, debe probarse en muestras de mayor tamaño antes de sacar conclusiones definitivas al respecto. A la vista de los resultados, el actual estado de salud de las encinas en el suroeste de España y el escaso valor de la leña, que solía ser una fuente de ingresos muy importante de la poda hace unas décadas, los autores recomiendan reducir la frecuencia e intensidad de la poda en las dehesas de la zona de estudio.

**2 Alejano, R., Vázquez-Piqué, J., Carevic, F., Fernández, M., 2011. Do ecological and silvicultural factors influence acorn mass in Holm Oak (southwestern Spain)? *Agroforestry Systems* 83, 25-39.**

Artículo científico publicado en la revista "Agroforestry Systems" en 2011. En este estudio se analiza el efecto de la orientación, el año y la poda en la producción de bellota en dos parcelas experimentales de encinas en la provincia de Huelva entre 2001 y 2006. Los datos se analizaron mediante un modelo lineal mixto en el que las covariables fueron el tamaño del árbol (circunferencia a 80 cm de altura y tamaño de la copa), la posición topográfica, la competencia intraespecífica, el número y peso de las bellotas producidas por árbol y algunas variables climáticas. El estudio concluye que no existen evidencias sobre el efecto de las podas en el peso de las bellotas producidas. Ninguna de las variables relacionadas con el tamaño de los árboles, la posición topográfica o la competencia intraespecífica explicaron las diferencias entre árboles, lo que sugiere que los factores hereditarios pueden jugar un papel importante. También existe una relación inversa entre el peso y el número de bellotas por árbol.

**3 Andalucía., J.d., 2015. La Poda del árbol en la Dehesa. In: *LifeBiodehesa* (Ed.), Sevilla.**



Este manual forma parte de una colección coordinada por el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA) y es fruto de la colaboración entre las distintas administraciones públicas y organizaciones que formaron parte del proyecto LIFE BioDehesa, cuyo objetivo principal fue promover la gestión integrada y sostenible de las dehesas en Andalucía, como medio para favorecer el estado actual de su biodiversidad a través de la divulgación de los resultados de diferentes tipos de actuaciones de mejora en parcelas demostrativas.

El manual analiza los criterios y la base fisiológica para la poda del árbol en la dehesa, los tipos de poda, los aspectos económicos, administrativos y de prevención de riesgos de poda. También contiene una ficha resumen sobre la poda del árbol y un glosario de términos relacionados con la poda del árbol en la dehesa.

La idea más importante que se extrae de este manual es que una poda bien ejecutada supera en costes a los ingresos obtenidos por la venta de leña, sin embargo aporta productos interesantes como ramón o leñas finas del árbol de manera no competitiva con la producción de bellota. La poda es un trabajo de alto riesgo, por lo que resulta fundamental seguir los protocolos de seguridad e ir equipados de forma adecuada. También cobran especial importancia aspectos de formación técnica y experiencia.

**4 Andivia, E., Alejano, R., Vázquez-Piqué, J., Fernández, M., 2005. Producción de desfronde en encinas y alcornoques. Influencia de las podas y de variables meteorológicas y ecológicas.**

Artículo científico publicado en el libro de actas del Sexto Congreso Forestal Español en 2013. El objetivo del estudio es conocer cómo distintas variables meteorológicas, ecológicas y de gestión afectan a la producción y a la estacionalidad del desfronde de encinas y alcornoques. Para ello, se recogió el desfronde de forma periódica durante varios años en tres parcelas, dos de encina y una de alcornoque, donde se monitorizó la evolución de las variables meteorológicas. Los árboles de una de estas parcelas fueron sometidos a distintas intensidades de poda con el objetivo de evaluar el efecto de esta práctica tradicional en la producción de desfronde. Por último, en el caso del alcornoque, se analizó la variabilidad mensual en el aporte de nutrientes al suelo por el desfronde, así como la relación entre la distribución de nutrientes en el suelo y la variabilidad en el aporte de éstos por el desfronde.

**5 Andivia, E., Vázquez-Piqué, J., Fernández, M., Alejano, R., 2013. Litter production in Holm oak trees subjected to different pruning intensities in Mediterranean dehesas. Agroforestry Systems 87, 657-666.**

Artículo científico publicado en la revista "Agroforestry systems" en 2013. El objetivo de este estudio es cuantificar el patrón temporal de la caída de las hojas y analizar la influencia de variables abióticas y la poda en la producción de hojarasca. En él se



concluye que la caída de las hojas ocurre de una forma estacional, con un pico durante el mes más húmedo del año. La variabilidad en la caída de las hojas está relacionada fundamentalmente con las precipitaciones y con el contenido de agua del suelo. La poda redujo la cantidad de hojarasca durante el primer año, y puede tener un efecto negativo en la fertilidad del suelo y la producción de bellota.

**6 Cabon, A., Mouillot, F., Lempereur, M., Ourcival, J.-M., Simioni, G., Limousin, J.-M., 2018. Thinning increases tree growth by delaying drought-induced growth cessation in a Mediterranean evergreen oak coppice. *Forest Ecology and Management* 409, 333-342.**

Artículo científico publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en 2018. En él se analizan datos recogidos durante 30 años en unas parcelas situadas en un encinar del sur de Francia en las que se aplicaron cuatro intensidades de clara (desde el 20% al 80% en área basimétrica) además de una parcela de control. El objetivo del estudio es analizar si el efecto del clareo sobre el crecimiento diametral de los árboles se debe a un retraso en el momento en el que la sequía llega a limitar el crecimiento. Los autores concluyen que un modelo de crecimiento basado en la fecha en la que se produce la interrupción del crecimiento debido a la sequía es capaz de explicar el 85% de los efectos del clareo sobre el crecimiento diametral de los árboles a lo largo de los 30 años de estudio, y el 95% en los cinco primeros años tras el clareo. Las claras moderadas producen un efecto beneficioso en el crecimiento de todas las clases diamétricas que se mantiene a lo largo del tiempo, mientras que intensidades de clareo más fuertes producen unos efectos beneficiosos en un primer momento, pero esos efectos tienen una corta duración.

**7 Cañellas, I., Montero, G., 2002. The influence of cork oak pruning on the yield and growth of cork. *Ann. For. Sci.* 59, 753-760.**

Artículo científico publicado en la revista "Annals of Forest Science" en 2002. En él se analiza el efecto de las podas en la producción de corcho. Por un lado, se realizó una comparación sincrónica entre parcelas podadas y parcelas sin podar o podadas en momentos diferentes; y por otro lado, una comparación diacrónica entre árboles podados y no podados en la misma parcela. No se encontraron diferencias significativas entre árboles podados y no podados en relación a la producción de corcho. Tampoco se encontraron diferencias significativas en los anillos de crecimiento, ni siquiera cuando la poda se realizó en el periodo de descorche. Los resultados indican que no deben tenerse en cuenta las prácticas silviculturales más comunes, como la poda, a la hora de elaborar modelos de crecimiento y producción de corcho.

**8 Cañellas, I., Roig, S., Poblaciones, M., Gea-Izquierdo, G., Olea, L., 2007. An approach to acorn production in Iberian dehesas. *Agroforestry systems* 70, 3-9.**



Artículo científico publicado en la revista "Agroforestry Systems" en 2007. El objetivo del estudio es analizar la distribución temporal y el efecto de la poda en la producción de bellotas. Los resultados muestran una reducción en la producción de bellotas tras la poda, aunque esa reducción depende del tipo de poda aplicada. Estos resultados cuestionan la idea generalizada de que la poda es beneficiosa para la producción de bellotas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la poda genera madera para leña y trabajo en zonas rurales, además de otros beneficios socioeconómicos.

**9 Carbonero, M., Fernández, A., Blázquez, A., Navarro, R., Fernández, P., 2006. Acorn quality depending on pruning, botanic variety na harvest date. In, Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation.**

Artículo científico publicado el libro de acras de la "21st General Meeting of the European Grassland Federation" en 2006. Este estudio analiza los efectos de tres factores (claras de mantenimiento, las variedades botánicas y el periodo de montanera de 2003-04) en la composición química de las bellotas de *Quercus ilex*. Los resultados muestran diferencias en la calidad nutricional de las bellotas según sus variedades y la época de cosecha, pero no según la época de la clara. Las variedades botánicas afectan al contenido de grasa, proteínas y humedad. También se encontraron diferencias en la composición química de las bellotas cosechadas al comienzo y después de la montanera, como consecuencia de la madurez de las bellotas.

**10 Carbonero, M.D., 2011. Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas.**

Tesis doctoral realizada por M<sup>a</sup> Dolores Carbonero en el Instituto de Estudios de Postgrado. En ella se analizan las características de la producción de bellota de la encina en la dehesa, centrándose principalmente en las variaciones en el espacio y en el tiempo de la producción, la morfología y la composición química de la bellota de encina. Las variaciones espaciales se estudian a nivel de población, variaciones entre individuos de una misma zona, y dentro del árbol, considerando el espacio conformado por su copa. El análisis temporal considera el periodo de maduración y diseminación de la bellota, la montanera, y el transcurso de seis años. Asimismo, se analiza las relaciones entre la meteorología del año y la producción, morfología y composición de la bellota y cómo les afecta la poda de mantenimiento del arbolado que tradicionalmente se hace en la dehesa.

La tesis incluye aspectos novedosos en relación con la producción de bellota: Análisis de la producción de bellota, estudio de la morfología de la bellota, análisis de la influencia de la meteorología, influencia de la poda y evolución de la composición química de la bellota. Los resultados que se obtienen en esta tesis suponen un avance en el conocimiento de la ecología de la encina en la dehesa y en la caracterización de su comportamiento productivo y de la composición de su bellota. En el plano aplicado,



algunos resultados, principalmente aquellos derivados del análisis de los efectos de la poda, pueden derivar a recomendaciones prácticas y constituir parte del fundamento científico-técnico en el que se sustente un nuevo paradigma para la gestión de las podas del arbolado de la dehesa.

**11 Carbonero Muñoz, M.D., García Moreno, A.M., Leal Murillo, J.R., Fernández Rebollo, P., 2013. La poda de la encina en la dehesa y sus efectos a largo plazo sobre la producción de bellota. In: 6CFE01-131, C.F.E. (Ed.), 6º Congreso Forestal Español 6CFE01-131, Vitoria.**

Artículo científico publicado en el libro de actas del Sexto Congreso Forestal Español en 2013. En él se analiza el efecto de la poda de mantenimiento de la encina sobre la productividad y morfología de la bellota en el largo plazo. El efecto a largo plazo de la poda sobre la producción de bellota se evaluó mediante un modelo mixto de medidas repetidas considerando como factores los años transcurridos desde la ejecución de la poda, el año de muestreo y la interacción entre ambos. Los resultados indican que a largo plazo la poda no afecta a la cantidad de la producción de bellota, aunque sí al patrón de producción, disminuyendo la intensidad de la vecería en los primeros años. Además, la poda afecta a la morfología de la bellota y a su patrón de evolución, aunque su efecto es efímero extendiéndose solamente a los primeros años tras su realización.

**12 Domingo, J., Zavala, M.A., Madrigal-Gonzalez, J., 2020. Thinning enhances stool resistance to an extreme drought in a Mediterranean Quercus ilex L. coppice: insights for adaptation. New Forests 51, 597-613.**

Artículo científico publicado en la revista "New Forests" en 2020. En este artículo se analiza si las claras pueden servir como una estrategia de adaptación para mitigar los efectos de las sequías. Los resultados muestran que la intensidad de la reducción del área basimétrica produce una mayor resistencia, pero no resiliencia, frente a periodos de intensa sequía. Los árboles sometidos a intensidades de clara superiores al 50% en área basimétrica fueron menos vulnerables a sequías intensas, y produjeron más masa foliar más adelante. Los resultados también resaltan la importancia del efecto positivo que produce la sombra en los árboles vecinos, disminuyendo su defoliación tras los periodos de sequía. Los autores concluyen que, de cara a hacer frente al cambio climático y a optimizar la tolerancia de los árboles al estrés, deben realizarse claras de en torno al 50% de reducción en área basimétrica, cortando los árboles con menos índice de área foliar y que no reciban sombra de los árboles vecinos.

**13 Fraile Díaz, M.J., Riesco Muñoz, G., 2015. Ordenación de un monte alcornocal de propiedad pública en Salamanca.**



Artículo científico realizado en 2015. En él se presentan las actuaciones planificadas en un monte comunal explotado tradicionalmente para la producción de corcho, a fin de incrementar su producción corchera en cantidad y en calidad. Diversos condicionantes limitan las posibilidades de actuación: el tipo de propiedad, un entorno rural desertizado, la baja aptitud del medio para la producción forestal, el importante esfuerzo inversor inicial para densificar la masa y repoblar rasos, etc. Asumiendo esto se propone dividir el monte en unidades de intervención en las que se actuará de forma escalonada para evitar inversiones iniciales fuertes y, por ello, inviables. Asimismo, la repoblación por etapas permitirá lograr a largo plazo un predio donde coexistan masas de todas las edades del ciclo productivo, lo que contribuirá a regularizar la magnitud y periodicidad de las pelás, con la consiguiente estabilización en la percepción de rentas.

**14 Gómez-Castro, A., Rodríguez-Estévez, V., Perea Muñoz, J.M., García Martínez, A.R., Mata, C., 2007. Producción de bellota en la dehesa: factores influyentes.**

Artículo científico publicado en la revista "Archivos de zootecnia" en el año 2007. El artículo revisa el conocimiento existente sobre la producción de bellota en las dehesas del suroeste de la Península ibérica. Se analizan los condicionantes edafoclimáticos y la fenología de los principales árboles del género *Quercus* (*Q. ilex*, *Q. suber* y *Q. faginea*) presentes en las dehesas. También se analiza la producción de bellota, resultando en producciones muy variables entre individuos, tanto intra como interanualmente. Finalmente, se revisan los factores que afectan a la producción de bellota; y entre éstos se describen la densidad de árboles, el fenómeno de la vecería, las características individuales de los árboles (potencial genético, edad, superficie de copa, etc.), el manejo de la arboleda (con efecto favorable del laboreo, las podas ligeras y el pastoreo sostenible), las condiciones meteorológicas (principalmente sequía y meteorología durante la floración) y el estado sanitario.

**15 Lanzo Palacios, R., Montero Calvo, A.J., Berdón Berdón, J., Santiago Beltrán, R., Murillo Vilanova, M., Cardillo Amo, E., Acedo Rodríguez, A., 2015. Buenas Prácticas Suberícolas en Masas Jóvenes de Alcornoque. In: extremadura, C.-c.d.i.c.y.t.d. (Ed.), Mérida.**

El objetivo de este manual de buenas prácticas es, basándose en la bibliografía existente en ese momento, y en la experiencia del centro de investigaciones científicas y tecnológicas de Extremadura, mediante el estudio realizado sobre los efectos que las podas de formación causan sobre el arbolado dependiendo de la edad a la que se inicien, y de la intensidad y periodicidad con la que se realicen, presentar y hacer llegar de una forma sencilla una serie de consideraciones y recomendaciones generales sobre su correcta ejecución.

El manual contiene información sobre podas de formación, los principales problemas de formación y fitosanitarios, la eliminación de los restos de poda, el desbroce mediante



laboreo, la legislación básica y un glosario de términos relacionados con las prácticas suberícolas.

**16 Martín-Pérez, D., 2016. Influencia de factores ecológicos y selvícolas en el crecimiento diametral de la encina (*Quercus ilex* ssp. *Ballota* (Desf.) Samp.) en el suroeste de España. In. Universidad de Huelva.**

Tesis doctoral realizada por Daniel Martín Pérez en la Universidad de Huelva. En esta tesis se analiza el crecimiento diametral intraanual y las variaciones diarias del radio del tronco de la encina, tanto con dendrómetros de banda como con dendrómetros electrónicos puntuales de alta resolución, situados en tres dehesas y en un monte mediterráneo mixto situados en el suroeste de España. Este estudio abarca un periodo de nueve años y medio, desde mayo de 2003 hasta octubre de 2012. Además de los patrones de crecimiento diametral intraanual y de los ciclos diarios de variaciones del radio, en este trabajo se analizaron la influencia de las variables climáticas, el tamaño del árbol, los parámetros hidrológicos y la competencia sobre el crecimiento de los árboles.

Los resultados mostraron que el clima mediterráneo es el factor que influye en mayor medida en el crecimiento diametral de la encina, provocando un característico patrón intraanual con dos periodos de crecimiento. El primero tiene lugar durante el final del invierno y la primavera, y el segundo durante el final del verano y el otoño. Las variables climáticas que afectaron en mayor medida al crecimiento fueron las relacionadas con el estado hídrico del árbol. La producción de bellota tuvo un efecto significativamente negativo sobre el crecimiento diametral a nivel individual en la época en la que se produce el engorde de las bellotas, es decir, durante el final del verano y el otoño, pero solo durante los años de alta producción. Los tratamientos intensos de poda también tuvieron un efecto significativamente negativo sobre el crecimiento diametral, especialmente en aquellos árboles localizados sobre peores suelos o los que estaban sometidos a otros factores de estrés, por ejemplo, la enfermedad de la seca, incrementando los efectos del estrés hídrico sobre el crecimiento diametral. Por lo tanto, las podas intensas podrían afectar al vigor y al estado vegetativo de los árboles en áreas donde su supervivencia ya se encontrase comprometida.

**17 Martín-Pérez, D., Piqué, J.V., Monge, R.A., Martínez, M.F., 2012. Efecto de la aplicación de podas y tratamientos de suelo en el crecimiento diametral de la encina. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 97-103.**

Artículo científico publicado en los Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales en 2012. En él se analiza el crecimiento diametral de la encina en 119 individuos pertenecientes a tres parcelas experimentales situadas en la provincia de Huelva. En las parcelas se aplicaron diferentes tratamientos de poda y mejora de suelos y se analizaron sus efectos en el crecimiento diametral mediante mediciones mensuales



con dendrómetros de banda entre 2003 y 2010. Los autores concluyen que, en base a los resultados obtenidos, las podas solamente influyen significativamente en el crecimiento de la encina en algunos determinados meses en cada parcela. Por tanto, su realización no se justifica desde el punto de vista de la mejora del vigor, aunque su aplicación con otros fines de gestión como la obtención de leñas tampoco sería perjudicial si no son excesivas.

**18 Martín, D., Vázquez-Piqué, J., Alejano, R., 2015. Effect of pruning and soil treatments on stem growth of holm oak in open woodland forests. Agroforestry Systems 89, 599-609.**

Artículo científico publicado en la revista "Agroforestry Systems" en 2015. En él se analiza el efecto de los tratamientos selvícolas tradicionales sobre el crecimiento intra-anual de la encina (*Quercus ilex* L.) en tres parcelas situadas en una dehesa del suroeste de España. Se analizaron los siguientes tratamientos:

Tratamientos en el suelo (arado, arado y fertilización con superfosfato cálcico, siembra de altramuz amarillo)

Intensidad de poda (intensa, moderada y débil).

Los tratamientos en el suelo no tuvieron un efecto significativo en el crecimiento, pero la poda sí que afectó a los patrones de crecimiento. La poda intensa redujo ligeramente el crecimiento durante la primavera, y tanto la poda moderada como la fuerte aumentaron las contracciones (debidas al estrés hídrico durante la sequía) y las expansiones (debidas a la rehidratación tras la sequía) en lugares con suelos poco desarrollados o con otras causas de estrés. Por lo tanto, los autores concluyen que una poda intensa podría afectar al vigor y al estado vegetativo de los árboles en zonas en las que la supervivencia de los árboles ya está comprometida. La poda ligera no afectó al crecimiento de los árboles, por lo que este tratamiento puede ser aceptable si la se añade la extracción de leña o biomasa es uno de los objetivos de gestión.

**19 Oliveira, G., Costa, A., Alves, A., 2012. How resilient is *Quercus suber* L. to cork harvesting? A review and identification of knowledge gaps. Forest Ecology and Management 270, 257-272.**

Artículo científico publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en 2012. El objetivo de esta publicación es hacer una revisión de la información disponible sobre la respuesta del alcornoque al descorche. La extracción del corcho supone una pérdida de agua y una destrucción de tejidos que deben ser regenerados por el árbol. Además, puede producir heridas que obstaculizan la regeneración del corcho y que pueden servir de entrada a plagas y enfermedades. La relación entre las actuales técnicas de descorche y sus efectos sobre la resiliencia de los alcornoques no está bien definida. La conclusión principal de este artículo es que falta información sobre los efectos del



aprovechamiento del corcho tanto a nivel de árbol como a nivel de masa como para establecer una evaluación consistente.

**20 Palma, J.H.N., Paulo, J.A., Tomé, M., 2014. Carbon sequestration of modern *Quercus suber* L. silvoarable agroforestry systems in Portugal: a YieldSAFE-based estimation. *Agroforestry Systems* 88, 791-801.**

Artículo científico publicado en la revista "Agroforestry Systems" en 2014. En este artículo se analizan nuevos sistemas agroforestales que consisten en plantaciones de árboles destinados a la producción de corcho alineados con un espacio suficiente para cultivar en el suelo y poder maniobrar con maquinaria agrícola entre ellos. Se analizan distintos escenarios en los que se estima su potencial de captación de carbono. Los autores concluyen que, debido a los mayores rendimientos producidos en las zonas más productivas, los escenarios en los que se produzca una baja implementación de estos sistemas en lugares de alta productividad pueden captar cantidades de carbono similares a aquellos en los que se produzca una alta implementación en zonas de baja productividad, lo que sugiere que un análisis previo de las condiciones de cada zona puede mejorar el enfoque de los objetivos a conseguir y aumentar los incentivos financieros para la captación de carbono.

**21 Rodríguez-Calcerrada, J., Pérez-Ramos, I.M., Ourcival, J.-M., Limousin, J.-M., Joffre, R., Rambal, S., 2011. Is selective thinning an adequate practice for adapting *Quercus ilex* coppices to climate change? *Annals of Forest Science* 68, 575.**

Artículo científico publicado en la revista "Annals of Forest Science" en 2011. El objetivo del estudio es analizar el efecto de una clara selectiva en la respuesta de una masa madura de *Quercus ilex* a 6 años de reducción en las precipitaciones. Para ello, se realizó una reducción artificial de las precipitaciones en una masa en la que se realizó una clara por lo bajo de un 30% en área basimétrica manteniendo otra zona de control. Se analizó el crecimiento radial, la supervivencia y la regeneración en cada una de las parcelas. La reducción artificial de las precipitaciones no produjo efectos sobre el crecimiento radial, pero redujo la producción de bellotas viables. La clara estimuló el crecimiento radial y redujo la mortalidad de los pies remanentes. Los autores concluyen que la eliminación de los pies dominados o enfermos en encinares no gestionados ayuda a la supervivencia de los pies remanentes.

**22 Rodríguez, A.B.M., Leco, F., 2010. Distribución espacial de la lluvia sobre el suelo en la dehesa: influencia de la poda del arbolado. Cuaternario y geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario 24, 39-49.**



Artículo científico publicado en la revista "Cuaternario y geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario" en 2010. En él se analiza la distribución de las precipitaciones en el suelo de la dehesa, ya que la copa de los árboles constituye una pantalla que provoca una distribución desigual del agua en el suelo. Teniendo en cuenta que las podas reducen la masa foliar de las copas, en este trabajo se cuantifica el volumen de lluvia que llega a la superficie del suelo bajo diferentes tipos de cobertura, analizando los efectos que puede tener la técnica selvícola de la poda sobre la distribución espacial de la misma y las posibles repercusiones sobre el suelo en una dehesa de la provincia de Cáceres (Extremadura).

Los resultados obtenidos en este estudio ponen de manifiesto que las variaciones que se producen, tanto en el volumen como en la distribución espacial de la cantidad de agua de lluvia que llega al suelo a través de la copa de los árboles, son importantes. Esas diferencias son aún más pronunciadas cuando la masa foliar ha desaparecido en gran parte por efecto de la poda. Por tanto, la estructura de la copa y el volumen de masa foliar son los principales factores determinantes en esas variaciones (el agua que llega al suelo a través de la cubierta arbórea es un 6% inferior en las encinas no podadas). También influyen las características de los episodios de lluvia, volumen e intensidad de las precipitaciones, así como la dirección del viento dominante durante los mismos.

**23 Suarez, M., Torres, E., Tapias, R., Vázquez, J., Calzado, A., 2005. Influencia de la poda en el crecimiento diametral del alcornoque (*Quercus suber* L.). In, Congresos Forestales.**

Artículo científico publicado en el libro de actas del Cuarto Congreso Forestal Español en el año 2005. El estudio analiza la influencia de la reducción de biomasa aérea sobre el crecimiento diametral del alcornoque, efectuando además la cuantificación de los resultados obtenidos. Para ello, en una parcela experimental situada en un alcornocal podado cada diez años, se aplicaron tratamientos de diferente intensidad de poda a tres grupos homogéneos de diecinueve árboles que habían sido previamente caracterizados mediante variables relativas a su tamaño, presión de descorche y competencia con los pies vecinos. El crecimiento perimetral se midió mensualmente mediante dendrómetros de banda. Los autores concluyen que una poda racional, en la que se elimine menos del 30% de la biomasa de copa, ejerce una escasa influencia en el crecimiento conjunto de madera y corcho, al menos durante los dos primeros años después de la poda.

**24 SUBERNOVA, P., 2005. Código Internacional de Prácticas Subericolas. IPROCOR-DGRF-Interreg IIIA. Evora and Mérida, Spain.**

El objetivo del Código Internacional de Prácticas Subericolas es fomentar la gestión sostenible de los alcornocales, propiciando el aumento en calidad y cantidad de los mismos, así como la producción de corcho. En la creación de este código participaron



organismos de Francia, Italia, Túnez, Marruecos, Portugal y España. Está dirigido especialmente a explotaciones o grupos de explotaciones que permitan la puesta en práctica de sus recomendaciones. El código contiene principios generales, prácticas habituales, prácticas obligatorias, recomendaciones mejorantes con precisión de acciones y exclusiones, y un vocabulario de terminología relacionada con las prácticas suberícolas.

**25 Vericat, P., Pique, M., Serrada, R., 2012. Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneas, Madrid.**

Manual elaborado en el marco del proyecto “Definición de criterios, medidas y técnicas a integrar en la gestión de las formaciones de Quercus de la vertiente mediterránea española para la conservación de los valores naturales y adaptación al cambio global”, desarrollado durante los años 2011 y 2012, con la colaboración de la Fundación Biodiversidad a través de la Convocatoria de Ayudas para la realización de Actividades en el ámbito de la Biodiversidad, el Cambio Climático y el Desarrollo Sostenible de la Fundación Biodiversidad para el 2011.

Este manual tiene como objetivo establecer y poner a disposición de los diferentes agentes con responsabilidad en la gestión de los espacios forestales, como gestores de la Administración, propietarios de terrenos forestales, consultores, políticos, etc., un conjunto de medidas a integrar en la gestión de las formaciones de Quercus mediterráneas para mejorar su funcionalidad actual, su capacidad de adaptación al cambio climático y función como sumidero de carbono, y la conservación de sus valores naturales, sociales y productivos.

Esta publicación consta de tres bloques temáticos, que a su vez se subdividen en un total de 8 capítulos. Los contenidos de estos bloques temáticos son los siguientes:

En el Bloque I se revisa la situación actual y la importancia de las formaciones de Quercus mediterráneas en España. Se identifican y caracterizan los principales impactos previsibles del cambio global y se establece el enfoque general de la gestión forestal para la adaptación al cambio global de estas formaciones.

En el Bloque II se exponen las principales medidas de gestión forestal que, a la luz del conocimiento actual, parecen más efectivas para la adaptación al cambio global de estas formaciones, así como la conservación de sus valores naturales. Se consideran dos escalas de implementación de estas medidas: rodal y monte o paisaje. Las medidas son de distinto tipo, aunque todas ellas son implementables desde los distintos ámbitos de la gestión forestal, ya sea en ejecución o planificación.

En el Bloque III se recogen una serie de ejemplos aplicados que ilustran algunas de las medidas propuestas en el Bloque II. Se trata de casos que ya han sido aplicados, y por ello permiten valorar su efectividad, costes, técnicas empleadas, etc. de cara a su transferibilidad a otras situaciones similares.



# Resumen

## **Efectos beneficiosos de la poda para la producción de bellota:**

Una poda bien ejecutada supera en costes a los ingresos obtenidos por la venta de leña, sin embargo, aporta productos interesantes como ramón o leñas finas del árbol de manera no competitiva con la producción de bellota (Carbonero, M.D. et al., 2015). Sin embargo, en cuanto a la producción de bellota los estudios científicos realizados en los últimos 25 años no detectan diferencias entre árboles podados y no podados. Aún más, cuando la intensidad de las podas es fuerte, la producción en árboles podados es siempre inferior, ya que los nutrientes se emplean en desarrollar la reconstrucción de la copa y la producción de ramas y no a desarrollar ramas periféricas útiles para la producción. En este sentido, se recomienda reducir la frecuencia e intensidad de la poda en las dehesas (Alejano et al., 2008 y 2011). A largo plazo, la poda no afecta a la cuantía de la producción de bellota, aunque sí al patrón de producción disminuyendo la intensidad de la vejería en los primeros años. La poda afecta a la morfología de la bellota, aunque su efecto es efímero extendiéndose a los primeros años tras su realización (Carbonero et al., 2013).

Por otro lado, la variabilidad en la caída de las hojas está relacionada fundamentalmente con las precipitaciones y con el contenido de agua del suelo. La poda reduce la cantidad de hojarasca durante el primer año, lo que puede tener un efecto negativo en la fertilidad del suelo y la producción de bellota (Andivia et al., 2005 y 2013).

Se recomienda en cualquier caso podas de mantenimiento moderadas, que no eliminen más de 1/5 del volumen total de la copa. Estas podas deben hacerse en parada vegetativa cada 10 años, en invierno, al finalizar la dispersión de la bellota. Deben buscar formar una copa equilibrada, respetando la forma natural del árbol, minimizando la cantidad de madera que se deja al exterior, pues la radiación puede generar que se emitan yemas adventicias (Carbonero, M.D. et al., 2015).

En el caso del alcornoque, en el manual sobre selvicultura adaptativa de los alcornocales en Extremadura (Murillo et al., 2020) se recomienda, de forma general, no podarlo, excepto en la formación de los pies jóvenes. Sin embargo, tras una encuesta se concluye que en un 45% del total de las explotaciones se realizan podas periódicas sobre dicha especie. Su frecuencia es muy variable, desconociendo en muchos casos los gestores cada cuánto realizan estos trabajos en la explotación, una de las consecuencias directas de la falta de planes de gestión.

## **Efecto de la poda sobre el crecimiento diametral de los árboles:**

Existen estudios que afirman que la poda no debe tenerse en cuenta la hora de elaborar modelos de crecimiento y producción de corcho, ya que esta no ejerce ninguna influencia (Cañellas et al., 2002 y 2007). Otros afirman que las podas solamente influyen significativamente en el crecimiento de la encina en algunos determinados meses. Por tanto, su realización no se justifica desde el punto de vista de la mejora del vigor, aunque su



aplicación con otros fines de gestión, como la obtención de leñas, tampoco es perjudicial si no son excesivas (Martín-Pérez et al., 2012).

Por una parte, una poda racional en la que se elimine menos del 30% de la biomasa de copa ejerce una escasa influencia en el crecimiento conjunto de madera y corcho, al menos durante los dos primeros años después de la poda (Suarez et al., 2005). Por otra parte, una poda intensa podría afectar al vigor y al estado vegetativo de los árboles en zonas en las que la supervivencia de los árboles ya está comprometida (Martín et al., 2015 y 2016). La utilidad de la poda, por tanto, se pone en cuestión máxime cuando esta práctica tiene unos costes económicos importantes y no siempre es realizada por profesionales (Fernández-Rebollo y Carbonero, 2008).

#### **Efecto de las claras en la producción de bellotas:**

Existen diferencias en la calidad nutricional de las bellotas según sus variedades y la época de cosecha, pero no según la época de la clara (Carbonero et al., 2006). Las claras moderadas producen un efecto beneficioso en el crecimiento de todas las clases diamétricas que se mantiene a lo largo del tiempo, mientras que intensidades de clareo más fuertes producen unos efectos beneficiosos en un primer momento, pero de corta duración (Carbon et al., 2018).

#### **Efecto de las claras en el crecimiento de las encinas:**

De cara a hacer frente al cambio climático y a optimizar la tolerancia de los árboles al estrés, deben realizarse claras de en torno al 50% de reducción en área basimétrica, cortando los árboles con menos índice de área foliar y que no reciban sombra de los árboles vecinos (Domingo et al., 2020; Rodríguez-Calcerrada et al. 2011).



# Revisión bibliográfica

Operaciones sobre el arbolado.  
Daños de insectos.



**Interreg**  
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA

**PRODEHESA**  
**MONTADO**



Coordinado por:



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
DE EXTREMADURA

Fecha

Febrero de 2021

## Índice

Listado bibliográfico .....	1
Síntesis de las publicaciones revisadas .....	5
Resumen .....	21



### Listado bibliográfico

1. Branco, M., Bragança, H., Sousa, E., & Phillips, A. J. L. (2014). Pests and Diseases in Portuguese Forestry: Current and New Threats. In F. Reboredo (Ed.), *Forest Context and Policies in Portugal: Present and Future Challenges* (pp. 117-154). Cham: Springer International Publishing.
2. Carbonero, M. (2019). *Biología y control de cerambícidos en la dehesa*.
3. Cardenas, A. M., & Gallardo, P. (2018). Assessment and Monitoring Damage by *Coraeus florentinus*; (Coleoptera: Buprestidae) in Mediterranean Oak Forests. Vol.08No.05, 15. doi:10.4236/oje.2018.85020
4. Cárdenas, A. M., & Gallardo, P. (2012). The effect of temperature on the preimaginal development of the Jewel beetle, *Coraeus florentinus* (Coleoptera: Buprestidae). *European Journal of Entomology*, 109(1), 21-28.
5. Casula, P. (2017). Monitoring and management of *Cerambyx cerdo* in the Mediterranean region – a review and the potential role of citizen science. *Nature Conservation*, 19. doi:10.3897/natureconservation.19.12637
6. De Zan, L. R., Bardiani, M., Antonini, G., Campanaro, A., Chiari, S., Mancini, E., . . . Roversi, P. F. (2017). Guidelines for the monitoring of *Cerambyx cerdo*. *Nature Conservation*, 20. doi:10.3897/natureconservation.20.12703
7. Duque-Lazo, J., & Navarro-Cerrillo, R. M. (2017). What to save, the host or the pest? The spatial distribution of xylophage insects within the Mediterranean oak woodlands of Southwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 392, 90-104. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.047
8. Fürstenau, B., Quero, C., Riba, J. M., Rosell, G., & Guerrero, A. (2015). Field trapping of the flathead oak borer *Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) with different traps and volatile lures. *Insect Science*, 22(1), 139-149. doi:https://doi.org/10.1111/1744-7917.12138
9. Fürstenau, B., Rosell, G., Guerrero, A., & Quero, C. (2012). Electrophysiological and Behavioral Responses of the Black-Banded Oak Borer, *Coroebus florentinus*, to Conspecific and Host-Plant Volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 38(4), 378-388. doi:10.1007/s10886-012-0110-1
10. Gallardo, P., Cárdenas, A. M., & Soriano, J. M. (2018). Long-Term Assessment of Selective Pruning of *Quercus* Species for Controlling Populations of *Coraeus*



- florentinus (Coleoptera: Buprestidae) in Mediterranean Forests. *Forests*, 9(2). doi:10.3390/f9020049
11. Gobierno de Aragón. (2000). Oruga defoliadora de las frondosas (*Lymantria dispar*).
  12. González, I. A., Barrero, M. A., Bañuls, P., & Muñoz, M. M. (2014). *Synanthedon vespiformis*, un problema emergente en los castaños del norte de Cáceres. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 255, 31-35.
  13. Jiménez, A., Gallardo, A., Antonietty, C. A., Villagrán, M., Ocete, M. E., & Soria, F. J. (2012). Distribution of *Coræbus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) in cork oak forests of southern Spain. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 281-288. doi:10.1080/09670874.2012.700493
  14. Junta de Andalucía, C. d. M. A. y. O. d. T. (2000). Plan de Lucha Integrada contra la Lagarta Peluda. Retrieved from
  15. López-Pantoja, G., Dominguez, L., & Sánchez-Osorio, I. (2011). Analysis of *Prinobius myardi* Mulsant population dynamics in a Mediterranean cork oak stand. Paper presented at the Annales de la Société Entomologique de France.
  16. López-Pantoja, G., Domínguez Nevado, L., & Sánchez-Osorio, I. (2016). A procedure for calculating the thermal constants associated with the flight period of *Cerambyx welensii* Küster and *Prinobius myardi* Mulsant from field observations. *Agricultural and Forest Entomology*, 18(1), 82-90. doi:10.1111/afe.12139
  17. López-Pantoja, G., Nevado, L. D., & Sánchez-Osorio, I. (2008). Mark-recapture estimates of the survival and recapture rates of *Cerambyx welensii* Küster (Coleoptera cerambycidae) in a cork oak dehesa in Huelva (Spain). *Central European Journal of Biology*, 3(4), 431-441. doi:10.2478/s11535-008-0044-3
  18. Murillo Vilanova, M., Montero Calvo, A. J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., & Santiago Beltrán, R. (2021). *Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornocales en Extremadura*. Mérida (Badajoz): Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Junta de Extremadura.
  19. Pereira, P. F., Lourenço, R., Lopes, C., Oliveira, A., Ribeiro-Silva, J., Rabaça, J. E., . . . Marques, J. T. (2019). The influence of management and environmental factors on insect attack on cork oak canopy. *Forest Ecology and Management*, 453, 117582. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117582



20. Sallé, A. (2016). Native Buprestid and Longhorn Beetles in the Mediterranean Basin. In T. D. Paine & F. Lieutier (Eds.), *Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems* (pp. 199-210). Cham: Springer International Publishing.
21. Sánchez-Osorio, I., López-Pantoja, G., Paramio, A. M., Lencina, J. L., Gallego, D., & Domínguez, L. (2016). Field attraction of *Cerambyx welensii* to fermentation odors and host monoterpenes. *Journal of Pest Science*, 89(1), 59-68. doi:10.1007/s10340-015-0654-2
22. Sánchez-Osorio, I., López-Pantoja, G., Tapias, R., Pareja-Sánchez, E., & Domínguez, L. (2019). Monoterpene emission of *Quercus suber* L. highly infested by *Cerambyx welensii* Küster. *Annals of Forest Science*, 76(4), 98. doi:10.1007/s13595-019-0879-y
23. Tiberi, R., Branco, M., Bracalini, M., Croci, F., & Panzavolta, T. (2016). Cork oak pests: a review of insect damage and management. *Annals of Forest Science*, 73(2), 219-232. doi:10.1007/s13595-015-0534-1
24. Torres-Vila, L. M. (2017). Reproductive biology of the great capricorn beetle, *Cerambyx cerdo* (Coleoptera: Cerambycidae): a protected but occasionally harmful species. *Bulletin of Entomological Research*, 1-13. doi:10.1017/S0007485317000323
25. Torres-Vila, L. M., Mendiola-Díaz, F. J., & Sánchez-González, Á. (2017). Dispersal differences of a pest and a protected *Cerambyx* species (Coleoptera: Cerambycidae) in oak open woodlands: a mark-recapture comparative study. *Ecological Entomology*, 42(1), 18-32. doi:10.1111/een.12355
26. Torres-Vila, L. M., Mendiola-Díaz, F. J., & Sánchez-González, Á. (2018). Adult size and sex ratio variation of *Cerambyx welensii* (Coleoptera: Cerambycidae) in Mediterranean oak (Fagaceae) woodlands. *The Canadian Entomologist*, 1-13. doi:10.4039/tce.2018.14
27. Torres-Vila, L. M., Sanchez-González, Á., Ponce-Escudero, F., Martín-Vertedor, D., & Ferrero-García, J. J. (2012). Assessing mass trapping efficiency and population density of *Cerambyx welensii* Küster by mark-recapture in dehesa open woodlands. *European Journal of Forest Research*, 131(4), 1103-1116. doi:10.1007/s10342-011-0579-0
28. Torres-Vila, L. M., & Tschorsnig, H.-P. (2019). *Billaea adelpha* (Loew) (Diptera: Tachinidae) as a larval parasitoid of large oak-living cerambycids in Southwestern Spain. 32, 4-15.



29. Torres-Vila, L. M., Zugasti-Martínez, C., Mendiola-Díaz, F. J., De-Juan-Murillo, J. M., Sánchez-González, Á., Conejo-Rodríguez, Y., . . . Fernández-Moreno, F. (2017). Larval assemblages of large saproxylic cerambycids in Iberian oak forests: wood quality and host preference shape resource partitioning. *Population Ecology*, 59(4), 315-328. doi:10.1007/s10144-017-0592-3
30. Torres\_Vila, L. M., & León, E. E. (2018). *Cerambyx scopolii* Fuessly, 1775 (Coleoptera: Cerambycidae) en Extremadura (España): primera cita para Badajoz y nuevos registros en Cáceres. *Boletín de la SAE* N°, 28, 175-183.
31. Vicente Calle, C. (2014). Evaluación del grado de afectación por larvas de "*Cerambyx welensii*" Küster 1846 (Col., Cerambycidae) del arbolado de las dehesas ("*Quercus suber*", L. y "*Q. rotundifolia*", Lam.) en Extremadura y su relación con algunas variables importantes del ecosistema.
32. Viñolas, A., & Vives, E. (2012). *Cerambyx cerdo*. W. AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.



### Síntesis de las publicaciones revisadas

**1 Branco, M., Bragança, H., Sousa, E., & Phillips, A. J. L. (2014). Pests and Diseases in Portuguese Forestry: Current and New Threats. In F. Reboredo (Ed.), Forest Context and Policies in Portugal: Present and Future Challenges (pp. 117-154). Cham: Springer International Publishing.**

Capítulo Número 5 del libro "Forest Context and Policies in Portugal: Present and Future Challenges" titulado "Pests and Diseases in Portuguese Forestry: Current and New Threats" publicado en el año 2014.

El capítulo posee siete epígrafes, en este caso nos centraremos en el epígrafe 5.3 "Evergreen Oak Forest", concretamente en el 5.3.2 "Defoliators and Seed eaters.

En el epígrafe 5.3.2 "Defoliators and Seed eaters", nos centraremos en los defoliadores, donde menciona los daños causados por *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantridae), *Euproctis chrysorrhoea* L. (Lymantridae) y *Tortrix viridana* L. (Tortricidae). Los resultados muestran que los daños solo llegan a ser importantes cuando la eclosión de los individuos llega a plaga, ocasionando graves defoliaciones.

**2 Carbonero, M., 2019. Biología y control de cerambícidos en la dehesa.**

Charla realizada en 2019 en la que se analiza la biología y el control de cerambícidos en la dehesa. Dentro de la charla, se exponen los factores que incrementan los ataques y las estrategias de control, así como una comparación de los daños producidos por los cerambícidos y los producidos por la seca. Dentro de las estrategias de control propuestas destacan: evitar los daños por poda (evitar grandes heridas, no podar en zonas con fuertes ataques de perforadores ni en periodos de sequía), intentar robustecer el árbol y no debilitarlo (evitar dañar raíces con labores o maquinaria, no sobrepastorear ni compactar el suelo en exceso, realizar fertilizaciones que refuercen la tolerancia del árbol frente a la sequía), eliminar leñas afectadas, fomentar a los predadores y la captura de adultos mediante trapeo.

**3 Cardenas, A.M., Gallardo, P., 2018. Assessment and Monitoring Damage by *Coraebus florentinus*; (Coleoptera: Buprestidae) in Mediterranean Oak Forests. Vol.08No.05, 15.**

Artículo científico publicado en la revista "Open Journal of Ecology" en 2018. En este trabajo se analizan las series históricas de datos tras diez años de evaluación de daños por *Coraebus florentinus* en el Parque Natural de Hornachuelos bajo la perspectiva del aumento de la temperatura ambiental ligado al cambio climático global. La evaluación se realizó entre 2007 y 2017 en dos parcelas de muestreo situadas en bosques mixtos mediterráneos donde las encinas y los alcornoques son las especies arbóreas



predominantes. Los resultados muestran que los niveles de infestación de esta especie al principio del periodo de evaluación eran superiores a los descritos anteriormente en los años noventa y que aumentaron progresivamente durante el tiempo de seguimiento. Los resultados también coinciden con la expansión de sus áreas de distribución constatada en otras zonas de Europa. El previsible aumento de los daños de *C. florentinus* se discute, a mayor escala, bajo la perspectiva de un escenario futuro de calentamiento y el decaimiento de los robles por la pérdida de vigor debido a la mayor aridez del suelo.

**4 Cárdenas, A.M., Gallardo, P., 2012. The effect of temperature on the preimaginal development of the Jewel beetle, *Coraeus florentinus* (Coleoptera: Buprestidae). European Journal of Entomology 109, 21-28.**

Artículo científico publicado en la revista "European Journal of Entomology" en 2012. El objetivo principal de este trabajo es determinar el efecto de la temperatura sobre la duración y el porcentaje de supervivencia del estado preimaginal de *Coraeus florentinus* y aportar datos para determinar con mayor precisión cuándo se debe controlar esta plaga mediante la aplicación de técnicas selvícolas. Los resultados apoyan claramente la hipótesis de que las altas temperaturas afectan al desarrollo postlarval de *C. florentinus* aumentando el porcentaje de supervivencia y acortando el tiempo de desarrollo. De hecho, las correlaciones parciales confirman que los mayores porcentajes de emergencia y supervivencia se registraron cuando los tiempos de desarrollo fueron más cortos, lo que ocurrió con las temperaturas más altas. Los autores concluyen que, a pesar de la clara influencia de la temperatura en el desarrollo de la fase preimaginal de *C. florentinus*, se requieren ensayos adicionales para determinar con precisión las tendencias futuras de las poblaciones. En consecuencia, es necesario desarrollar programas de seguimiento en las zonas afectadas por *C. florentinus* y aplicar técnicas de gestión programadas que aseguren el control de esta especie.

**5 Casula, P., 2017. Monitoring and management of *Cerambyx cerdo* in the Mediterranean region – a review and the potential role of citizen science. Nature Conservation 19.**

Artículo científico publicado en la revista "Nature Conservation" en 2017. El artículo analiza los principales programas de seguimiento en los que participan los profesionales forestales:

Evaluación del estado de conservación de *Cerambyx cerdo* y sus hábitats (distribución, abundancia de insectos y de árboles colonizados).

Evaluación del estado de la plaga.



Análisis de las opciones de gestión para conseguir beneficios tanto de manejo como económicos.

Teniendo en cuenta que *Cerambyx cerdo* y los bosques de alcornoques y encinas no son especies o hábitats prioritarios en el marco de la Directiva Hábitats, es probable que la financiación destinada a su seguimiento sea limitada. En este contexto, la "ciencia ciudadana" podría servir para reunir información importante sobre las especies objetivo, que sería útil para los programas de seguimiento y gestión. Para abordar las cuestiones relacionadas con la gestión, el programa basado en la "ciencia ciudadana" para el seguimiento de *Cerambyx cerdo* y la conservación de su hábitat debe considerarse no sólo como una recopilación de datos por parte de los ciudadanos, sino también como una colaboración más profunda entre diferentes fuentes de conocimiento y diferentes perspectivas dentro de una red de aprendizaje y seguimiento medioambiental basado en la comunidad.

**6 De Zan, L.R., Bardiani, M., Antonini, G., Campanaro, A., Chiari, S., Mancini, E., Maura, M., Sabatelli, S., Solano, E., Zauli, A., 2017. Guidelines for the monitoring of *Cerambyx cerdo*. Nature Conservation 20, 129.**

Artículo científico publicado en la revista "Nature Conservation" en 2017. El artículo forma parte de un número especial sobre seguimiento de escarabajos saproxílicos protegidos en Europa, basado en la investigación realizada durante el proyecto LIFE-MIPP, donde se hace una revisión de los conocimientos actuales sobre la sistemática, la ecología y la conservación de *C. cerdo*. El objetivo principal del trabajo es poner a prueba diferentes métodos de seguimiento con el fin de desarrollar un protocolo rápido y replicable para la conservación de esta especie. Los métodos probados fueron: savia artificial, atracción de adultos, trampas con cebo, VES (encuesta de encuentro visual) y recogida de restos de depredación a lo largo de transectos. A partir de estos resultados, se propone un método detallado de seguimiento de *C. cerdo* mediante trampas con cebo, junto con una discusión sobre sus limitaciones, validez espacial y posibles interferencias. Con el fin de evaluar el estado de conservación de las poblaciones de *C. cerdo* en Europa y comparar las poblaciones a lo largo del tiempo, se propone un método para el cálculo de un valor de referencia basado en el método de seguimiento.

**7 Duque-Lazo, J., Navarro-Cerrillo, R.M., 2017. What to save, the host or the pest? The spatial distribution of xylophage insects within the Mediterranean oak woodlands of Southwestern Spain. Forest Ecology and Management 392, 90-104.**

Artículo científico publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en 2017. En este estudio se utiliza la red de seguimiento de salud forestal de Andalucía (Red SEDA) para evaluar la distribución de los escarabajos, utilizando el enfoque de Estimación de Densidad de Kernel y las distribuciones actuales y futuras utilizando modelos de distribución de especies en conjunto. Las predicciones del modelo mostraron que



existen variables dasométricas (diámetro normal y frecuencia de los robles) y climáticas (número de días con temperatura media superior a 30°C) importantes para predecir la distribución del "complejo" *Cerambyx*. Se encontraron cuatro regiones principales con presencia de escarabajos xilófagos en Andalucía, y una zona más amplia que satisface los requerimientos ambientales de estos escarabajos. Los autores concluyen que el hábitat potencial de los escarabajos xilófagos podría aumentar bajo futuros escenarios climáticos, lo que podría potenciar la dispersión, colonización y establecimiento de nuevas poblaciones de escarabajos xilófagos en Andalucía.

**8 Fürstenau, B., Quero, C., Riba, J.M., Rosell, G., Guerrero, A., 2015. Field trapping of the flathead oak borer *Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) with different traps and volatile lures. *Insect Science* 22, 139-149.**

Artículo científico publicado en la revista "Insect Science" en 2015. El estudio se centra en analizar la biología y el comportamiento de *Coroebus undatus*, de forma que puedan establecerse medidas de control. Se presentan los resultados de un estudio piloto destinado a desarrollar un método de trampeo eficaz para el seguimiento de esta plaga. En un estudio de campo de 3 años, las trampas prismáticas de color púrpura cebadas con una mezcla de volátiles de hojas verdes del huésped demostraron ser la combinación más eficaz para capturar adultos de *C. undatus* adultos (únicamente hembras) en comparación con otros tipos de trampas y señuelos probados. La longitud de onda y la reflectancia revelaron que las trampas de color púrpura presentan valores pico de reflectancia similares a los encontrados en la cutícula abdominal y élica de ambos sexos, lo que sugiere que las señales visuales son importantes para la localización de la pareja en esta especie. Los datos presentados son los primeros en demostrar la captura de adultos del género *Coroebus* mediante un método de captura basado en atrayentes.

**9 Fürstenau, B., Rosell, G., Guerrero, A., Quero, C., 2012. Electrophysiological and Behavioral Responses of the Black-Banded Oak Borer, *Coroebus florentinus*, to Conspecific and Host-Plant Volatiles. *Journal of Chemical Ecology* 38, 378-388.**

Artículo científico publicado en la revista "Journal of Chemical Ecology" en 2012. En este estudio se estudian aspectos de la ecología química del barrenador del roble negro *Coroebus florentinus*. Los olores producidos por los machos y las hembras fueron similares, tanto cualitativa como cuantitativamente. Tres compuestos, nonanal, decanal y geranilacetona, identificados en el espacio cefálico de ambos sexos, provocaron fuertes respuestas electroantenográficas de las antenas de los machos, pero no de las antenas de las hembras. En experimentos de olfatómetro de doble elección, una mezcla de estos tres compuestos resultó atractiva para ambos sexos. Los machos respondieron solamente al decanal, mientras que las hembras respondieron solamente a la geranilacetona, lo que sugiere que estos compuestos son los responsables de la actividad dentro de la mezcla para cada uno de los sexos. Los resultados sugieren que los volátiles de las hojas verdes del huésped, en particular (E)-2-hexenol, 1-hexanol y el acetato de (Z)-3-hexenilo, pueden desempeñar un papel importante como atrayentes



en el comportamiento de búsqueda de alimento/oviposición de los adultos de *Coroebus florentinus*, especialmente las hembras.

**10 Gallardo, P., Cárdenas, A.M., Soriano, J.M., 2018. Long-Term Assessment of Selective Pruning of Quercus Species for Controlling Populations of Coraebus florentinus (Coleoptera: Buprestidae) in Mediterranean Forests. Forests 9.**

Artículo científico publicado en la revista "Forests" en 2018. En este estudio se analiza el efecto de la poda selectiva de ramas dañadas de especies del género *Quercus* para controlar la población de *Coraeus florentinus*. El estudio se realizó en tres parcelas situadas en Sierra Morena. En cada parcela se tipificaron las características del bosque y se cuantificaron los parámetros "nivel de infestación" e "intensidad poblacional". La evaluación se realizó un año y cinco años después de aplicar la poda selectiva. El momento más eficaz para la poda se estableció según modelos de predicción de la supervivencia y la emergencia en relación con la temperatura. Al cabo de un año, los resultados indicaron que la poda selectiva justo antes de la aparición de los adultos fue eficaz para reducir el tamaño de la población y controlar los daños. Después de cinco años, este efecto seguía manifestándose de forma significativa. Además, los resultados muestran que la poda selectiva es eficaz incluso en zonas con tasas iniciales de infestación más bajas.

**11 Gobierno de Aragón, 2000. Oruga defoliadora de las frondosas (Lymantria dispar).**

Ficha técnica sobre la Oruga defoliadora (*Lymantria dispar*) del Gobierno de Aragón.

En ella, se recoge su descripción, ciclo de desarrollo, daños causados, elementos de diagnóstico y métodos de control.

Los daños causados son defoliaciones como consecuencia de la alimentación de las orugas en las hojas del arbolado, pudiendo reconocer a los individuos en sus estado de puesta, larvario o adulto.

Los principales medios de control descritos incluyen pulverizaciones de ultrabajo volumen mediante equipos terrestres y/o aéreos. Además, el insecto cuenta con numerosos parásitos y depredadores que mantienen las poblaciones controladas de forma natural.

**12 González, I. A., Barrero, M. A., Bañuls, P., & Muñoz, M. M. (2014). Synanthedon vespiformis, un problema emergente en los castaños del norte de Cáceres. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, 255, 31-35.**



Artículo publicado en la revista Phytoma España en el año 2014. Estudio realizado sobre los daños causados por *Synanthedon vespiformis* en castaño. Para valorar la densidad de esta especie se utilizaron trampas de feromonas y se tomaron datos de precipitación y temperaturas medias. Se encontró que la especie poseía un periodo largo de vuelo de 28 semanas y una elevada densidad de individuos. La actividad de los individuos incrementa a partir de los 17°C hasta los 28°C, descendiendo su actividad cuando las temperaturas disminuyen de ese umbral.

Como medidas de control se plantean barreras físicas, la aplicación de aceites al tronco y nematodos entoparasitos como *Steinernema weiseri*.

**13 Jiménez, A., Gallardo, A., Antonietty, C.A., Villagrán, M., Ocete, M.E., Soria, F.J., 2012. Distribution of *Coraeus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) in cork oak forests of southern Spain. International Journal of Pest Management 58, 281-288.**

Artículo científico publicado en la revista "International Journal of Pest Management" en 2012. En este trabajo se registra el nivel de infestación de *Coraeus undatus* en alcornoques mediante la observación de los rastros dejados por las galerías larvares en árboles que habían sido descorchados recientemente. Mediante el análisis de distribución y niveles de infestación de *C. undatus* en diferentes alcornoques del sur de España se puede obtener información útil para implementar una gestión sostenible de la plaga. Los resultados del estudio revelan una amplia distribución de *C. undatus* y un alto porcentaje de robles infestados (>70%) en casi todos los alcornoques del sur de España. Los bosques más dañados se encontraron en las zonas con mayor densidad de alcornoques y con un sotobosque dominante.

**14 Junta de Andalucía. (2000). Plan de Lucha Integrada contra la Lagarta Peluda.**

Plan de Lucha Integrada contra la Lagarta Peluda de la junta de Andalucía del año 2000. En él se recoge su descripción, marco normativo, la base científica a modo de resumen para el desarrollo del Plan integral, su objeto y procedimiento de aplicación en campo, las ayudas y subvenciones posibles, y los distintos tratamientos.

En este caso, nos centraremos en los tratamientos descritos.

Colocación de nidales: Se colocan 5 cajas anidaderas por ha, en grupos de 5 nidales en unos puntos que se determinan mediante una cuadrícula con dirección N-S y E-O de dimensión 100x100m, obteniéndose de este modo 5 nidales/ha. La época de colocación más adecuada es el otoño (septiembre, octubre, noviembre). Se recomienda colocarlos en el interior de la masa de forma dispersa para minimizar la sustracción, teniendo en cuenta también la accesibilidad para su seguimiento. El nidal se coloca en un lugar protegido contra el mal tiempo donde no esté expuesto a aguas y vientos dominantes. No se colocan, por tanto, en árboles aislados.

Tratamiento de colocación de cajas de feromonas: Se coloca una trampa de feromona de tipo "G" cada 100 metros en los caminos circundantes a la ubicación de la trampa



testigo sobre la que se debe de realizar la intensificación o reintensificación para el control de la población de lagarta peluda. En el caso de que se realice la colocación de trampas de feromonas como medida complementaria a un tratamiento aéreo, las cajas se sitúan a lo largo de los caminos principales y carreteras secundarias en toda la superficie ejecutada del tratamiento. Las trampas deben de colocarse durante la primera quincena de junio y no deben recogerse hasta principios de noviembre. Una vez pasado el periodo de vuelo de la mariposa se recogerá la trampa. De esta manera se prevé que la colocación pueda realizarse con suficiente antelación como para que las trampas estén colocadas antes de que vuelen las primeras mariposas.

Tratamiento terrestre U.L.V.: Los tratamientos mediante el uso del cañón pulverizador consisten en el tratamiento lineal en bandas de zonas transitables donde es necesario mantener controlada la plaga y se emplea este tipo de tratamiento dada la disposición del foco. Se recomienda que el alcance del equipo debe ser de al menos 25 metros y la fecha de aplicación aquella que coincida con el máxima presencia de la plaga en fase L1.

Tratamiento aéreo U.L.V.: El tratamiento se realiza mediante la aplicación aérea con aeronaves de ala fija en un solo pase y mediante atomizadores tipo Micronair AU-5000 o similar, de manera que el diámetro medio de la gota será de 125 micras. El número de atomizadores a colocar en las aeronaves será de 8. La altura de vuelo aconsejable no debe ser superior a 10 metros sobre las copas de los árboles en condiciones idóneas de tratamiento. No obstante, y en función de las características del bloque a tratar, esta altura podrá ser modificada. Se aplicará en la misma fecha que los tratamiento terrestres y siempre que las condiciones meteorológicas lo permitan.

El producto a utilizar es un inhibidor de crecimiento con sustancias que actúan por ingestión al interferir en el mecanismo de formación de la quitina, impidiendo la muda. La materia activa es diflubenzurón 1.5% p/v UL, y el producto se aplica en una dosis de 3 litros /ha.

**15 López-Pantoja, G., Dominguez, L., Sánchez-Osorio, I., 2011. Analysis of *Prinobius myardi* Mulsant population dynamics in a Mediterranean cork oak stand. In, *Annales de la Société Entomologique de France*. Taylor & Francis, pp. 260-268.**

Artículo científico publicado en la revista "Annales de la Société Entomologique de France" en 2012. En este estudio se utilizó un método de captura-marcado-recaptura para identificar los modelos que mejor se ajustan al comportamiento de *Prinobius myardi* con el fin de estimar parámetros poblacionales básicos como la tasa de supervivencia, la tasa de recaptura y el índice de transitoriedad. Los adultos fueron capturados a mano tras su detección visual en los árboles de una parcela de alcornoques situada en las proximidades del Parque Nacional de Doñana. Los machos mostraron una tasa de supervivencia constante superior al 85,4% durante todo el periodo de vuelo, un índice de transitoriedad máximo del 1,82% y una tasa de recaptura que osciló entre el 42,50% y el 76,90%. Estos resultados sugieren un comportamiento sedentario en los machos de



*Prinobius myardi*. Por el contrario, el reducido número de hembras capturadas impidió el cálculo de los parámetros anteriores para este género. Las observaciones de campo también revelaron un comportamiento más fluido y menos sedentario que el de los machos.

**16 López-Pantoja, G., Domínguez Nevado, L., Sánchez-Osorio, I., 2016. A procedure for calculating the thermal constants associated with the flight period of *Cerambyx welensii* Küster and *Prinobius myardi* Mulsant from field observations. *Agricultural and Forest Entomology* 18, 82-90.**

Artículo científico publicado en la revista "Agricultural and Forest Entomology" en 2016. En este trabajo se presenta el desarrollo y la validación de dos modelos de fenología de grados-día para predecir el periodo de vuelo de *Cerambyx welensii* y *Prinobius myardi*. Las fechas de inicio y las temperaturas de desarrollo funcional de las dos especies se estimaron mediante un método iterativo. Las fechas de inicio resultaron ser el 1 de abril para *C. welensii* y el 15 de abril para *P. myardi*. La temperatura mínima de desarrollo para ambas especies fue de 12 °C. El procedimiento de validación reveló que los modelos propuestos predicen los porcentajes de vuelo con errores de 2,5 - 4,3 días para *C. welensii* y de 3,2 - 18,2 días para *P. myardi*. Los autores concluyen que la simplicidad del método propuesto para calcular las constantes térmicas y los pequeños errores con los que se pueden estimar permiten el uso generalizado de los modelos para gestionar eficazmente las poblaciones de los dos cerambícidos xilófagos estudiados.

**17 López-Pantoja, G., Nevado, L.D., Sánchez-Osorio, I., 2008. Mark-recapture estimates of the survival and recapture rates of *Cerambyx welensii* Küster (Coleoptera cerambycidae) in a cork oak dehesa in Huelva (Spain). *Central European Journal of Biology* 3, 431-441.**

Artículo científico publicado en la revista "Central European Journal of Biology" en 2008. En este trabajo se presenta la tasa de supervivencia aparente y la tasa de recaptura de una población de *Cerambyx welensii* en un alcornocal muy degradado cerca del Parque Nacional de Doñana (Huelva), calculados mediante el método de marcaje-captura-recaptura. Tras analizar los datos, se detectan valores altos y constantes en el tiempo de las tasas de supervivencia aparente de machos y hembras. La tasa global de recaptura de los machos superó a la del grupo de hembras con valores relativamente bajos, pero significativos. La presencia de individuos transitorios sugiere un núcleo de población con muchos inmigrantes y emigrantes en la parcela de estudio. Los resultados se utilizan para discutir varios aspectos de la biología de los insectos y el efecto potencial del deterioro gradual del ecosistema estudiado sobre la población de insectos que sustenta.



**18 Murillo Vilanova, M., Montero Calvo, A. J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., & Santiago Beltrán, R. (2021). Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornoques en Extremadura. Mérida (Badajoz): Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Junta de Extremadura.**

Manual publicado por el CICYTEX en el años 2021, donde se recoge la descripción de los de las principales plagas de defoliadores de dehesas y montados. *Lymantria dispar* y *Tortrix viridana* L. En cuanto a hongos, recoge una reseña de *Discula quercina*, *Biscogniauxia mediterranea*, *Brenneria quercina* y *Armillaria mellea*.

Las reseñas recogidas en este manual van encaminadas a la descripción del organismo y descripción de los daños que ocasiona, más que de los tratamientos recomendados.

**19 Pereira, P.F., Lourenço, R., Lopes, C., Oliveira, A., Ribeiro-Silva, J., Rabaça, J.E., Pinto-Correia, T., Figueiredo, D., Mira, A., Marques, J.T., 2019. The influence of management and environmental factors on insect attack on cork oak canopy. Forest Ecology and Management 453, 117582.**

Artículo científico publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en 2019. El objetivo principal de este estudio es caracterizar la incidencia de los principales grupos de insectos que afectan a las ramas y hojas de *Quercus suber* y evaluar las prácticas de manejo y rasgos ambientales de los sistemas agroforestales que le afectan en mayor medida. Para ello, se analizó la frecuencia de los signos de plagas según diferentes indicadores: prácticas de gestión, madurez de los árboles, diversidad forestal, fragmentación del bosque, latitud y longitud. Los signos más frecuentes de plagas de insectos en las hojas de los árboles correspondieron a los minadores del nervio medio, las orugas masticadoras y las moscas de sierra masticadoras. A excepción de los minadores del nervio medio y de los barrenadores de las ramas, todas las plagas de insectos se encontraron en rodales de alcornoques en declive y se beneficiaron de la intensificación en la gestión. Los resultados más importantes son:

- Un rodal con una alta diversidad de edades puede reducir la frecuencia de los minadores del nervio medio y las orugas masticadoras, así como el ataque de los barrenadores de ramas.
- Una alta diversidad en los bosques puede contribuir a reducir el impacto de los defoliadores sobre los alcornoques (por ejemplo, las moscas de la sierra masticadoras).
- Una reducción del sotobosque puede disminuir la exposición de los árboles a los defoliadores y que la fragmentación del bosque puede aumentar la frecuencia de los minadores y de las orugas masticadoras.
- Los autores concluyen que las plagas de insectos tienen una alta incidencia en los rodales de alcornoques y, por tanto, pueden tener un papel importante en su declive. Teniendo en cuenta que una alta frecuencia de plagas suele estar asociada con el aumento de la intensidad de la gestión, se necesita urgentemente un cambio hacia un uso más sostenible de estos sistemas.



**20 Sallé, A., 2016. Native Buprestid and Longhorn Beetles in the Mediterranean Basin. In: Paine, T.D., Lieutier, F. (Eds.), Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems. Springer International Publishing, Cham, pp. 199-210.**

Capítulo del libro "Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems", publicado en 2016. En él se detalla la ecología e interacciones con los árboles hospedantes de varias especies de bupréstidos (*Coraeus florentinus*, *Coraeus undatus* y *Trachypteris picta*) y cerambícidos (*Cerambyx welensii*, *Prinobius myardi* y *Cerambyx cerdo*). Además, se detallan algunos aspectos de sus dinámicas de población y su ecología química.



**21 Sánchez-Osorio, I., López-Pantoja, G., Paramio, A.M., Lencina, J.L., Gallego, D., Domínguez, L., 2016. Field attraction of *Cerambyx welensii* to fermentation odors and host monoterpenes. *Journal of Pest Science* 89, 59-68.**

Artículo científico publicado en la revista "Journal of Pest Science" en 2016. El objetivo del estudio es determinar si las mezclas químicas que imitan los olores de la fermentación son atractivas para *Cerambyx welensii*. Para ello, se utilizaron tres tipos de trampas (de embudo múltiple, de paletas cruzadas y de un solo embudo) cebadas con seis mezclas sintéticas que incluían uno o más olores relacionados con la fermentación (etanol, acetato de etilo, 3-metil-1-butanol, acetaldehído, 2-metil-1-propanol y 2-metil-1-butanol), varios productos alimentarios (cerveza, melón y vino tinto mezclado con zumo de melocotón) y los monoterpenos del huésped. Los resultados de este estudio contribuyen a entender el impacto de los compuestos orgánicos volátiles en la selección de los barrenadores de la madera que infestan los árboles caducifolios. Además, suponen un avance para la optimización de las estrategias de trampeo para el control de *C. welensii* en un marco de gestión integrada de plagas.

**22 Sánchez-Osorio, I., López-Pantoja, G., Tapias, R., Pareja-Sánchez, E., Domínguez, L., 2019. Monoterpene emission of *Quercus suber* L. highly infested by *Cerambyx welensii* Küster. *Annals of Forest Science* 76, 98.**

Artículo científico publicado en la revista "Annals of Forest Science" en 2019. El objetivo del estudio es analizar si los árboles altamente infestados por *Cerambyx welensii* presentaban un perfil de emisión peculiar, con compuestos conocidos de actividad antenal. Para ello, se tomaron muestras de monoterpenos in situ en 2006 (día/tarde) y 2008 (temprano por la noche) de *Q. suber* estratificadas en función de si los árboles estaban o no muy infestados por *C. welensii* y se analizaron mediante cromatografía de gases. Este trabajo evidenció diferencias en las emisiones foliares de monoterpenos entre los árboles de *Q. suber* altamente infestados por *C. welensii* y los árboles no infestados, con una alta presencia de limoneno en los primeros y un predominio de compuestos de tipo pineno en los árboles no infestados. La hipótesis de los autores es que la detección (especialmente durante el inicio del vuelo diario de los insectos) de ciertos compuestos (por ejemplo, el limoneno), junto con la detección de proporciones específicas de varios monoterpenos (por ejemplo, las de limoneno con respecto a los compuestos de tipo pineno) tiene un papel importante en la selección intraespecífica de huéspedes por parte de *C. welensii*.

**23 Tiberi, R., Branco, M., Bracalini, M., Croci, F., & Panzavolta, T. (2016). Cork oak pests: a review of insect damage and management. *Annals of Forest Science*, 73(2), 219-232. doi:10.1007/s13595-015-0534-1**



Revisión científica publica en la revista "Annals of Forest Science" en el año 2016 donde se recogen las principales plagas causadas por insectos en alcornoques y se proponen medidas de manejo.

En cuanto a defoliadores, menciona a *Lymantria dispar*, *Tortrix viridana*, *Euproctis chrysorrhoea*, *Malacosoma neustria* y *Periclista andrei*. Hace una descripción y resumen de las particularidades biológicas y reproductivas de cada una de ellas.

En cuanto a las medidas de control, menciona los tratamientos culturales de eliminación de árboles muertos, control biológico de defoliadores con *Bacillus thuringiensis* y colocación de trampas de feromonas.

**24 Torres-Vila, L.M., 2017. Reproductive biology of the great capricorn beetle, *Cerambyx cerdo* (Coleoptera: Cerambycidae): a protected but occasionally harmful species. Bulletin of Entomological Research, 1-13.**

Artículo científico publicado en la revista "Bulletin of Entomological Research" en 2017. En el artículo se estudian los rasgos reproductivos de *Cerambyx cerdo* en condiciones de laboratorio. Para ello, se analizaron parámetros como la longitud del cuerpo, la fecundidad, la fertilidad, el período de oviposición y la longevidad. La fecundidad estuvo positivamente correlacionada con el tamaño, longevidad y período de oviposición de las hembras. El tamaño de los huevos estuvo correlacionado con el tamaño de la hembra, pero el tamaño relativo de los huevos fue mayor en las hembras más pequeñas. La eclosión fue superior en los huevos más grandes y el tamaño de los neonatos se correlacionó positivamente con el volumen de los huevos. Las hembras fueron poliándricas (hasta 19 apareamientos), pero el apareamiento múltiple no mejoró la fecundidad ni la fertilidad. La longevidad de los machos no estuvo relacionada con el tamaño corporal. Los machos fueron poligínicos (hasta 16 apareamientos) y el número de apareamientos no afectó a su longevidad. En general, las hembras fueron más grandes y vivieron más que los machos. Los rasgos reproductivos de *Cerambyx cerdo* se comparan con los de otros cerambícidos, especialmente con *Cerambyx welensii*. Los autores concluyen que los resultados pueden ser valiosos para mejorar las medidas de protección/gestión de *Cerambyx cerdo* en las dehesas y otros bosques de robles.

**25 Torres-Vila, L.M., Mendiola-Díaz, F.J., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Á., 2017a. Dispersal differences of a pest and a protected *Cerambyx* species (Coleoptera: Cerambycidae) in oak open woodlands: a mark-recapture comparative study. Ecological Entomology 42, 18-32.**

Artículo científico publicado en la revista "Ecological Entomology" en 2016. El objetivo del artículo es profundizar en el conocimiento de la ecología, la demografía y el comportamiento de *Cerambyx welensii* y *Cerambyx cerdo* en bosques que albergan poblaciones mixtas, de forma que se pueda optimizar su gestión o protección. Para ello,



analizan los resultados de un estudio de recaptura sobre el comportamiento de vuelo y el potencial de dispersión de ambas especies en encinares abiertos. Los vuelos medios, las tasas de dispersión y los modelos de difusión fueron notablemente similares en ambas especies, lo que refleja una tendencia de baja dispersión y un comportamiento sedentario. Los adultos se desplazaron preferentemente hacia los árboles vecinos, mientras que los vientos predominantes no afectaron significativamente a los patrones de dispersión. Los resultados se analizan tratando de interpretar cómo estas diferencias ecológicas y de comportamiento pueden influir en la historia vital de ambas especies congéneres cuando cohabitan en una dehesa.

**26 Torres-Vila, L.M., Mendiola-Díaz, F.J., Sánchez-González, Á., 2018. Adult size and sex ratio variation of *Cerambyx welensii* (Coleoptera: Cerambycidae) in Mediterranean oak (Fagaceae) woodlands. *The Canadian Entomologist*, 1-13.**

Artículo científico publicado en la revista "The Canadian Entomologist" en 2018. En el artículo se examinan los factores que influyen en el tamaño de los adultos y las relaciones alométricas entre el sexo y la longitud/peso de los adultos de *Cerambyx welensii*. Los factores que afectaron en mayor medida al tamaño de los adultos fueron el sexo, las especies hospedadoras y la calidad de la madera, aunque se produjeron algunas interacciones entre ellas y las diferencias entre hospedadores fueron bajas. Los adultos recolectados en árboles más viejos y ramas más anchas fueron significativamente más grandes. El tamaño de los adultos no se vio afectado por la altitud, el aspecto o la densidad de población. En ambos sexos se observa una fuerte relación alométrica entre la longitud y el peso de los élitros y los adultos, siendo las hembras más pesadas que los machos y los machos más largos que las hembras cuando los adultos eran grandes. Los resultados se discuten desde una perspectiva evolutiva considerando el impacto potencial de *C. welensii* en la dinámica de la población y en los planes de gestión. Los adultos procedentes de robles caducifolios más viejos y sanos fueron más grandes que los producidos en otros escenarios forestales. Por tanto, el hecho de tener hembras más fecundas, machos más longevos y una descendencia de mayor tamaño, son rasgos que proporcionan una mejora en la salud de la población. Los autores concluyen que los factores ambientales que regulan el tamaño de los adultos de *C. welensii* deben ser considerados no sólo desde una perspectiva evolutiva, sino también por su impacto potencial en la dinámica de la población.

**27 Torres-Vila, L.M., Sanchez-González, Á., Ponce-Escudero, F., Martín-Vertedor, D., Ferrero-García, J.J., 2012. Assessing mass trapping efficiency and population density of *Cerambyx welensii* Küster by mark-recapture in dehesa open woodlands. *European Journal of Forest Research* 131, 1103-1116.**

Artículo científico publicado en la revista "European Journal of Forest Research" en 2012. El objetivo de este estudio es cuantificar las poblaciones adultas en el campo para evaluar el rendimiento potencial de la captura masiva como método de control de *C.*



*welensii*. Para ello, se utilizó un protocolo de recaptura mediante trampas de alimentación, que se complementó con algunas observaciones nocturnas y estudios de laboratorio adicionales. Los resultados confirman la captura masiva como un método de control adecuado para *C. welensii*, con una alta eficiencia de trampeo (70-81%). Los autores encontraron evidencias de que la mayoría de los adultos llegan a las trampas próximos a la emergencia. En el artículo se analiza el trampeo masivo como método de control que integra perspectivas conductuales y ecológicas y, aunque todavía no se ha realizado una validación de campo a gran escala, los autores concluyen que el trampeo masivo de campo a gran escala puede ser una herramienta adecuada para gestionar las poblaciones de *C. welensii* en las dehesas.

**28 Torres-Vila, L.M., Tschorsnig, H.-P., 2019. *Billaea adelpha* (Loew) (Diptera: Tachinidae) as a larval parasitoid of large oak-living cerambycids in Southwestern Spain. 32, 4-15.**

Artículo científico publicado en la revista "The Tachinid Times" en 2019. En este estudio se analizan resultados tanto de campo como de laboratorio, de los que se deduce que el taquinido *Billaea adelpha* es el principal parasitoide de larvas en la región de Extremadura. También se aportan algunos datos interesantes sobre la ecología y el comportamiento de la especie. Los autores concluyen que, a pesar de las bajas tasas de parasitismo observadas en los cerambycids que habitan en los robles, la gran variabilidad entre las muestras de larvas sugiere que este taquinido podría ejercer una presión parasitaria significativa en algunos casos.

**29 Torres-Vila, L.M., Zugasti-Martínez, C., Mendiola-Díaz, F.J., De-Juan-Murillo, J.M., Sánchez-González, Á., Conejo-Rodríguez, Y., Ponce-Escudero, F., Fernández-Moreno, F., 2017b. Larval assemblages of large saproxylic cerambycids in Iberian oak forests: wood quality and host preference shape resource partitioning. Population Ecology 59, 315-328.**

Artículo científico publicado en la revista "Population Ecology" en 2017. El artículo se centra en las siguientes especies: *Cerambyx welensii*, *Cerambyx cerdo* y *Prinobius yardi*. Los principales objetivos son: precisar su distribución biogeográfica, explorar la preferencia específica hacia los árboles hospedantes y su efecto en los conjuntos de larvas, investigar los patrones de distribución de las larvas y la amplitud de su nicho en función de la calidad de la madera, evaluar la densidad de población dentro de los árboles hospedadores y sus principales factores reguladores, y determinar la ocurrencia del reparto de recursos interespecíficos que explique la coexistencia de estas especies con los robles. La calidad de la madera y la preferencia del huésped fueron los principales factores de segregación de recursos interespecíficos. *Cerambyx welensii* apareció en mayor medida en la madera degradada del alcornoque, mientras que *Prinobius yardi* lo hizo en la madera degradada de la encina. En cuanto al nicho larvario, *Cerambyx welensii* apareció sobre todo en las ramas y *Cerambyx cerdo* en el tronco y la base del tronco. *Prinobius yardi* nunca apareció habitando robles caducifolios. Los



autores concluyen que los resultados pueden ser útiles para mejorar las prácticas de gestión forestal sostenible en los bosques abiertos de roble ibérico.

**30 Torres\_Vila, L.M., León, E.E., 2018. *Cerambyx scopolii* Fuessly, 1775 (Coleoptera: Cerambycidae) en Extremadura (España): primera cita para Badajoz y nuevos registros en Cáceres. Boletín de la SAE N° 28, 175-183.**

Nota cronológica publicada en el Boletín de la SAE en 2018. En este trabajo se actualiza la distribución conocida de *C. scopolii* en Extremadura (incluyendo la primera cita para la provincia de Badajoz) y se discuten algunos aspectos interesantes sobre su corología y biogeografía. Los autores concluyen que sus resultados, además de completar la distribución conocida de *C. scopolii* en Extremadura, sugieren que este longicornio podría mantener poblaciones relicticas y localizadas en el piso mesomediterráneo, en hábitats más xéricos y térmicos de lo esperado, como es el caso de los alcornocales luso-extremeños. Otros aspectos cruciales relativos a su distribución, abundancia poblacional, comportamiento, ecología y plantas hospedadoras en tales hábitats quedan por ser investigados.

**31 Vicente Calle, C., 2014. Evaluación del grado de afectación por larvas de " *Cerambyx welensii*" Küster 1846 (Col., Cerambycidae) del arbolado de las dehesas (" *Quercus suber*", L. y " *Q. rotundifolia*", Lam.) en Extremadura y su relación con algunas variables importantes del ecosistema.**

Tesis doctoral realizada en la Universidad de Extremadura en 2014. En esta tesis se evalúa la magnitud y extensión de los daños producidos por *Cerambyx welensii* sobre quercíneas en las dehesas de Extremadura y su evolución entre los años 1990 y 2007, además de analizar algunos de los posibles factores favorecedores de la plaga. Los muestreos llevados a cabo en los años 1990 (sobre 662 puntos distribuidos por toda Extremadura) y 2007 (sobre una selección de 120 de los puntos originales), tomando como referencia unidades de 30 árboles, revelan la existencia de una plaga ya en 1990, que se ha acentuado de forma extraordinaria y se ha extendido por prácticamente toda la región hasta alcanzar niveles preocupantes en 2007. Los principales factores que influyen en el grado de afectación de los árboles son su edad y la ubicación latitudinal, interviniendo de modo menos evidente otras variables, como la orografía, altitud o tipo de explotación. También se realizó un estudio morfométrico de una muestra de 452 imagos capturados en los alrededores de Badajoz entre los años 2007 y 2010. De las capturas realizadas se refleja una predominancia absoluta de la especie *Cerambyx welensii*, lo que induce a atribuirle mayoritariamente los daños en el arbolado. Los índices y parámetros morfométricos más relevantes, así como diversos coeficientes alométricos, permiten confirmar un claro dimorfismo sexual, especialmente en la longitud relativa de las antenas, que se manifiesta como el rasgo esencial para diferenciar los dos sexos.



**32 Viñolas, A., Vives, E., 2012. *Cerambyx cerdo*. W. AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.**

Ficha que forma parte de las "Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados", promovida por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), publicada en 2012. La ficha consta de una descripción general de la especie, su área de distribución, población, ecología, evaluación del estado de conservación, análisis y revisión de la información ecológica incluida en el formulario normalizado de datos, análisis de suficiencia red natura 2000 y recomendaciones para su conservación, entre las que destacan:

- Mejorar la coordinación entre administraciones públicas.
- Establecer controles sobre las poblaciones de la especie en aquellos casos, como el de las Islas Baleares, en los que *Cerambyx cerdo* causa graves daños en encinas maduras, constituyendo un grave problema de conservación del hábitat.
- Se considera necesario cambiar el nivel de protección de *C. cerdo* en la Península Ibérica, excluyendo a la especie de la Directiva Hábitats en este marco territorial.
- Evitar la manipulación del arbolado y su contaminación con plaguicidas.



# Resumen

## Xilófagos. Biología y comportamiento:

Existen varios trabajos que analizan la biología y el comportamiento de los principales insectos xilófagos:

Cerambícidos:

- *Cerambyx cerdo* (Viñolas y Vives 2012).
- *Cerambyx welensii* (López-Pantoja et al., 2008).
- *Prinobius myardi* (López-Pantoja et al., 2011).

Bupréstidos:

- *Coroebus florentinus* (Fürstenau et al., 2012).
- *Coroebus undatus* (Fürstenau et al., 2015).
- *Trachypteris picta* (Sallé 2016).

Como conclusiones más importantes destacan las siguientes:

Existen documentos que describen la especie *Cerambyx cerdo* de forma general incluyendo su área de distribución, población, ecología, evaluación del estado de conservación, análisis y revisión de la información ecológica incluida en el Formulario Normalizado de Datos Natura 2000 y recomendaciones para su conservación (Viñolas y Vives 2012). También hay estudios sobre los rasgos reproductivos de *Cerambyx cerdo* en condiciones de laboratorio en los que concluyen que, en general, las hembras fueron más grandes y vivieron más que los machos (Torres-Vila et al., 2017).

Algunos estudios profundizan en el conocimiento de la ecología, la demografía y el comportamiento de *Cerambyx welensii* y *Cerambyx cerdo* en bosques que albergan poblaciones mixtas, de forma que se pueda optimizar su gestión o protección. Los resultados muestran que los vuelos medios, las tasas de dispersión y los modelos de difusión fueron notablemente similares en ambas especies, lo que refleja una tendencia de baja dispersión y un comportamiento sedentario. Los adultos se desplazaron preferentemente hacia los árboles vecinos, mientras que los vientos predominantes no afectaron significativamente a los patrones de dispersión (Torres-Vila et al., 2017a). En otros estudios, *Cerambyx welensii* apareció en mayor medida en la madera degradada de alcornoque, mientras que *Prinobius yardi* lo hizo en la madera degradada de encina. En cuanto al nicho larvario, *Cerambyx welensii* apareció sobre todo en las ramas y *Cerambyx cerdo* en el tronco y la base del tronco. *Prinobius yardi* nunca apareció habitando robles caducifolios (Torres-Vila et al., 2017b). Los factores ambientales que regulan el tamaño de los adultos de *Cerambyx welensii* deben ser considerados no sólo desde una perspectiva evolutiva, sino también por su impacto potencial en la dinámica de la población (Torres-Vila et al., 2018). En cuanto a *Prinobius myardi*, se observa un comportamiento sedentario en los machos un comportamiento más fluido y menos sedentario en las hembras (López-Pantoja et al., 2011).



La detección (especialmente durante el inicio del vuelo diario de los insectos) de ciertos compuestos (por ejemplo, el limoneno), junto con la detección de proporciones específicas de varios monoterpenos (por ejemplo, las de limoneno con respecto a los compuestos de tipo pineno), tiene un papel importante en la selección intraespecífica de huéspedes por parte de *Cerambyx welensii* (Sánchez-Osorio et al., 2019). También es importante estudiar la tasa de supervivencia aparente y la tasa de recaptura de las poblaciones de *Cerambyx welensii* (López-Pantoja et al., 2008).

El taquinido *Billaea adelpha* es el principal parasitoide de larvas en la región de Extremadura. A pesar de las bajas tasas de parasitismo observadas en los cerambícidos que habitan en los robles, la gran variabilidad entre las muestras de larvas sugiere que este taquinido podría ejercer una presión parasitaria significativa en algunos casos (Torres-Vila et al., 2019).

### **Xilófagos. Sistemas de seguimiento y control:**

Existen varios trabajos que analizan las estrategias de control y seguimiento de los cerambícidos en la dehesa (Carbonero et al., 2019). Más concretamente, De Zan et al. (2017) analiza los diferentes métodos de seguimiento de *Cerambyx cerdo* con el fin de desarrollar un protocolo rápido y replicable para su conservación, y Casula (2017) propone el método de la "ciencia ciudadana" para mejorar su seguimiento.

En cuanto a los bupréstidos, los diferentes sistemas de control de *Coraeus florentinus* se analizan en Cárdenas et al. (2012) y los de *Coroebus undatus* en Fürstenau et al. (2015). Gallardo et al. (2018) Analizan el efecto de la poda selectiva de ramas dañadas de especies de *Quercus* para controlar la población de *Coraeus florentinus*.

La principal medida de control consiste en una buena gestión que mantenga al arbolado en un estado de salud favorable. Es recomendable comenzar la formación del arbolado, en el caso del alcornoque, por ejemplo, a una edad temprana, con 4 o 5 años; no realizar podas de mantenimiento o producción una vez finalizada la formación, excepto aquellas de carácter fitosanitario; evitar daños durante el descorche y evitar labores que realicen daños al tronco y raíces del arbolado (Murillo et al., 2020).

El trampeo masivo de campo a gran escala puede ser una herramienta adecuada para gestionar las poblaciones de *Cerambyx welensii* en las dehesas (Torres-Vila et al., 2012). Las mezclas químicas que imitan los olores de la fermentación son atractivas para *Cerambyx welensii* y suponen un avance para la optimización de las estrategias de trampeo para para su control en un marco de gestión integrada de plagas (Sánchez-Osorio et al., 2016).

Se han desarrollado modelos de fenología de grados-día para predecir el periodo de vuelo de *Cerambyx welensii* y *Prinobius myardi*. La simplicidad del método propuesto para calcular las constantes térmicas y los pequeños errores con los que se pueden estimar permiten el uso generalizado de estos modelos para gestionar eficazmente las poblaciones de los dos cerambícidos xilófagos estudiados (López-Pantoja et al., 2016).

Dentro del análisis de la influencia de la gestión y los factores ambientales en el ataque de los insectos, los resultados más importantes concluyen que un rodal con una alta diversidad de edades puede reducir la frecuencia de los defoliadores y orugas, así como el ataque de



los barrenadores de ramas. Además, una alta diversidad en los bosques puede contribuir a reducir el impacto de los defoliadores sobre los alcornoques (por ejemplo, las moscas de sierra) y una reducción del sotobosque puede disminuir la exposición de los árboles a dichos defoliadores. Por otro lado, la fragmentación del bosque puede aumentar la frecuencia de los defoliadores y de las orugas. Esto conlleva a que las plagas de insectos tienen una alta incidencia en los rodales de alcornoques y, por tanto, pueden tener un papel importante en su declive. Teniendo en cuenta que una alta frecuencia de plagas suele estar asociada con el aumento de la intensidad de la gestión, se necesita urgentemente un cambio hacia un uso más sostenible de estos sistemas (Pereira et al., 2019).

### **Xilófagos. Análisis de la distribución y la evolución de las especies:**

Hay estudios que afirman que existe una predominancia absoluta de la especie *Cerambyx welensii* sobre las quercíneas de las dehesas de Extremadura, lo que induce a atribuirle mayoritariamente los daños en el arbolado (Vicente Calle et al., 2014). También se observa una amplia distribución de *Coraebus undatus* y un alto porcentaje de robles infestados (>70%) en casi todos los alcornocales del sur de España (Jiménez et al., 2012). El estudio de Torres-Vila et al. (2018) completa la distribución conocida de *Cerambyx scopolii* en Extremadura y sugiere que este longicornio podría mantener poblaciones relicticas y localizadas en el piso mesomediterráneo, en hábitats más xéricos y térmicos de lo esperado, como es el caso de los alcornocales luso-extremeños.

El hábitat potencial de los escarabajos xilófagos podría aumentar bajo futuros escenarios climáticos, lo que podría potenciar la dispersión, colonización y establecimiento de nuevas poblaciones de escarabajos xilófagos en Andalucía (Duque-Lazo et al., 2017). Concretamente Cárdenas et al (2012 y 2018) prevén un aumento de los daños de *Coraebus florentinus* bajo la perspectiva de un escenario futuro de calentamiento y el decaimiento de los robles por la pérdida de vigor debido a la mayor aridez del suelo.

### **Defoliadores. Especies, daños y tratamientos**

Los principales insectos defoliadores de encinas y alcornoques son por *Lymantia dispar*, *Tortrix viridana*, *Euproctis chrysorrhoea*, *Malacosoma neustria* y *Periclista andrei* (Tiberi, Branco, Bracalini, Croci, & Panzavolta, 2016). Los daños causados son defoliaciones como consecuencia de la alimentación de las orugas de las hojas del arbolado, pudiendo reconocer a los individuos en su estado de puesta, larvario o adulto (Branco, Bragança, Sousa, & Phillips, 2014). En estos casos, los daños solo llegan a ser importantes cuando la eclosión de los individuos llega a plaga ocasionando graves defoliaciones, limitaciones en el crecimiento y producción de bellota (Murillo Vilanova et al., 2021).

En cuanto a los tratamientos, se tienen diversos medios de actuación centrados en el control integrado de Lagarta peluda (*Lymantia dispar*) aunque son extrapolables al resto de defoliadores.

- Colocación de nidales: Se colocan 5 cajas anidaderas por ha, en grupos de 5 nidales en unos puntos que se determinan mediante una cuadrícula con dirección N-S y E-O de dimensión 100x100m, obteniéndose de este modo 5 nidales/ha. La época de colocación más adecuada es el otoño (septiembre, octubre, noviembre). Se



recomienda colocarlos en el interior de la masa de forma dispersa para minimizar la sustracción, teniendo en cuenta también la accesibilidad para su seguimiento. El nidal se coloca en un lugar protegido contra el mal tiempo donde no esté expuesto a aguas y vientos dominantes, no se colocan, por tanto, en árboles aislados.

- Tratamiento de colocación de cajas de feromonas: Se coloca una trampa de feromona de tipo "G" cada 100 metros, en los caminos circundantes a la ubicación de la trampa testigo sobre la que se debe de realizar la intensificación o Re intensificación para el control de la población de lagarta peluda. En el caso de que se realice la colocación de trampas de feromonas como medida complementaria a un tratamiento aéreo, las cajas se sitúan a lo largo de los caminos principales y carreteras secundarias en toda la superficie ejecutada del tratamiento. Las trampas deben de colocarse durante la primera quincena de junio y no deben recogerse hasta principios de noviembre. Una vez pasado el periodo de vuelo de la mariposa se recogerá la trampa. De esta manera se prevé que la colocación pueda realizarse con suficiente antelación como para que las trampas estén colocadas antes de que vuelen las primeras mariposas.
- Tratamiento terrestre U.L.V.: Los tratamientos mediante el uso del cañón pulverizador consisten en el tratamiento lineal en bandas de zonas transitables donde es necesario mantener controlada la plaga y se emplea este tipo de tratamiento dada la disposición del foco. Se recomienda que el alcance del equipo será de al menos 25 metros y la fecha de aplicación aquella que coincida con la máxima presencia de la plaga en fase L1.
- Tratamiento aéreo U.L.V.: El tratamiento se realiza mediante la aplicación aérea con aeronaves de ala fija en un solo pase y mediante atomizadores tipo Micronair AU-5000 o similar, de manera que, el diámetro medio de la gota será de 125 micras. El nº de atomizadores a colocar en las aeronaves será de 8. La altura de vuelo aconsejable no será superior a 10 metros sobre las copas de los árboles en condiciones idóneas de tratamiento. No obstante, y en función de las características del bloque a tratar, esta altura podrá ser modificada. Se aplicará en la misma fecha que los tratamientos terrestres y siempre que las condiciones meteorológicas lo permitan.
- El producto a utilizar es un inhibidor de crecimiento con sustancias que actúan por ingestión al interferir en el mecanismo de formación de la quitina, impidiendo la muda. La materia activa es diflubenzurón 1.5% p/v UL, y el producto se aplica una dosis de 3 litros /ha (Junta de Andalucía, 2000).

### Sésidos. Especies, daños y tratamientos

Los sésidos son una familia de Lepidópteros cuyo aspecto que recuerda a las avispas por sus alas semitransparentes y su esquema de colores. Las larvas de estas especies son habitualmente consumidoras de madera o perforadoras de raíces, siendo así plagas de árboles. Las larvas se alimentan del cambium de árboles, debilitándolos llegando incluso a matarlas si la infestación es alta. Las especies más comunes que afectan a encinas y alcornoques son: *Paranthrene insolita hispanica*, *Synanthedon conopiformis*, *Synanthedon vespiformis* Linnaeus, *Synanthedon codeti* (González, Barrero, Bañuls, & Muñoz, 2014; Murillo Vilanova et al., 2021).



Los daños que se describen son galerías longitudinales, ascendentes desde la base del tronco, preferentemente afectando al cambium, patentes desde el exterior por un colapso de la corteza y presencia de abundantes exudaciones (Murillo Vilanova et al., 2021).

No existen tratamiento específicos pero recomendados en otras especies son Deltametrina 2,5% o trampas con feromonas. En cuanto al control integrado se pueden usar hongos entomopatógenos y barrenas físicas (González et al., 2014).



# Revisión bibliográfica

Operaciones sobre el arbolado.  
Hongos y seca.



**Interreg**  
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA

**PRODEHESA**  
**MONTADO**



Coordinado por:



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
DE EXTREMADURA

Fecha

Febrero de 2021

## Índice

Listado bibliográfico .....	1
Síntesis de las publicaciones revisadas .....	6
Resumen .....	26



### Listado bibliográfico

1. Batista, E., Lopes, A., & Alves, A. (2020). Botryosphaeriaceae species on forest trees in Portugal: diversity, distribution and pathogenicity. *European Journal of Plant Pathology*, 158(3), 693-720. doi:10.1007/s10658-020-02112-8
2. Branco, M., Bragança, H., Sousa, E., & Phillips, A. J. L. (2014). Pests and Diseases in Portuguese Forestry: Current and New Threats. In F. Reboredo (Ed.), *Forest Context and Policies in Portugal: Present and Future Challenges* (pp. 117-154). Cham: Springer International Publishing.
3. Camilo-Alves, C., da Clara, M. I. E., & de Almeida Ribeiro, N. M. C. (2013). Decline of Mediterranean oak trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. *European Journal of Forest Research*, 132(3), 411-432. doi:10.1007/s10342-013-0688-z
4. Cardillo, E., Abad, E., & Meyer, S. (2021). Iberian oak decline caused by *Phytophthora cinnamomi*: A spatiotemporal analysis incorporating the effect of host heterogeneities at landscape scale. *Forest Pathology*, n/a(n/a), e12667. doi:https://doi.org/10.1111/efp.12667
5. Cardillo, E., Acedo, A., & Abad, E. (2018). Topographic effects on dispersal patterns of *Phytophthora cinnamomi* at a stand scale in a Spanish heathland. *PLOS ONE*, 13(3), e0195060. doi:10.1371/journal.pone.0195060
6. Corcobado, T., Solla, A., Madeira, M. A., & Moreno, G. (2013). Combined effects of soil properties and *Phytophthora cinnamomi* infections on *Quercus ilex* decline. *Plant and Soil*, 373(1), 403-413. doi:10.1007/s11104-013-1804-z
7. Duque-Lazo, J., Navarro-Cerrillo, R. M., van Gils, H., & Groen, T. A. (2018). Forecasting oak decline caused by *Phytophthora cinnamomi* in Andalusia: Identification of priority areas for intervention. *Forest Ecology and Management*, 417, 122-136. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.02.045
8. Encinas-Valero, M., Esteban, R., Hereş, A.-M., Becerril, J. M., García-Plazaola, J. I., Artexe, U., Yuste, J. C. (2021). Photoprotective compounds as early-markers to predict holm oak crown defoliation in declining Mediterranean savannahs. *Tree Physiology*. doi:10.1093/treephys/tpab006
9. Fernández-Habas, J., Fernández-Rebollo, P., Casado, M. R., García Moreno, A. M., & Abellanas, B. (2019). Spatio-temporal analysis of oak decline process in open woodlands: A case study in SW Spain. *Journal of Environmental Management*, 248, 109308. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109308



10. González, M., Caetano, P., & Sánchez, M. E. (2017). Testing systemic fungicides for control of *Phytophthora* oak root disease. *Forest Pathology*, e12343-n/a. doi:10.1111/efp.12343
11. González, M., Romero, M.-Á., Serrano, M.-S., & Sánchez, M.-E. (2020). Fosetyl-aluminium injection controls root rot disease affecting *Quercus suber* in southern Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 156(1), 101-109. doi:10.1007/s10658-019-01865-1
12. Henriques, J. M. C. (2015). Charcoal canker (*Biscogniauxia mediterranea*) in cork oak decline in Portugal.
13. Hernández-Lambraño, R. E., de la Cruz, D. R., & Sánchez-Agudo, J. Á. (2019). Spatial oak decline models to inform conservation planning in the Central-Western Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management*, 441, 115-126. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.028
14. Hernández-Lambraño, R. E., González-Moreno, P., & Sánchez-Agudo, J. Á. (2018). Environmental factors associated with the spatial distribution of invasive plant pathogens in the Iberian Peninsula: The case of *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Forest Ecology and Management*, 419-420, 101-109. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.026
15. Junta de Andalucía. (2016a). El decaimiento y la podredumbre radical en las dehesas andaluzas. LIFE BioDehesa
16. Junta de Andalucía. (2016b). Manual de Diagnóstico Fitosanitario. LIFE BioDehesa
17. Junta de Andalucía. (2016c). Podredumbre radical, descripción y control aplicado a los ecosistemas de dehesas. LIFE BioDehesa
18. Junta de Andalucía. (2016d). Protocolo de aislamiento de *Phytophthora cinnamomi* y *Pythium spiculum*. LIFE BioDehesa
19. Junta de Andalucía. (2016e). Protocolo para el diagnóstico del decaimiento en la explotación de dehesa. LIFE BioDehesa
20. López-Sánchez, A., & Perea, R. (2020). The use of biological liquid fertilizers against oak decline associated with *Phytophthora* spp. *New Forests*. doi:10.1007/s11056-020-09818-x
21. Manzano, M., Belvis, G., Folgueiras, R., & Prieto, J. (2016). Evolución de la densidad arbolada de las masas de *Quercus* afectadas por seca en Extremadura desde 1957 hasta 2013. *Foresta*, 66, 52-57.



22. Mora-Sala, B., Abad-Campos, P., & Berbegal, M. (2018). Response of *Quercus ilex* seedlings to *Phytophthora* spp. root infection in a soil infestation test. *European Journal of Plant Pathology*. doi:10.1007/s10658-018-01650-6
23. Moreira, A. C., Tapias, R., Fernandes, L., & Rodrigues, A. (2018). Field susceptibility of cork oak trees with different provenances to *Phytophthora cinnamomi*. *Forest Pathology*, 0(0), e12461. doi:10.1111/efp.12461
24. Moreno, G., Vivas, M., Pérez, A., Cubera, E., Madeira, M., & Solla, A. (2009). Soil properties linked to *Phytophthora cinnamomi* presence and oak decline in Iberian dehesas. Paper presented at the European Geoscience Union, Viena (Austria).
25. Moricca, S., Linaldeddu, B. T., Ginetti, B., Scanu, B., Franceschini, A., & Ragazzi, A. (2016). Endemic and Emerging Pathogens Threatening Cork Oak Trees: Management Options for Conserving a Unique Forest Ecosystem. *Plant Disease*, 100(11), 2184-2193. doi:10.1094/PDIS-03-16-0408-FE
26. Murillo Vilanova, M., Montero Calvo, A. J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., & Santiago Beltrán, R. (2021). *Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornocales en Extremadura*. Mérida (Badajoz): Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Junta de Extremadura.
27. Navarro-Cerrillo, R. M., Varo-Martínez, M. Á., Acosta, C., Palacios Rodríguez, G., Sánchez-Cuesta, R., & Ruiz Gómez, F. J. (2019). Integration of WorldView-2 and airborne laser scanning data to classify defoliation levels in *Quercus ilex* L. Dehesas affected by root rot mortality: Management implications. *Forest Ecology and Management*, 451, 117564. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117564
28. Ríos, P., González, M., Obregón, S., Carbonero, M.-D., Leal, J.-R., Fernández, P., . . . Sánchez, M.-E. (2018). Brassica -based seedmeal biofumigation to control *Phytophthora cinnamomi* in the Spanish "dehesa" oak trees (Vol. 56).
29. Ríos, P., Obregón, S., González, M., de Haro, A., & Sánchez, M. E. (2016). Screening brassicaceous plants as biofumigants for management of *Phytophthora cinnamomi* oak disease. *Forest Pathology*, 46(6), 652-659. doi:10.1111/efp.12287
30. Rodríguez-Molina, M. C., Fernández-Rebollo, P., Serrano-Pérez, P., De Santiago, A., Hidalgo-Fernández, M. T., & Campos-Navarro, F. J. (2021). Biofumigation with Brassica seed-based products combined with calcium carbonate to control *Phytophthora cinnamomi* root rot in cork and holm oaks. *European Journal of Plant Pathology*. doi:10.1007/s10658-020-02175-7



31. Romero Martín, M. Á. (2012). Etiología, epidemiología y control del chancro de los *Quercus* causado por *Botryospaheria* spp.
32. Romero, M. A., González, M., Serrano, M. S., & Sánchez, M. E. (2019). Trunk injection of fosetyl-aluminium controls the root disease caused by *Phytophthora cinnamomi* on *Quercus ilex* woodlands. *Annals of Applied Biology*, 0(0). doi:10.1111/aab.12503
33. Ruiz-Gómez, F. J., Pérez-de-Luque, A., & Navarro-Cerrillo, R. M. (2019). The Involvement of *Phytophthora* Root Rot and Drought Stress in Holm Oak Decline: from Ecophysiology to Microbiome Influence. *Current Forestry Reports*. doi:10.1007/s40725-019-00105-3
34. Sánchez-Cuesta, R., Navarro-Cerrillo, R. M., Quero, J. L., & Ruiz-Gómez, F. J. (2020). Small-Scale Abiotic Factors Influencing the Spatial Distribution of *Phytophthora cinnamomi* under Declining *Quercus ilex* Trees. *Forests*, 11(4), 375.
35. Sánchez-Cuesta, R., Ruiz-Gómez, F. J., Duque-Lazo, J., González-Moreno, P., & Navarro-Cerrillo, R. M. (2021). The environmental drivers influencing spatio-temporal dynamics of oak defoliation and mortality in dehesas of Southern Spain. *Forest Ecology and Management*, 485, 118946. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118946
36. Serrano, M., De Vita, P., Fernández-Rebollo, P., & Sánchez Hernández, M. (2012). Calcium fertilizers induce soil suppressiveness to *Phytophthora cinnamomi* root rot of *Quercus ilex*. *European Journal of Plant Pathology*, 132(2), 271-279. doi:10.1007/s10658-011-9871-6
37. Serrano, M. S., De Vita, P., Carbonero, M. D., Fernández, F., Fernández-Rebollo, P., & Sánchez, M. E. (2012). Susceptibility to *Phytophthora cinnamomi* of the commonest morphotypes of Holm oak in southern Spain. *Forest Pathology*, 42(4), 345-347. doi:10.1111/j.1439-0329.2011.00758.x
38. Serrano, M. S., De Vita, P., Fernández-Rebollo, P., & Sánchez, M. (2011). Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos III: efecto de la aplicación al suelo de fertilizantes cálcicos y potásicos. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 37.
39. Serrano, M. S., Fernandez-Rebollo, P., De Vita, P., Carbonero, M. D., Trapero, A., & Sanchez, M. E. (2010). *Lupinus luteus*, a new host of *Phytophthora cinnamomi* in Spanish oak-rangeland ecosystems. *European Journal of Plant Pathology*, 128(2), 149-152. doi:10.1007/s10658-010-9652-7



40. Serrano, M. S., Ríos, P., González, M., Romero, M. Á., Fernández, P., & Sánchez, M. E. (2017). A review of integrated control of *Phytophthora* root rot in oak rangeland ecosystems. *IOBC-WPRS Bulletin*, 127, 139-146.
41. Serrano, M. S., Romero, M. A., Jiménez, 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: An International Journal of Forest Research*, 88(4), 500-507. doi:10.1093/forestry/cpv016
42. Solla, A., García, L., Pérez, A., Cordero, A., Cubera, E., & Moreno, G. (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(4), 303-316. doi:10.1007/s12600-009-0042-7
43. Wilkening, J. V., Cardillo, E., Abad, E., & Thompson, S. E. (2021). Saturation excess overland flow accelerates the spread of a generalist soil-borne pathogen. *Journal of Hydrology*, 593, 125821. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125821



### Síntesis de las publicaciones revisadas

**1 Batista, E., Lopes, A., & Alves, A. (2020). Botryosphaeriaceae species on forest trees in Portugal: diversity, distribution and pathogenicity. European Journal of Plant Pathology, 158(3), 693-720. doi:10.1007/s10658-020-02112-8.**

Artículo científico publicado en la revista "European Journal of Plant Pathology" en el año 2020. Como objetivo general tiene identificar la distribución e identidad de los hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* asociados a *Quercus suber*, *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*, así como sus hospedantes en Portugal. Se muestrearon ramas de árboles con síntomas. En relación a los alcornoques, se encontró que son altamente susceptibles a *Neofusicoccum parvum* presentando niveles de mortalidad del 100% después de 10 días de inoculación; en cambio para *N. eucalyptorum* la mortalidad del 100% se registró a los 15 días desde la inoculación. Este estudio revela la severidad de estos hongos hospedantes en el Alcornoque.

**2 Branco, M., Bragança, H., Sousa, E., & Phillips, A. J. L. (2014). Pests and Diseases in Portuguese Forestry: Current and New Threats. In F. Reboledo (Ed.), Forest Context and Policies in Portugal: Present and Future Challenges (pp. 117-154). Cham: Springer International Publishing.**

Capítulo Número 5 del libro "Forest Context and Policies in Portugal: Present and Future Challenges" titulado "Pests and Diseases in Portuguese Forestry: Current and New Threats" publicado en el año 2014.

El capítulo posee siete epígrafes, en este caso nos centraremos en el epígrafe 5.3 "Evergreen Oak Forest", concretamente en el 5.3.3 "Diseases caused by Fungi".

En el epígrafe 5.3.3 "Diseases caused by Fungi" obviaremos la parte relacionada con hongos de podredumbre radical, centrándonos en los hongos que ocasionan chancros, de los que destaca *Diplodia corticola*. *D. corticola* puede afectar a plantas de diferentes edades. Los síntomas de la enfermedad incluyen clorosis, muerte regresiva, pérdida de masa foliar, chancros de ramas y troncos, grietas de la corteza y necrosis vascular, por lo que sus síntomas se pueden confundir con los de *Phytophthora cinnamomi*.

Como tratamientos químicos protectores tras el descoches menciona: benomil, carbendazim, ciprodinil + fludioxonil, tiabendazol y tiofanato-metilo.

**3 Camilo-Alves, C., da Clara, M. I. E., & de Almeida Ribeiro, N. M. C. (2013). Decline of Mediterranean oak trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. European Journal of Forest Research, 132(3), 411-432. doi:10.1007/s10342-013-0688-z**



Revisión científica sobre el decaimiento de *Quercus* y su relación con *Phytophthora cinnamomi* publicado en la revista "European Journal of Forest Research" en el año 2013. El objetivo de esta revisión fue analizar la relación entre *P. cinnamomi* y el decaimiento de *Quercus* analizando encuestas de campo y estudios de patogenicidad, además de otros estudios que relacionan el decaimiento de *Quercus* y otros factores distintos de *P. cinnamomi* en el sur de Europa.

En el estudio los autores hacen una revisión del estado del arte repasando los principales puntos del decaimiento: síntomas, relación sobre el estado fitosanitario de encinas y alcornoques y la distribución de *P. cinnamomi*, patogenicidad de plantones, relación entre el decaimiento de *Quercus* y las características de sitio, y métodos de control.

Como conclusiones, se obtienen que el decaimiento de *Quercus* es un fenómeno multifactorial que involucra a diversos factores, por lo que es complejo ya que la causa principal de la muerte puede estar enmascarada por otro agente causal. *P. cinnamomi* puede actuar como agente causal desencadenante y actuar junto a otros agentes causales como compactación de suelo, suelos poco profundos, sequía, encharcamiento y otros agentes. El oomiceto actúa eliminando las raíces pequeñas adsorbentes, produciendo una progresiva o abrupta defoliación.

En relación a los tratamientos, se centra en los tres aspectos principales eliminación/reducción del patógeno del suelo, limitar su dispersión y posibles hospedantes, y reducir las condiciones favorables para su propagación e infección.

**4 Cardillo, E., Abad, E., & Meyer, S. (2021). Iberian oak decline caused by *Phytophthora cinnamomi*: A spatiotemporal analysis incorporating the effect of host heterogeneities at landscape scale. *Forest Pathology*, n/a(n/a), e12667. doi:<https://doi.org/10.1111/efp.12667>**

Artículo publicado en la revista "Forest Pathology" en el año 2021. En él se propone un censo de focos de decaimiento mediante monitoreo con imágenes satélites de los últimos 35 años. Se aplica un modelo espacio temporal de análisis puntual para estimar la influencia de la vegetación circundante/hospedante. Los resultados muestran que aquellas zonas a menos de 250 m de distancia de los focos son susceptibles de ser infectadas; siendo las zonas adeshas menos propensas a la aparición de focos que las zonas matorralizadas o boscosas (mayor densidad arbórea). Los resultados podrán permitir definir el rango de actuación en las medidas de control, destacando aquellas medidas encaminadas a mejorar el estado del arbolado como clareos, controlar la diversidad de especies y la abundancia de matorrales hospedantes.

**5 Cardillo, E., Acedo, A., & Abad, E. (2018). Topographic effects on dispersal patterns of *Phytophthora cinnamomi* at a stand scale in a Spanish heathland. *PLOS ONE*, 13(3), e0195060. doi:[10.1371/journal.pone.0195060](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195060)**



Artículo publicado en la revista "Plos One" en el año 2018. En él se estudia el patrón de distribución topográfico de *Phytophthora cinnamomi* a partir de focos de incidencia sobre *Erica umbellata*; para ello se utilizaron un set de variables topográficas como elevación, pendientes, orientación, índices topográficos de posición y distancia (establos, pastizales, regueros, otros focos). En las zonas llanas los nuevos focos presentaron una distribución circular con una tasa de dispersión baja, mientras que aquellos localizados en pendientes presentaron una distribución parabólica y una tasa de dispersión rápida. Por tanto, se concluyó que la dirección del eje mayor de la parábola estaba relacionada con la orientación mientras que el eje menor con la curvatura y pendientes. Los nuevos focos desarrollados estaban relacionados con zonas de mayor infección y más pastoreados.

Los resultados muestran que la dispersión ocurre cuando se produce contacto entre las raíces y las corrientes de agua, que los nuevos focos además están asociados a la dispersión por otros agentes y que la forma y la distribución de los focos están condicionados por la topografía.

**6 Corcobado, T., Solla, A., Madeira, M. A., & Moreno, G. (2013). Combined effects of soil properties and *Phytophthora cinnamomi* infections on *Quercus ilex* decline. *Plant and Soil*, 373(1), 403-413. doi:10.1007/s11104-013-1804-z**

Artículo publicado en la revista "Plant Soil" en el año 2013. Con el objetivo de determinar la influencia de las propiedades del suelo en la vitalidad de *P. cinnamomi*, se tomaron muestras de profundidad de suelo, espesor del horizonte de materia orgánica (Ah), textura, pH, densidad aparente, potencial de oxidación, contenido en nitrato amónico y nitritos en parcelas infectadas y no infectadas. Los resultados arrojaron mayor mortalidad en parcelas con baja densidad aparente, con un número mayor de pies infectados. Otras zonas con mayores pies infectados fueron aquellas con suelos pesados (composición del suelo con un elevado porcentaje de granulometría fina), con un horizonte profundo de materia orgánica (lo que está relacionado con una mayor humedad del suelo), y mayor ratio nitritos/amonios. Aquéllas propiedades del suelo relacionadas con el pastoreo no parecen influir directamente con la mortalidad de las encinas.

**7 Duque-Lazo, J., Navarro-Cerrillo, R. M., van Gils, H., & Groen, T. A. (2018). Forecasting oak decline caused by *Phytophthora cinnamomi* in Andalusia: Identification of priority areas for intervention. *Forest Ecology and Management*, 417, 122-136. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.02.045**

Artículo publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en el año 2018. En él se estudia la distribución espacial de probabilidad de ocurrencia de *P. cinnamomi* en Andalucía mediante modelos de distribución de especies. Se determinan las principales variables ambientales (climáticas, topográficas, edáficas y cobertura de arbolado)



influyentes en su distribución, tanto independientemente como conjuntas. Los resultados son clasificados en zonas de riesgo dando recomendaciones de manejo de acuerdo al mismo.

Se determinó que los factores combinados de cobertura arbórea, clima y variables topográficas son los que mejor predicen la probabilidad de ocurrencia de *P. cinanamomi*. No obstante, los modelos construidos solo con las variables edáficas presentaron la mejor correlación con la ocurrencia. Las medidas de control fueron clasificadas según la probabilidad de ocurrencia y relacionadas con control de la dispersión y de la infección.

**8 Encinas-Valero, M., Esteban, R., Hereş, A.-M., Becerril, J. M., García-Plazaola, J. I., Artexe, U., Yuste, J. C. (2021). Photoprotective compounds as early-markers to predict holm oak crown defoliation in declining Mediterranean savannahs. *Tree Physiology*. doi:10.1093/treephys/tpab006**

El estudio fue publicado en la revista "tree physiology" en el año 2021. En él se analizan los cambios bioquímicos desarrollados por las encinas afectadas por la seca. Se fundamenta en que, antes de perder las hojas, las encinas experimentan ajustes fisiológicos a nivel de hoja. Estos cambios pueden representar un prometedor avance para desarrollar marcadores bioquímicos para la detección temprana de la Seca. Se estudiaron las respuestas fotoprotectoras (pigmentos y tocoferoles, y rendimiento fotosintético) en 144 encinas con diferentes niveles de defoliación, desde sanos hasta la primera etapa de decaimiento. Los resultados indican una diferencia en el rendimiento fotoquímico y en los compuestos fotoprotectores en función del estado de decaimiento (defoliación). Los árboles en estado de decaimiento mostraron mayor rendimiento de disipación de energía, menor eficiencia fotoquímica y de los compuestos fotoprotectores. En cuanto a los pigmentos, los cambios en el contenido de xantofilas y tocoferoles en las hojas fueron significativos incluso antes que se mostraran las primeras etapas de la defoliación. Dado que los síntomas visuales de declive aún no eran evidentes, se respalda el valor de estos compuestos bioquímicos como marcadores tempranos de estrés.

El análisis de la modelización realizada mostró una respuesta acusada, tanto en el índice de rendimiento de la fotosíntesis como en la concentración de tocoferoles foliares, durante el primer estadio de decaimiento, mientras que el VAZ mostró una respuesta gradual con el grado de defoliación. Estos resultados demuestran que una vez que un cierto umbral de daño fisiológico en la hoja; el árbol no puede contrarrestar el estrés oxidativo y la pérdida progresiva de hojas.

Como conclusión, el uso de índices de estos índices previsuales pueden servir de herramienta para el diagnóstico del decaimiento de la encina previo a que los daños sean irreparables.



**9 Fernández-Habas, J., Fernández-Rebollo, P., Casado, M. R., García Moreno, A. M., & Abellanas, B. (2019). Spatio-temporal analysis of oak decline process in open woodlands: A case study in SW Spain. *Journal of Environmental Management*, 248, 109308. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109308>**

Artículo publicado en "*Journal of Environmental Management*" en el año 2019. En él se analiza espacio-temporalmente la evolución a escala de paisaje de focos de decaimiento forestal localizados por fotointerpretación y análisis de índices de distancia (point patterns analysis). Se encontró una disminución del patrón de agrupamiento en zonas infectadas, siendo esta disminución dependiente de la distancia lo que sugiere un patrón de contagio árbol-árbol. Pendiente y distancia a reforestación fueron las variables con mayor relación con la infección, sugiriendo estas últimas como fuente de infección. A escala de paisaje factores antrópicos y contenidos de agua en suelo fueron los más relevantes. Este estudio espacio-temporal del patrón de distribución ayudará a la realización de planes de gestión.

**10 González, M., Caetano, P., & Sánchez, M. E. (2017). Testing systemic fungicides for control of *Phytophthora* oak root disease. *Forest Pathology*, e12343-n/a. doi:10.1111/efp.12343**

Comunicación corta publicada en la revista "*Forest Pathology*" en el año 2017. Se prueba la eficacia del fotesil aluminio como alternativa al fostato potásico, recientemente prohibido en España como fertilizante. Se realizaron pruebas in vitro y en planta alcanzando el 75% de eficacia en la inhibición del crecimiento radial de las colonias de oomicetos. Por ello, presenta al acilalanina como alternativa para el control de *P. cinamomi* en zonas adehesadas.

**11 González, M., Romero, M.-Á., Serrano, M.-S., & Sánchez, M.-E. (2020). Fosetyl-aluminium injection controls root rot disease affecting *Quercus suber* in southern Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 156(1), 101-109. doi:10.1007/s10658-019-01865-1**

Artículo publicado en la revista "*European Journal of Plant Pathology*" en el año 2020. En él se presentan los resultados de un experimento de inyecciones de fotesil aluminio en tronco de 60 alcornoques con diferentes grados de defoliación para demostrar su eficacia en la prevención de la Seca. Se inyectaron árboles con diferentes grados de defoliación (asintomáticos, poco defoliados y moderadamente defoliados). Los resultados mostraron una recuperación de los árboles (disminución del gado de defoliación) tratados en relación al control a los tres años del tratamiento. No obstante, la densidad del inóculo en la rizosfera o la presencia de los dos patógenos en las raíces no fueron significativamente dependientes del tratamiento, aunque se observó un descenso de la concentración de patógenos en las raíces de los árboles tratados. Por ello, presenta al fotesil aluminio como alternativa para el control de *P. cinamomi* en zonas adehesadas.



## 12 Henriques, J. M. C. (2015). Charcoal canker (*Biscogniauxia mediterranea*) in cork oak decline in Portugal.

Tesis Doctoral presentada por Joana Margarida Cordeiro Henriques en la Universidad de Lisboa en el año 2015. En ella se estudia la incidencia y occurencia de *Biscogniauxia mediterranea* en los montes de Portugal y los factores que afectan a su dispersión. También se estudia la diversidad de los individuos *Biscogniauxia mediterranea* que colonizan un mismo árbol y la diversidad, primero genética y filogenetica y segundo morfocultural y fisiológica de *Biscogniauxia mediterranea* en diferentes países y regiones.

Como resultados más relevantes en relación a la incidencia, occurencia y los factores que afectan a su dispersión, encontramos:

Se concluye que *Biscogniauxia mediterranea* convive con una amplia gama de huéspedes, volviéndose patógena solo en situaciones de estrés, es decir, en condiciones de sequía o afección por otros organismos. Presenta estromas carbonosos solo en árboles maduros ya decayentes siendo considerados patógenos secundarios.

Se determinó que la aparición de nuevos individuos afectados está relacionada con las condiciones climáticas: la descarga significativa de ascosporas ocurre tras un período de tres días consecutivos con precipitación >0,5 mm y con temperaturas suaves. Además, la velocidad del viento está asociada con el transporte efectivo de las ascosporas, lo que implica una elevada infección en el rodal de todos los órganos aéreos de árboles de todas las edades y condiciones. También la dispersión mediante insectos y las operaciones antropogénicas de gestión forestal contribuyen a la dispersión de *B. mediterranea* en el rodal.

En cuanto a medidas de control, en la introducción hace un breve resumen del mismo, destacando:

No existen tratamientos curativos efectivos para el chancro carbonoso en el alcornoque, por lo que es fundamental adoptar medidas preventivas para controlar la enfermedad. Dado que el desarrollo de su agente causal *B. mediterranea* está asociado con la debilidad de los árboles, el mejor control radica en realizar buenas prácticas culturales del arbolado. Para evitar la propagación del hongo, las ramas y troncos secos de alcornoques y otros huéspedes deben podarse inmediatamente y los árboles muertos deben cortarse. No es necesario eliminar las raíces de los árboles muertos porque es una infección por hongos que no ataca las raíces

Todo el material muerto cortado o que quede en el suelo debe retirarse del rodal. De lo contrario, el hongo continúa desarrollándose en estado saprofito y liberando esporas. Las heridas de poda en las ramas vivas pueden ser una de las entradas que utiliza el hongo para introducirse como endófito en los árboles hospedantes. Para evitar esto, las heridas de poda de las ramas vivas deben protegerse con un sellador desinfectante.

En el descorche, el árbol es particularmente susceptible a la infección. Por tanto, sería importante que los troncos fueran tratados con fungicidas adecuados inmediatamente



después de la extracción del corcho, sobre todo en veranos húmedos. Todas las herramientas utilizadas para la poda y extracción de corcho deben desinfectarse entre árboles para evitar la contaminación directa de los árboles intervenidos posteriormente.

Como conclusiones finales, subraya un incremento de la incidencia del chancro carbonoso en el alcornoque, por lo que se requieren más estudios para conocer la enfermedad, como los mecanismos que desencadenan la transición del hongo de la fase latente a convertirse en patógeno. También se necesita el desarrollo de medios eficaces de control de esta enfermedad, ya que control biológico con hongos antagonistas, como *Trichoderma* spp., debe ser optimizada, ya que actualmente solo se tienen conocimientos de laboratorio.

**13 Hernández-Lambrano, R. E., de la Cruz, D. R., & Sánchez-Agudo, J. Á. (2019). Spatial oak decline models to inform conservation planning in the Central-Western Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management*, 441, 115-126. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.028>**

Artículo publicado en la revista "*Forest Ecology and Management*" en el año 2019. En él se estudian los factores ambientales que influyen en el decaimiento de encinas y alcornoques en Salamanca. Se utilizaron un total de 68 puntos de presencias obtenidos en el inventario y monitoreo de áreas de *Quercus* con presencia de síntomas de decaimiento de Castilla y León tomados en el periodo 2015 – 2017. Se estudió la influencia de las condiciones topográficas, condiciones de estrés abiótico e influencia humana en la distribución del decaimiento de *Quercus* mediante el modelo de distribución de especies "MaxEnt". El modelo construido con todos los factores descritos presentó el mejor ajuste mientras que el factor humano, representado por distancia a estanques y usos de suelos se presentó como el factor con mayor relación. Los resultados de este estudio sirven de base para el desarrollo de planes de gestión elaboración de un plan de acción para el control y mitigación del decaimiento de *Quercus*.

**14 Hernández-Lambrano, R. E., González-Moreno, P., & Sánchez-Agudo, J. Á. (2018). Environmental factors associated with the spatial distribution of invasive plant pathogens in the Iberian Peninsula: The case of *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Forest Ecology and Management*, 419-420, 101-109. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.026>**

Artículo publicado en la revista "*Forest Ecology and Management*" en el año 2018. Con el objetivo de comprender la influencia de los factores ambientales y la influencia humana en la distribución de *Phytophthora cinnamomi* y estimar su distribución potencial en la Península Ibérica. Para ello se utilizó el modelo de distribución de especies (MaxEnt), puntos de presencia y ausencia; y tres conjuntos de variables explicativas: condiciones abióticas (clima y suelo), condiciones bióticas (distribución de hospedantes susceptibles y NDVI). Se encontró que la distribución actual de *P. cinnamomi* en la Península Ibérica está influenciada por las condiciones edáficas y



climáticas, uso del suelo y NDVI. La distribución espacial de las proyecciones sugiere un mayor potencial de expansión a lo largo del noreste (Cataluña) y sureste de España y el centro de Portugal. Los resultados obtenidos ofrecen una herramienta de gran importancia para la toma de decisiones para el seguimiento y restauración de zonas afectadas por la Seca de encinas y alcornoques.

### **15 Junta de Andalucía. (2016a). El decaimiento y la podredumbre radical en las dehesas andaluzas. LIFE Biodehesa.**

Este documento fue elaborado en el marco del LIFE Biodehesa en el año 2016, donde se hace una revisión completa sobre el decaimiento y la podredumbre radical en las dehesas andaluzas. En primer lugar, incluye una revisión sobre el decaimiento haciendo referencia a la tipología de los factores causantes del mismo; factores predisponentes, incitantes y contribuyentes. Posteriormente, incluye una revisión sobre la patogénesis y epidemiología de *P. cinnamomi*, incluyendo una descripción de su ciclo de vida y diversidad de poblaciones genéticas. A continuación, hace referencia al diagnóstico, donde recoge una guía para la toma de muestras de suelo.

Finalmente termina con un resumen de las medidas de control recomendadas, estableciendo zonas de actuación en función de la presencia o ausencia del oomiceto, donde se describen los tratamientos recomendados. Entre los métodos de control se describe:

- Evitar la compactación del suelo para prevenir los procesos erosivos y disminuir la escorrentía que facilitan la dispersión del oomiceto. Esto se consigue mediante un manejo ganadero adecuado, evitando elevadas cargas ganaderas, reduciendo el tiempo de pastoreo en una misma parcela, fomentando el pastoreo rotacional y promoviendo una cobertura herbácea permanente en el suelo.
- Limitar los movimientos del suelo, constituye una medida indispensable para prevenir la dispersión del patógeno de zonas afectadas o zonas limpias. Como medidas aconsejadas se tienen no apurar el pasto en verano para evitar la erosión hídrica de las primeras lluvias, fomentar las discontinuidades del terreno mediante piedras, rocas, restos vegetales para obstaculizar largos arrastres de suelo, evitar tránsito de vehículos sin desinfectar de zonas contaminadas a zonas limpias, evitar operaciones de remoción del terreno, evitar acopio y traslado de suelo de zonas infectadas. Concluye recomendando la desinfección y limpieza de aperos tras la realización de operaciones.
- Precaución al introducir material vegetal en la explotación mediante utilización de material vegetal con pasaporte fitosanitario libre de patógenos.
- Evitar la presencia de huéspedes como Lupinos albus y *L. luteus*.
- Aplicación de biofumigación con siembra de especies de Brassicáceas (*B. juncea* y *B. carinata*).
- Aplicación de enmiendas cálcicas en cantidades entre 1.500 – 3.500kg/ha para el carbonado cálcico y algo menos para el sulfato cálcico.



- Aplicación de sales de ácido fosforoso como tratamiento preventivo mediante inyección al tronco.

#### **16 Junta de Andalucía. (2016b). Manual de Diagnóstico Fitosanitario. LiFE Biodehesa.**

Manual elaborado en el marco del LIFE Biodehesa en el año 2016, en el que se detallan los puntos a incluir en un Plan de Gestión Integral de lucha contra las plagas. En cuanto a caracterización de la masa forestal, su estado fitosanitario y principales agentes causales del decaimiento.

En cuanto a la podredumbre radical, los puntos a seguir serían:

- Identificación de los síntomas
- Toma de muestras, envío a laboratorio y adopción de medidas cautelares
- Identificación del foco de seca y limitación del mismo.
- Establecimiento de una zona "buffer" de seguridad del foco.
- Determinación del nivel de desarrollo del foco: incipiente, avanzado o terminal
- Aplicación de tratamientos acorde con el nivel de desarrollo de la enfermedad.

Finalmente, se recogen unas fichas descriptivas de los principales agentes causales.

#### **17 Junta de Andalucía. (2016c). Podredumbre radical, descripción y control aplicado a los ecosistemas de dehesas. LiFE Biodehesa.**

Manual elaborado en el marco del LIFE Biodehesa en el año 2016. Contiene tres puntos principales: 1) podredumbre radical producida por *P. cinnamomi*; 2) Podredumbre radical en la Dehesa; y 3) Control de la podredumbre radical.

De los puntos mencionados nos centraremos en el tercero, control de la podredumbre radical, ya que los anteriores han sido abordados ampliamente en otros manuales.

#### **18 Junta de Andalucía. (2016d). Protocolo de aislamiento de *Phytophthora cinnamomi* y *Pythium spiculum*. LiFE Biodehesa.**

Protocolo de aislamiento de *Phytophthora cinnamomi* y *Pythium spiculum* a partir de muestras de raíz y suelo, desarrollado en el marco del proyecto LIFE biodehesa en el año 2016. En él se recogen los principales métodos de diagnóstico y aislamiento de oomicetos de podredumbre radical mediante el análisis de muestras de suelo y/o raíces, además de recomendar medios de cultivo para la propagación de los microorganismos.



**19 Junta de Andalucía. (2016e). Protocolo para el diagnóstico del decaimiento en la explotación de dehesa. LIFE Biodehesa.**

Documento elaborado en el marco del LIFE biodehesa en el año 2016, con el objetivo facilitar la evaluación en campo del estado sanitario del arbolado en dehesa: presencia de plagas y enfermedades asociadas al decaimiento (Seca) de encinas y alcornoques. Se indican los pasos necesarios para identificar los focos de decaimiento, efectuar un primer diagnóstico en campo y tomar las muestras adecuadas, procesándolas correctamente para su envío a los correspondientes laboratorios, que emitirán el diagnóstico definitivo. El manual incluye la identificación de focos mediante la observación de síntomas con una descripción fotográfica de los mismos.

En cuanto al muestreo de la seca incluyen un protocolo de toma de muestras similar al recogido en "El decaimiento y la podredumbre radical en las dehesas andaluzas".

**20 López-Sánchez, A., & Perea, R. (2020). The use of biological liquid fertilizers against oak decline associated with *Phytophthora* spp. *New Forests*. doi:10.1007/s11056-020-09818-x**

Artículo publicado en la revista "New Forests" en el año 2020. En él se investigó durante dos años la respuesta de encinas, alcornoques y su regenerado a fertilizantes líquidos biológicos aplicados al suelo en función de los síntomas de decaimiento (defoliación y supervivencia) asociados a *Phytophthora*. Se tomaron muestras de 60 parejas de árboles (tratados/no tratados) y la supervivencia, crecimiento y herbivoría en 30 cuartetos (tratados/no tratados y protegidos/no protegidos contra herbívora) de regenerados. Se usaron dos fertilizantes líquidos: OptiPlus (fertilizante biológico con N, P, S, Ca, Mg, oligoelementos (Fe, Mn, B, Zn) y ácidos fúlvicos húmicos) y OptiFer (un oligoelemento biológico fertilizante con solo Fe, Mn y Mg). Los árboles tratados mostraron menores ratios de defoliación y los árboles tratados con OptiPlus mostraron una reducción significativa de la defoliación en comparación con los árboles tratados con OptiFer (diferencia de 0,68 veces). Esta mejora de los ratios de defoliación fue más eficaz en pendientes pronunciadas. En general, las plantas fertilizadas, especialmente con OptiPlus, eran más ramoneadas.

Como conclusiones, este estudio resalta la importancia de mejorar las condiciones edáficas con fertilizantes biológicos y la necesidad de explorar diferentes tiempos y técnicas de aplicación para incrementar la eficacia de ellos tratamientos contra la Seca. Aunque el uso de fertilizantes puede aumentar el ramoneo del ganado y los herbívoros silvestres sobre la regeneración.

**21 Manzano, M., Belvis, G., Folgueiras, R., & Prieto, J. (2016). Evolución de la densidad arbolada de las masas de *Quercus* afectadas por seca en Extremadura desde 1957 hasta 2013. *Foresta*, 66, 52-57.**



Estudio publicado en la revista *Foresta* en 2016. En él se muestran los resultados de la prospección realizada por fotointerpretación en cuatro periodos, (años 1956, 1998, 2008 y máxima actualidad), en 1000 puntos localizados en las masas arboladas de *Quercus*. Como conclusiones a los resultados obtenidos se tiene que la densidad arbolada en los focos fotointerpretados lleva disminuyendo 60 años. La cantidad de focos en los que se observa una pérdida de densidad arbolada ha aumentado casi un 6 % desde 1998. La cantidad de focos con seca en los que se observa una pérdida de densidad arbolada ha aumentado casi un 20 % desde 1957. La existencia de balsas en las proximidades de los focos hace que la densidad arbolada disminuya en todos los periodos estudiados con un incremento de la afección en el tiempo.

**22 Mora-Sala, B., Abad-Campos, P., & Berbegal, M. (2018). Response of *Quercus ilex* seedlings to *Phytophthora* spp. root infection in a soil infestation test. *European Journal of Plant Pathology*. doi:10.1007/s10658-018-01650-6**

Artículo publicado en la revista "*European Journal of Plant Pathology*" en el año 2018. En se estudió el potencial de infección de ocho especies de *Phytophthora* plantones de 7-8 meses de encina obtenidos de bellotas de dos localizaciones en España. Los plantones presentaron lesiones relacionadas con *Phytophthora*; necrosis radiculares, chancros, pérdida de raíces finas y de la raíz principal. Las especies más agresivas fueron *P. cinnamomi*, *P. cryptogea*, *P. gonapodyides*, *P. plurivora* y *P. psychrophila* seguido de *P. megasperma*., mientras que *Phytophthora quercina* y *P. nicotianae* fueron las especies menos agresivas.

**23 Moreira, A. C., Tapias, R., Fernandes, L., & Rodrigues, A. (2018). Field susceptibility of cork oak trees with different provenances to *Phytophthora cinnamomi*. *Forest Pathology*, 0(0), e12461. doi:10.1111/efp.12461**

Artículo publicado en la revista "*Forest Pathology*" en el año 2018. En él se investiga la resiliencia a la infección con *Phytophthora cinnamomi* de 157 familias de Alcornoques de ocho localizaciones durante 10 años mediante la evaluación de su supervivencia y crecimiento en altura. Para ello se sembraron 5000 bellotas en 10 parcelas de una misma localización con una distribución de familias aleatoria. Se observó una gran mortalidad, de forma que solo 14 de las 157 familias estudiadas tuvieron supervivencias entre el 40 – 60%. Además, se observó que el gradeo podría contribuir a mejores ratios de supervivencia. Las familias potencialmente tolerantes podrían utilizarse como portainjerto y ser utilizados en restauración y repoblación forestal.

**24 Moreno, G., Vivas, M., Pérez, A., Cubera, E., Madeira, M., & Solla, A. (2009). Soil properties linked to *Phytophthora cinnamomi* presence and oak decline in Iberian dehesas. Paper presented at the European Geoscience Union, Viena (Austria).**



Comunicación presentada en "European Geoscience Union, Viena (Austria)" en 2009. En él se presenta el estudio sobre los agentes causales del decaimiento de *Quercus*, definiendo si es un proceso natural o inducido por el hombre y si son determinantes el manejo del suelo o las propiedades básicas del mismo. Se estudiaron árboles con y sin síntomas en 48 dehesas de Cáceres, la mitad en arroyos y la otra mitad en laderas; tomando en cada parcela muestras de raíces de tres árboles afectados y tres sin síntomas a 50, 100 y 150 cm. Se midió textura, potencial oxidante, contenido en Nitrógeno y presencia de *Phytophthora cinnamomi*. Además, la densidad aparente y la compactación se midió en superficie y a 40 cm de profundidad respectivamente. Se encontró que las zonas con suelos de textura fina cercanos a arroyos eran más propensas al decaimiento; mientras que en zonas de pendiente se encontró lo contrario. Como conclusiones, la disminución de *Q. ilex* no se relacionó con compactación o condiciones que limitan el crecimiento de las raíces, pero sí con propiedades del suelo que conducen a una menor disponibilidad de agua para los árboles en las zonas de pendientes y con condiciones de suelo francas en las orillas de los arroyos.

**25 Moricca, S., Linaldeddu, B. T., Ginetti, B., Scanu, B., Franceschini, A., & Ragazzi, A. (2016). Endemic and Emerging Pathogens Threatening Cork Oak Trees: Management Options for Conserving a Unique Forest Ecosystem. *Plant Disease*, 100(11), 2184-2193. doi:10.1094/PDIS-03-16-0408-FE**

Artículo publicado en la revista "Plant Diseases" de la Sociedad Americana de fitopatología en el año 2016. En él se recogen a modo de revisión la principales enfermedades causadas por hongos en alcornoques y sugieren medidas de control.

Nos centraremos en las plagas de hojas causadas por hongos, así como en las recomendaciones para su manejo.

Patógenos de hojas: los principales agentes mencionados son *Discula quercina*, *Cystodendron dryophilum*, *Lembosia quercina*, y *Dendrophoma myriadea*. Estos agentes defoliadores pueden debilitar al árbol mediante la interrupción de la fotosíntesis, afectando además a la frecuencia respiratoria y las vías metabólicas, y a la termorregulación.

En el alcornoque, *D. quercina* produce manchas foliares de color marrón oscuro a negro que se fusionan en áreas necróticas, pudiendo ocasionar chancros. *D. quercina* modifica el equilibrio normal de algunos procesos metabólicos, incluidos la conductancia estomática y la fotosíntesis, aunque su reproducción sexual rara vez es desarrollada en alcornoques.

*C. dryophilum* produce manchas de color marrón coriáceo con un margen diferenciado, mientras que *L. quercina* causa manchas en forma de costra, oscuras y aterciopeladas. Las infecciones por estos hongos ocurren en rodales densos con un abundante piso superior, donde provocan una defoliación lenta pero gradual, y en ocasiones total. Ambos patógenos diferencian sus estructuras reproductivas asexuales



en primavera (mayo-junio): *C. dryophilum* en el limbo inferior de la hoja y *L. quercina* en el limbo superior.

*D. myriadea* causa una necrosis de la punta de la hoja, principalmente en otoño. Las hojas sintomáticas se ven quemadas y se reconocen fácilmente.

En cuanto a hongos que afectan a troncos, ramas y ramillas describe *Diplodia corticola* y *Biscogniauxia mediterranea*. Las infecciones por *D. corticola* reducen la vitalidad y la productividad de los alcornoques. Se presenta mediante chancros hundidos en el cuello de la raíz, el tronco y las ramas, que pueden exudar una savia de color marrón oscuro. La madera se decolora y aparecen síntomas de marchitamiento. Para su control se recomienda fungicidas de bencimidazol (tiofanato-metil y carbendazim).

*Biscogniauxia mediterranea* es un hongo patógeno cuya incidencia ha aumentado significativamente durante las últimas décadas. Este aumento de la infección se asocia con una alta mortalidad, especialmente de alcornoques jóvenes, y parece directamente relacionada con el aumento de años excepcionalmente secos y cálidos. Su dispersión está influenciada por las condiciones meteorológicas y por insectos perforadas como *Platypus cylindrus*.

**26 Murillo Vilanova, M., Montero Calvo, A. J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., & Santiago Beltrán, R. (2021). Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornocales en Extremadura. Mérida (Badajoz): Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Junta de Extremadura.**

Manual publicado por el CICYTEX en el años 2021, donde se recoge la descripción de los de las principales plagas de defoliadores de dehesas y montados. *Lymantria dispar* y *Tortrix viridana* L. En cuanto a hongos, recoge una reseña de *Discula quercina*, *Biscogniauxia mediterranea*, *Brenneria quercina* y *Armillaria mellea*.

Las reseñas recogidas en este manual van encaminadas a la descripción del organismo y descripción de los daños que ocasiona, más que de los tratamientos recomendados.

**27 Navarro-Cerrillo, R. M., Varo-Martínez, M. Á., Acosta, C., Palacios Rodríguez, G., Sánchez-Cuesta, R., & Ruiz Gómez, F. J. (2019). Integration of WorldView-2 and airborne laser scanning data to classify defoliation levels in *Quercus ilex* L. Dehesas affected by root rot mortality: Management implications. *Forest Ecology and Management*, 451, 117564. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117564>**

Artículo publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en el año 2019. En él los autores elaboran una cartografía de defoliación de arbolado en la dehesa andaluza a partir de imágenes satélites (Worldview-2) y datos Lidar, además de índices de vegetación. La cartografía de defoliación fue elaborada en base a dos categorías (alta



y baja) y las estimaciones fueron obtenidas con un modelo desarrollado con el algoritmo "Random Forest". Se obtuvieron valores buenos de bondad (86,7%) y un coeficiente de clasificación (Kappa) igualmente bueno (73%). Se observaron que los árboles con mayor grado de defoliación se encontraban en zonas con zonas de poca profundidad de suelo, elevada compactado, con menor proporción de limo y concentración de calcio. Finalmente se desarrolló una cartografía de daños que puede servir de orientación a gestores forestales para tomar medidas de manejo.

**28 Ríos, P., González, M., Obregón, S., Carbonero, M.-D., Leal, J.-R., Fernández, P., Sánchez, M.-E. (2018). *Brassica -based seedmeal biofumigation to control Phytophthora cinnamomi in the Spanish "dehesa" oak trees (Vol. 56).***

Artículo publicado en la revista Phytopathologia Mediterranea en el año 2017. En él se prueba la biofumigación con tres especies de brásicas (B. napus, B. carinata y B. juncea) para el control de la Seca de encinas y alcornoques. Se demostró que la biofumigación mediante harinas de semillas de B. carinata y B. juncea detienen el crecimiento micelial y reduce la viabilidad de las clamidiosporas de P. cinnamomi. Los tratamientos con B. napus fueron ineficaces. Además, también se redujeron las necrosis en las plántulas de Lupinus. Por lo que se concluye, que los tratamientos con harinas de semillas de B. juncea y B. carinata podrían ser eficaces para el manejo integrado de la Seca.

**29 Ríos, P., Obregón, S., González, M., de Haro, A., & Sánchez, M. E. (2016). *Screening brassicaceous plants as biofumigants for management of Phytophthora cinnamomi oak disease. Forest Pathology, 46(6), 652-659. doi:10.1111/efp.12287***

Artículo publicado en la revista "Forest Pathology" en el año 2016. En él se evaluó la actividad de biofumigación de 14 plantas de brassicaceas en condiciones experimentales. Todas las plantas evaluadas ricas en sinigrina suprimieron el 100% del crecimiento micelial de P. cinnamomi, mientras que las plantas ricas en sustancias aromáticas u otras sustancias tuvieron poco o ningún efecto supresor. Además, se evaluó mediante simulación de campo la aplicación de la enmienda a la viabilidad de clamidiosporas con aplicaciones de Brassica juncea, Eruca vesicaria y Lepidium sativum, pero solo B. juncea disminuyó la viabilidad de las clamidiosporas significativamente en comparación con el suelo no tratado 1 día después de la biofumigación, mientras que E. vesicaria necesitó 8 días para alcanzar significación y L. sativum no tuvo ningún efecto. A pesar de la disminución del inóculo en el suelo, la biofumigación con B. juncea no previno las infecciones radiculares en un grupo altamente susceptible anfitrión (Lupinus luteus). Pero disminuyó la concentración del inóculo de P. cinnamomi por debajo del mínimo para la expresión de los síntomas de seca. Como conclusión, se debe tener en cuenta que aunque la biofumigación es una medida eficaz para el control integrado de la seca, pero por sí sola no sería lo suficientemente eficaz para la supresión sustancial del inóculo de P. cinnamomi en el suelo.



**30 Rodríguez-Molina, M. C., Fernández-Rebollo, P., Serrano-Pérez, P., De Santiago, A., Hidalgo-Fernández, M. T., & Campos-Navarro, F. J. (2021). Biofumigation with Brassica seed-based products combined with calcium carbonate to control *Phytophthora cinnamomi* root rot in cork and holm oaks. *European Journal of Plant Pathology*. doi:10.1007/s10658-020-02175-7**

Artículo publicado en la revista "European Journal of Plant Pathology" en el año 2021. En él se estudia el efecto combinado de los tratamientos de biofumigación con especies de brassicáceas junto con encalados de carbonato cálcico para el control de la podredumbre radical causada por *P. cinnamomi*. Se utilizó harina no desgrasada de *Brassica carinata* y harina desgrasada de *Brassica juncea*. Se encontró que la aplicación combinada de ambos tratamientos reducía los síntomas de decaimiento mejorando los resultados obtenidos con los productos por separado incluso utilizando grandes concentraciones de los mismos. Por lo que la combinación de ambos tratamientos debería contemplarse en los Planes de control integral de esta enfermedad.

**31 Romero Martín, M.Á., 2012. Etiología, epidemiología y control del chancro de los *Quercus* causado por *Botryosphaeria* spp.**

Tesis doctoral presentada por María de los Ángeles Romero Martín en la Universidad de Córdoba (España) en el año 2012. Como objetivo general tiene identificar y caracterizar los chancros en ramas y troncos de las masas de encinas y alcornoques de Andalucía, y el control de los chancros de tronco en alcornoque.

Como conclusiones más significativas en relación a los tratamientos y sintomatología de chancros en alcornoques presenta los siguientes:

Se identificaron tres especies de chancos en Andalucía: *B. corticola* (anamorfo *D. corticola*), *B. iberica* (anamorfo *Dothiorella iberica*) y *B. dothidea* (anamorfo *F. aesculi*)

La sintomatología de la enfermedad en ramas consiste en la aparición de chancros, que originan una progresiva pérdida de turgencia que avanza hasta la marchitez de las hojas apicales, progresando hasta la muerte completa de la rama afectada. En el caso del alcornoque aparecen lesiones corticales que pueden ser visibles o estar ocultas por la corteza, rodeadas de un callo. En todos los casos, las plantas inoculadas presentan clorosis, marchitez foliar, defoliación y muerte de ramas.

En cuanto a los tratamientos, se recomienda la aplicación de Metil Tiofanato y la Carbendazima al tronco inmediatamente después del descorche. Aunque pierden poder contra *B. corticola* si se aplican 24 h después del descorche.

Los productos biológicos *Trichoderma* (marca comercial *Trichomic*) y dos productos experimentales; *Phoma* sp. y *Bacillus subtilis*, no han dado buenos resultados para el control de *B. corticola* en tronco de alcornoque (no se probó en encina).



El Metil Tiofanato, como materia activa, incluido en el Anejo I según la Directiva 2005/52/CE, debe ser considerado como un producto a aplicar en los alcornoques andaluces tras el descorche para el control de *B. corticola*.

**32 Romero, M. A., González, M., Serrano, M. S., & Sánchez, M. E. (2019). Trunk injection of fosetyl-aluminium controls the root disease caused by *Phytophthora cinnamomi* on *Quercus ilex* woodlands. *Annals of Applied Biology*, 0(0). doi:10.1111/aab.12503**

Artículo publicado en la revista "Annals of Applied Biology" en el año 2019, similar al publicado en 2020 de González, M. et. al, sobre alcornoques. En este caso se presentan los resultados de un experimento de inyecciones de fotesil aluminio en tronco de 60 encinas con diferentes grados de defoliación (asintomáticos, poco defoliados y moderadamente defoliados) para demostrar su eficacia en la prevención de la Seca. Los resultados mostraron una recuperación de los árboles (disminución del gado de defoliación) tratados en relación al control, a los tres años del tratamiento. No obstante, la densidad del inóculo en la rizosfera o la presencia de los dos patógenos en las raíces no fueron significativamente dependientes del tratamiento, aunque se observó un descenso de la concentración de patógenos en las raíces de los árboles tratados. Por ello, presenta al fotesil aluminio como alternativa para el control de *P. cinnamomi* en zonas adhesionadas.

**33 Ruiz-Gómez, F. J., Pérez-de-Luque, A., & Navarro-Cerrillo, R. M. (2019). The Involvement of *Phytophthora* Root Rot and Drought Stress in Holm Oak Decline: from Ecophysiology to Microbiome Influence. *Current Forestry Reports*. doi:10.1007/s40725-019-00105-3**

Revisión publicada en en "Current Forestry Reports" en el año 2019, con el objetivo de identificar y resumir los efectos de la sequía y la afección por *Phytophthora* centrándose en la fisiología del árbol y la relación entre los factores estresantes (bióticos y abióticos) y la respuesta del árbol. Se estudia la respuesta diferencial de la planta a la pudrición radical y a la sequía en relación a los mecanismos de defensa activados. Se llega a la conclusión de que los microbiota del suelo influyen en la salud y abundancia de patógenos del suelo.

La respuesta de la planta a la infección por *Phytophthora* implica cambios en el metabolismo de los órganos fotosintéticos que pueden estar relacionados con cambios en los rasgos funcionales. Además, se han identificado varios patógenos, además de *P. cinnamomi*, implicados en la seca de la encina, y que la presencia de *Trichoderma* spp. o ectomicorrizas influye en el estado fisiológico de los árboles afectados por hongos de podredumbre radical.

**34 Sánchez-Cuesta, R., Navarro-Cerrillo, R. M., Quero, J. L., & Ruiz-Gómez, F. J. (2020). Small-Scale Abiotic Factors Influencing the Spatial Distribution of *Phytophthora cinnamomi* under Declining *Quercus ilex* Trees. *Forests*, 11(4), 375.**



Artículo publicado en la revista "Forest" en el año 2020. En él se estudian los factores edáficos que influyen en la distribución espacial de colonias del oomiceto *Phytophthora cinnamomi* bajo la copa de cuatro pies de encina procedentes de repoblación. Se midieron 11 variables; porcentaje de Nitrógeno, porcentaje de materia orgánica, relación carbono nitrógeno, contenido en arcilla, limos y arenas, pH, humedad, y el contenido de NPK. El muestreo se realizó en una malla de 4x4, analizando retículas sistemáticamente distribuidas de 1 m de lado. La distribución de las colonias se relacionó con contenido en limos, potasio, fósforo y contenido de humedad. Siendo estos resultados de utilidad para la elaboración de planes de gestión a escala local.

**35 Sánchez-Cuesta, R., Ruiz-Gómez, F. J., Duque-Lazo, J., González-Moreno, P., & Navarro-Cerrillo, R. M. (2021). The environmental drivers influencing spatio-temporal dynamics of oak defoliation and mortality in dehesas of Southern Spain. *Forest Ecology and Management*, 485, 118946. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118946>**

Artículo publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en el año 2021. Donde se estudia la distribución de la defoliación y mortalidad de encinas causada por *Phytophthora* spp. en Andalucía. Para ello hace uso de la base de datos espacio temporal de seguimiento de daños en masas forestales de Andalucía para evaluar el periodo comprendido entre 2001 y 2016. Se relacionaron los factores de defoliación y mortalidad con variables ambientales, encontrándose que la variación espacio temporal de la mortalidad y defoliación estaban correlacionadas con la temperatura media anual, el índice estandarizado de defoliación/precipitación (SPEI) en verano y primavera, y contenido de materia orgánica. Se encontró que la variación espacio temporal de la defoliación y la mortalidad estaban directamente relacionadas con variaciones de factores ambientales. Además, pone en valor el uso de las redes de seguimiento fitosanitario como herramienta de utilidad para comprender los procesos de defoliación/mortalidad/decaimiento en un contexto de cambio global.

**36 Serrano, M., De Vita, P., Fernández-Rebollo, P., & Sánchez Hernández, M. (2012). Calcium fertilizers induce soil suppressiveness to *Phytophthora cinnamomi* root rot of *Quercus ilex*. *European Journal of Plant Pathology*, 132(2), 271-279. doi:10.1007/s10658-011-9871-6**

Artículo publicado en la revista "European Journal of Plant Pathology" en el año 2012. En él se estudia la capacidad de carbonatos cálcicos como prevención de *Phytophthora cinnamomi*. Estudios en laboratorio mostraron que muestras expuestas a concentraciones de fertilizantes cálcicos inhibieron la producción de esporangios, clamidoesporas y zoosporas, mientras que el crecimiento micelial no fue afectado. En invernadero con plantones de encinas en suelos infectados artificialmente las plantas presentaron reducción de los síntomas de decaimiento, reducción de la defoliación y pudriciones en las raíces. Por lo que concluye que las enmiendas calizas pueden ser utilizadas para minimizar los daños causados por *Phytophthora cinnamomi*



**37 Serrano, M. S., De Vita, P., Carbonero, M. D., Fernández, F., Fernández-Rebollo, P., & Sánchez, M. E. (2012). Susceptibility to *Phytophthora cinnamomi* of the commonest morphotypes of Holm oak in southern Spain. *Forest Pathology*, 42(4), 345-347. doi:10.1111/j.1439-0329.2011.00758.x**

Comunicación corta publicada en la revista "Forest Pathology" en el año 2012. Se compara la respuesta de los cuatro morfotipos de encinas presentes en Andalucía (expansa, macrocarpa, microcarpa y rotundifolia). No se encontraron diferencias en cuanto a los síntomas de necrosis radicular, en cambio en función de la defoliación se pudieron clasificar en muy susceptible (microcarpa), susceptible (expansa) y moderadamente susceptibles (rotundifolia y macrocarpa). Además, el híbrido encina-quejigo (*Quercus ilex* -*Quercus faginea*) presentó bajos niveles sintomáticos en ambos factores, necrosis radicular y defoliación. Por lo que *Quercus faginea* podría considerarse como fuente genética de resistencia.

**38 Serrano, M. S., De Vita, P., Fernández-Rebollo, P., & Sánchez, M. (2011). Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos III: efecto de la aplicación al suelo de fertilizantes cálcicos y potásicos. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 37.**

Artículo publicado en el "Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas" en el año 2011, donde se estudia la influencia de distintos fertilizantes cálcicos y potásicos en la densidad de inóculo del suelo y la infectividad de *Phytophthora cinnamomi*. Los productos se aplicaron en las cantidades habitualmente utilizadas en las dehesas y se observaron los resultados dos semanas después. Solo los productos con contenido de potasio redujeron la densidad de inóculo. Los suelos infectados fueron llevados a laboratorio donde se plantaron encinas; se estudiaron plantas tratadas y sin tratar, y se observaron síntomas radiculares y foliares. Las plántulas en suelos tratados presentaron una reducción significativa de la defoliación y necrosis radicular. Por lo que se aconseja la aplicación de fertilizantes cálcicos y potásicos para la reducción de la Seca.

**39 Serrano, M. S., Fernández-Rebollo, P., De Vita, P., Carbonero, M. D., Trapero, A., & Sanchez, M. E. (2010). *Lupinus luteus*, a new host of *Phytophthora cinnamomi* in Spanish oak-rangeland ecosystems. *European Journal of Plant Pathology*, 128(2), 149-152. doi:10.1007/s10658-010-9652-7**

Artículo publicado en la revista "European Journal of Plant Pathology" en el año 2010. Prueba experimental de la capacidad de *Lupinus luteus* como hospedante de *Phytophthora cinnamomi*. Para ello se muestrearon cuatro zonas reforestadas con encinas, en cada zona un foco de planta de altramuces de donde se tomaron 20 plantas con síntomas, amarilleamiento y desecación de las hojas, donde se examinó la



presencia de *P. cinnamomi*. Como conclusiones se obtuvo la elevada susceptibilidad de *L. luteus* a *P. cinnamomi* por lo que este tipo de cultivos puede actuar como reservorio de la enfermedad e infectar a encinas y alcornoques.

**40 Serrano, M. S., Ríos, P., González, M., Romero, M. Á., Fernández, P., & Sánchez, M. E. (2017). A review of integrated control of Phytophthora root rot in oak rangeland ecosystems. IOBC-WPRS Bulletin, 127, 139-146.**

Revisión publicada en el boletín de la Organización internacional para el control biológico e integral en el año 2017. Esta revisión trata de evaluar los avances en las estrategias de control. En primer lugar, se presentan los tratamientos preventivos en las zonas no infectadas para minimizar los riesgos de llegada del patógeno. Entre estas actuaciones se tienen el drenaje del suelo, la carga de ganado, la limitación del laboreo del suelo, y la reducción del movimiento de maquinaria agrícola y otros vehículos. En zonas con presencia de *Phytophthora*, las actuaciones van encaminadas a la reducción de la densidad del inóculo mediante la aplicación de enmiendas cálcicas ( $\text{CaSO}_4$  y  $\text{CaCO}_3$ ), a la vez que se evita la siembra de especies susceptibles como *Lupinus luteus* y la biofumigación con especies ricas en sinigrina como *Brasica juncea* y *B. carinata* muestran, además de acciones de control químico como las inyecciones de fosfonatos al tronco u otras ricas en Calcio. Otra alternativa sería la mejora de los individuos existentes mediante los programas de hibridación *Quercus ilex*-*Quercus faginea*, presentando estos últimos baja susceptibilidad a los síntomas radiculares.

**41 Serrano, M. S., Romero, M. A., Jiménez, 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: An International Journal of Forest Research, 88(4), 500-507. doi:10.1093/forestry/cpv016**

Artículo publicado en la revista "Forestry" en el año 2015 en el que se presentan distintos experimentos de control del chancro causado por diferentes especies del género *Botryosphaeria*. Se realizaron ensayos tanto in vitro como en campo con seis fungicidas: Thiophanate-methyl, Carbendazim, Epoxiconazole, Difenconazole, Pyraclostrobin, Copper-Calcium Sulphate y *Trichoderma* (fungicida biológico) bajo diferentes concentraciones.

El primer experimento de campo mostro que, en condiciones ambientales de baja humedad, los troncos de alcornoque tratados con Tiofanato-Metilo, Carbendazim, Difenconazol, Piraclostrobina o sulfato de cobre y calcio disminuyeron significativamente en el número y la duración de las lesiones del tronco hasta 3 años después del tratamiento. Un segundo experimento de campo bajo condiciones de humedad extrema mostró que solo el Tiofanato-Metilo fue eficaz 2,5 años después de los tratamientos, cuando se pulverizó justo después de pelar. Finalmente, en un tercer



ensayo de campo bajo condiciones de humedad, se confirmó la eficacia preventiva de Tiofanato-Metilo y el sulfato de cobre y calcio para el control de la enfermedad.

**42 Solla, A., García, L., Pérez, A., Cordero, A., Cubera, E., & Moreno, G. (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(4), 303-316. doi:10.1007/s12600-009-0042-7**

Artículo publicado en la revista "Phytoparasitica" en el año 2009. En él se evalúa la eficacia de las inyecciones de fosfonatos en troncos de encina como control de la seca. Además, se tomaron medidas sobre las propiedades del suelo, el contenido de humedad y el nivel freático del suelo. Durante los 5 años en los que duró el ensayo no se observaron diferencias en los síntomas del arbolado entre los árboles tratados en otoño, primavera, los tratados dos veces al año y los no tratados. Pero sí se observaron modificaciones en las propiedades del suelo, así como en el nivel freático y humedad del suelo, siendo más favorable para la supervivencia del arbolado en aquellos árboles tratados.

**43 Wilkening, J. V., Cardillo, E., Abad, E., & Thompson, S. E. (2021). Saturation excess overland flow accelerates the spread of a generalist soil-borne pathogen. *Journal of Hydrology*, 593, 125821. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125821>**

Artículo publicado en la revista "Journal of Hydrology" en el año 2021 en el que se estudian los procesos hidrológicos como sistema de dispersión de *Phytophthora cinnamomi*. Para ello se utiliza un modelo numérico de crecimiento y dispersión de *Phytophthora cinnamomi* para investigar la importancia del transporte de *Phytophthora cinnamomi* en la escorrentía superficial intermitente en comparación con la escorrentía más continua. Para ello se establecieron dos zonas de estudio, un bosque en Australia Occidental donde los suelos arenosos y profundos inhiben la escorrentía superficial, y un brezal de *Erica* en la meseta central española donde suelos relativamente poco profundos con pendientes moderadas que generan un exceso de flujo superficial de saturación intermitente. Se encontró que las predicciones del modelo en la distribución espacial de *Phytophthora cinnamomi* mejoran cuando se incorpora la escorrentía en el modelo español, mientras que esto no ocurre en el australiano. Con estas omisiones el área final del foco del patógeno en la zona española resulta de 350 m<sup>2</sup> por cada año de crecimiento. Lo que pone de relevancia la importancia del transporte hidrológico superficial para el crecimiento y la propagación de la *Phytophthora cinnamomi* y la necesidad de más estudios en esta dirección.



# Resumen

## Hongos. Especies, daños y tratamientos

Los principales hongos causales de enfermedades en encinas y alcornoques sondivesos: *Diplodia corticola*, *Diplodia iberica* y *Diplodia dothidea* *Biscogniauxia mediterránea*, *Discula quercina*, *Cystodendron dryophilum*, *Lembosia quercina*, y *Dendrophoma myriadea* (Branco et al., 2014; Tiberi et al., 2016).

- *Biscogniauxia mediterránea* produce lesiones y chancros en la corteza y ramas. En las ramas puede causar anillamiento y marchitando el ramo produciendo las típicas 'banderas'. En los troncos produce chancros que destruyen la capa madre y por tanto afectan a la producción de corcho (Murillo Vilanova et al., 2021). No existen tratamientos curativos efectivos para el chancro carbonoso, por lo que es fundamental adoptar medidas preventivas para controlar la enfermedad. Para evitar la propagación del hongo, las ramas y troncos secos de alcornoques y otros huéspedes deben realizarse cortas y podas sanitarias, no siendo la eliminación de las raíces de los árboles muertos. Todo el material muerto cortado o que quede en el suelo debe retirarse del rodal, para evitar que el hongo continúe desarrollándose en estado saprofito y liberando esporas. Las heridas de poda en las ramas vivas pueden ser una vía de entrada por lo que las heridas de poda de las ramas vivas deben protegerse con un sellador desinfectante y las herramientas utilizadas para la poda y extracción de corcho deben desinfectarse entre árboles. Y como conclusiones finales, subraya un incremento de la incidencia del chancro carbonoso en el alcornoque. Por lo que se requieren más estudios para conocer la enfermedad, como los mecanismos que desencadenan la transición del hongo de la fase latente a convertirse en patógeno. Y, se necesita el desarrollo de medios eficaces de control de esta enfermedad, ya que control biológico con hongos antagonistas, como *Trichoderma* spp., debe ser optimizada, ya que actualmente solo se tienen conocimientos de laboratorio (Romero Martín, 2012)
- *Diplodia* spp. producen manchas foliares de color marrón oscuro a negro, que se fusionan en áreas necróticas, pudiendo ocasionar chancros. *Diplodia* spp. modifica el equilibrio normal de algunos procesos metabólicos, incluidos la conductancia estomática y fotosíntesis (Moricca et al., 2016). En cuanto a los tratamientos, la aplicación de Metil Tiofanato y la Carbendazima al tronco inmediatamente después del descorche. Aunque estos pueden poder contra *B. corticola* si se aplican 24 h después del descorche. Los productos biológicos *Trichoderma* (marca comercial *Trichomic*) y dos productos experimentales; *Phoma* sp. y *Bacillus subtilis*, no han dado buenos resultados para el control de *B. corticola* en tronco de alcornoque (no se probó en encina). El Metil Tiofanato, como materia activa, incluido en el Anejo I según la Directiva 2005/52/CE, debe ser considerado como un producto a aplicar en los alcornocales andaluces tras el descorche para el control de *Diplodia* spp (Romero Martín, 2012).
- *Cystodendron dryophilum* produce manchas de color marrón coriáceo con un margen diferenciado, mientras que *L. quercina* causa manchas en forma de costra,



oscuras y aterciopeladas. Infecciones por estos hongos ocurren en rodales densos con un abundante piso superior, donde provocan una defoliación lenta pero gradual y en ocasiones total. Ambos patógenos diferencian sus estructuras reproductivas asexuales en primavera (mayo-junio): *C. dryophilum* en el limbo inferior de la hoja y *L. quercina* en el limbo superior (Moricca et al., 2016). En cuanto, a las medidas de control, menciona los tratamiento culturales de eliminación de árboles muertos, control biológico de defoliadores con *Bacillus thuringiensis* y Colocación de trampas de feromonas (Tiberi et al., 2016)

- *Dendrophoma myriadea* causa una necrosis de la punta de la hoja, principalmente en otoño. Las hojas sintomáticas se ven quemadas y se reconocen fácilmente (Moricca et al., 2016).

### La Seca. Sintomatología

La sintomatología asociada a la Seca es bastante inespecífica en su apariencia (defoliación, muerte regresiva de brotes y ramos, abundante emisión de brotes adventicios, necrosis del sistema radical, etc.), siendo la muerte del árbol el resultado final tras una larga serie de cambios morfológicos y funcionales (Camilo-Alves, da Clara, & de Almeida Ribeiro, 2013; María Socorro Serrano et al., 2017). La Seca está provocada por la acción de agentes bióticos y abióticos, en diferentes escalas de espacio y tiempo (Duque-Lazo, Navarro-Cerrillo, van Gils, & Groen, 2018; Hernández-Lambrano, de la Cruz, & Sánchez-Agudo, 2019; Hernández-Lambrano, González-Moreno, & Sánchez-Agudo, 2018), que causan un progresivo deterioro y terminan con la muerte del árbol; habiéndose identificado como principales agentes bióticos de la Seca los oomicetos de podredumbre radical *Phytophthora cinnamomi* y *Pythium spiculum* (Ruiz-Gómez, Pérez-de-Luque, & Navarro-Cerrillo, 2019; M. S. Serrano et al., 2012).

### La Seca. Detección

La gestión de cualquier enfermedad de carácter infeccioso parte de su correcto diagnóstico y de la detección e identificación del agente fitopatógeno asociado a la misma (Camilo-Alves et al., 2013). Por tanto, la detección de *P. cinnamomi* se hace necesaria para el objetivo final de mitigación de los efectos de la Seca en el arbolado. La detección temprana de la Seca está ligada a la identificación de sus síntomas expresados mediante defoliación o cambios fisiológicos en el arbolado no apreciables visualmente (Camilo-Alves et al., 2013). Sin embargo, no existe ninguna herramienta que permita detectar los primeros síntomas visuales o previsuales y tomar medidas de preventivas o curativas con premura (Navarro-Cerrillo et al., 2019). Por este motivo, las aproximaciones realizadas van encaminadas al desarrollo de una cartografía de riesgo basada en características ambientales, manejo y distancia a focos o vías de dispersión, mediante la utilización de técnicas de aprendizaje automático, minería de datos y "Big data" (Cardillo, Abad, & Meyer, 2020; Duque-Lazo et al., 2018; Hernández-Lambrano et al., 2019; Hernández-Lambrano et al., 2018). Aunque recientemente se ha publicado un estudio que analiza variaciones bioquímicas en las hojas como detección previusal de decaimiento, las variaciones de pigmentos y tocoferoles, y el rendimiento fotosintético entre árboles sanos y afectados podría servir como proxy para tomar medidas preventivas incluso antes de que los síntomas visuales aparezcan (Encinas-Valero et al., 2021).



Identificar los focos de enfermedad en las dehesas y montes y evaluar su evolución espacio-temporal y la relación que guarda su expansión con factores ambientales, topográficos y de gestión (Cardillo et al., 2020; Duque-Lazo et al., 2018; Hernández-Lambraño et al., 2019) podría mejorar las posibilidades de control, al permitir elaborar mapas de riesgos y concentrar y combinar las actuaciones pertinentes en las zonas más vulnerables (Junta de Andalucía, 2016c). Hoy en día, la enfermedad se halla ampliamente distribuida por toda el área forestal y se estima que su ritmo de crecimiento anual en Extremadura puede estar en torno al 0,16 % (Manzano, Belvis, Folgueiras, & Prieto, 2016). El estudio de la dispersión de la enfermedad debe abarcar un análisis espacial a múltiples escalas, desde el individuo huésped hasta el nivel de comarca o región (Junta de Andalucía, 2016c; Wilkening, Cardillo, Abad, & Thompson, 2021).

### **La Seca. Diagnóstico**

Actualmente, el diagnóstico de *Phytophthora spp.* se basa en el uso de técnicas moleculares que son más sensibles y específicas que las tradicionales basadas en el aislamiento de estos patógenos (Junta de Andalucía, 2016b, 2016d; Mora-Sala, Abad-Campos, & Berbegal, 2018), extrayendo ADN tanto de muestras vegetales como ambientales (suelo y agua), aunque tradicionalmente se han utilizado, y se continúan utilizando, tramas con material vegetal susceptible a *Phytophthora spp.* a modo de cebo (Junta de Andalucía, 2016d). Las especies utilizadas para "atrapar" al oomiceto pueden ser hojas de *Eucalyptus globulus* o *E. camaldulensis*, trozos de manzana (Junta de Andalucía, 2016e), incluso hojas de alcornoque (Cardillo, Abad, & Meyer, 2021), entre otras especies susceptibles (María Socorro Serrano et al., 2010; María Socorro Serrano et al., 2017).

### **La Seca. Dispersión**

La aplicación de unas medidas preventivas adecuadas y efectivas está ligada a la correcta identificación de la zona afectada y a predecir la evolución de la dispersión para minimizar los riesgos en las zonas no afectadas. La dispersión de este patógeno y su introducción en terrenos no infestados están muy asociadas a actividades humanas, siendo ejemplo de ellas desde las reforestaciones con material vegetal infectado a la presencia de ganado y fauna cinegética portadora del microorganismo en sus pezuñas (Junta de Andalucía, 2016a). La evolución de los focos localizados se puede estudiar mediante el uso de series temporales basadas en imágenes Sentinel 2, (Fernández-Habas, Fernández-Rebollo, Casado, García Moreno, & Abellanas, 2019). Además de la evolución espacio temporal de los focos, ofrece información sobre su dirección y velocidad de dispersión (Cardillo et al., 2021; Wilkening et al., 2021), lo que puede ser de gran utilidad a la hora de seleccionar los tratamientos preventivos a realizar (Cardillo et al., 2021; Junta de Andalucía, 2016c).

### **La Seca. Control de la enfermedad**

#### Prevención de la infección

Aunque se han recomendado medidas de actuación para el control de la distribución y la mitigación de su afección en relación a la delimitación de las zonas de riesgo a escala comunitaria o provincial (Duque-Lazo et al., 2018; Hernández-Lambraño et al., 2019; Hernández-Lambraño et al., 2018), la realidad es que se requieren estudios de menor escala para establecer unas medidas de actuación concretas, precisas y adaptadas a las



condiciones particulares de cada zona (Cardillo et al., 2021; Sánchez-Cuesta, Navarro-Cerrillo, Quero, & Ruiz-Gómez, 2020; Sánchez-Cuesta, Ruiz-Gómez, Duque-Lazo, González-Moreno, & Navarro-Cerrillo, 2021). En este sentido, las principales vías de distribución están ligadas a cursos de agua/movimientos de agua por escorrentía y actividades humanas. Las medidas recomendadas están encaminadas a la prevención de la erosión mediante el mantenimiento de coberturas vegetales anuales y a la limpieza y desinfección de aperos, herramientas y vehículos que transiten entre zonas limpias y afectadas (Junta de Andalucía, 2016a, 2016c).

#### Tratamientos químicos. Inyecciones fosfonatos

La aplicación de fertilizantes químicos (fosfonatos o fosfitos) por medio de inyecciones al tronco del arbolado han demostrado su eficacia en el control de los síntomas de la enfermedad (Solla et al., 2009). Estos compuestos sistémicos no fitotóxicos y activos a bajas concentraciones actúan como activadores de la resistencia, mediante la inducción de cambios fisiológicos en la planta (María Socorro Serrano et al., 2017). El fosfito potásico ha demostrado tener eficacia tanto preventiva como curativa, ya que, aplicados al árbol sano mediante inyección al tronco, previenen la infección de las raíces por *P. cinnamomi*, y aplicados a arboles ya infectados, pero que aún no muestran los síntomas aéreos de la enfermedad radical, evitan su muerte (Junta de Andalucía, 2016c; María Socorro Serrano et al., 2017). No obstante, la aplicación de fosfito potásico ha sido recientemente prohibida en tanto no se registre como fungicida (Anexo 1 RD 506/2013). Por otra parte, se ha demostrado que otro fosfonato, el fosetil-aluminio, resulta muy efectivo en la prevención de la enfermedad en plantones de encina y alcornoque, mejorando el efecto preventivo del fosfito potásico (M. González, Caetano, & Sánchez, 2017). Incluso se ha demostrado un efecto terapéutico en infecciones preexistentes (Romero, González, Serrano, & Sánchez, 2019). El tratamiento con fosetil-aluminio reduce significativamente la defoliación causada por *P. cinnamomi* en alcornoques (Mario González, Romero, Serrano, & Sánchez, 2020).

#### Tratamientos encalados

Se ha demostrado que la aplicación de enmiendas calizas, es decir, tratamientos con cal, carbonato o superfosfato cálcico, disminuye la incidencia y severidad de la enfermedad causada por *P. cinnamomi* en *Q. ilex* (M. Serrano, De Vita, Fernández-Rebollo, & Sánchez Hernández, 2012). El calcio actúa como un fungicida débil que limita la fase reproductiva e infectiva del hongo (M. Serrano et al., 2012; María Socorro Serrano, De Vita, Fernández-Rebollo, & Sánchez, 2011) y niveles elevados de  $Ca^{2+}$  no sólo estimulan el desarrollo de microorganismos del suelo antagonistas del patógeno (Rodríguez-Molina et al., 2021; M. Serrano et al., 2012) sino que también se han asociado con suelos carentes de los síntomas causadas por *Phytophthora* spp. (Duque-Lazo et al., 2018). Por tanto, la aplicación de enmiendas cálcicas en dehesa no erradican la enfermedad, sino que ralentizan la sintomatología en el arbolado (Camilo-Alves et al., 2013; M. Serrano et al., 2012; María Socorro Serrano et al., 2017).

#### Tratamientos biofumigación

La biofumigación consiste en la incorporación al suelo de materia orgánica fresca o harina de semillas de estas especies junto con la aportación de agua para producir un efecto



desinfectante en el suelo (Pedro Ríos et al., 2018; P. Ríos, Obregón, González, de Haro, & Sánchez, 2016). Ensayos sobre el efecto inhibitor del crecimiento micelial de *P. cinnamomi* de distintos biofumigantes vegetales (*Cistus albus*, *C. ladanifer*, *Diplotaxis sp.*, *Phlomis purpurea*, *Brassica carinata* y *B. juncea*) y enmiendas orgánicas (gallinaza, estiércol de ovino, vacuno y purín de porcino) mostraron que *Brassica carinata* L. y la gallinaza causaban un 100% de inhibición mientras que con *Diplotaxis*, purín y estiércol de oveja maduro se superó el 50%. Por el contrario, el estiércol fresco de oveja no tuvo un efecto inhibitor (Pedro Ríos et al., 2018; P. Ríos et al., 2016). La utilización de brasicáceas ricas en glucosinolatos tiene efecto biocida sobre los patógenos del suelo y más concretamente sobre *P. cinnamomi* (P. Ríos et al., 2016). Se ha demostrado que *Brassica carinata* L. y *B. juncea* L. reducen el crecimiento micelial de *P. cinnamomi*, inhiben la producción de esporangios y además disminuyen la viabilidad de sus esporas de resistencia (clamidosporas) (P. Ríos et al., 2016). En general, los biofumigantes con alto contenido en el glucosinolato sinigrina son muy efectivos en el control de *P. cinnamomi* (P. Ríos et al., 2016), siendo la harina de semillas el material biofumigante más eficaz (Pedro Ríos et al., 2018).

Por otro lado, son escasos los trabajos que analizan el efecto de aplicar conjuntamente la biofumigación con la adición de fertilizantes cálcicos. Sin embargo, un trabajo reciente realizado en condiciones controladas ha puesto de manifiesto que el tratamiento combinado de  $\text{CaCO}_3$  y biofumigación con harina de semilla de *B. juncea* redujo de forma más efectiva la severidad de síntomas de la enfermedad en la raíz de alcornoque (López-Sánchez & Perea, 2020; Rodríguez-Molina et al., 2021). No obstante, hasta la fecha, no existen experiencias similares en condiciones de campo.



# Revisión bibliográfica

## Conservación del suelo y efectos de las labores



## Índice

Listado bibliográfico .....	1
Síntesis de las publicaciones revisadas .....	6
Resumen .....	24



### Listado bibliográfico

1. Alameda, D., Villar, R., & Iriondo, J. M. (2012). Spatial pattern of soil compaction: Trees' footprint on soil physical properties. *Forest Ecology and Management*, 283, 128-137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.018>
2. Corral-Fernández, R., Parras-Alcántara, L., & Lozano-García, B. (2013). Stratification ratio of soil organic C, N and C:N in Mediterranean evergreen oak woodland with conventional and organic tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 252-259. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.11.002>
3. Domínguez, M. T., Jiménez, C., Matías Resina, L., Gutiérrez González, E., Herrador, M. B., Hidalgo, M. D., & Pérez-Ramos, I. M. (2018). Efectos interactivos de cambio climático y presión ganadera sobre el funcionamiento del suelo en ecosistemas de dehesas.
4. Gallardo, A., Rodríguez-Saucedo, J. J., Covelo, F., & Fernández-Alés, R. (2000). Soil nitrogen heterogeneity in a Dehesa ecosystem. *Plant and Soil*, 222(1), 71-82. doi:10.1023/A:1004725927358
5. García-Angulo, D., Hereş, A. M., Fernández-López, M., Flores, O., Sanz, M. J., Rey, A., Curiel Yuste, J. (2020). Holm oak decline and mortality exacerbates drought effects on soil biogeochemical cycling and soil microbial communities across a climatic gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 149, 107921. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107921>
6. Gazol, A., Hereş, A.-M., & Curiel Yuste, J. (2021). Land-use practices (coppices and dehesas) and management intensity modulate responses of Holm oak growth to drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, 297, 108235. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108235>
7. Gómez-Giráldez, P. J., Pérez, A., Berrocal, F., & Caño, B. (2016). Manejo del suelo frente a la erosión en Dehesa.
8. Hernández Díaz-Ambrona, C. G. (1999). Extremadura: Manejo del suelo en la dehesa. *Agricultura: Revista agropecuaria*, ISSN 0002-1334, Año nº 68, N° 808, 1999, pags. 924-926.



9. Howlett, D. S., Moreno, G., Mosquera Losada, M. R., Nair, P. K. R., & Nair, V. D. (2011). Soil carbon storage as influenced by tree cover in the Dehesa cork oak silvopasture of central-western Spain. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(7), 1897-1904. doi:10.1039/C1EM10059A
10. Lozano-García, B., Muñoz-Rojas, M., & Parras-Alcántara, L. (2017). Climate and land use changes effects on soil organic carbon stocks in a Mediterranean semi-natural area. *Science of The Total Environment*, 579, 1249-1259. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.111
11. Lozano-Parra, J., Pulido, M., Lozano-Fondón, C., & Schnabel, S. (2018). How do Soil Moisture and Vegetation Covers Influence Soil Temperature in Drylands of Mediterranean Regions? , 10(12), 1747.
12. Lozano-Parra, J., Schnabel, S., & Ceballos-Barbancho, A. (2015). The role of vegetation covers on soil wetting processes at rainfall event scale in scattered tree woodland of Mediterranean climate. *Journal of Hydrology*, 529, 951-961. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.09.018
13. Marañón, T., Pérez-Ramos, I. M., Villar Montero, R., Acácio, V., Aranda, I., Camarero, J. J., . . . Domínguez, M. T. (2020). Iberian oaks coping with global change: Ecological processes and management strategies. In B. J. Steffensen (Ed.), *Quercus: Classification, Ecology and Uses* (pp. 1-84). Nova Science Publishers: New York.
14. Martínez, T., Urquía, J., Tejerina, J., Guerrero, A., & J., J. B. (2014). Producción herbácea y calidad de pasto en un sistema silvopastoral adhesado de la Sierra de Madrid. 2014-2020.
15. Mateos Rodríguez, A., & Schnabel, S. (2020). Morfología Fluvial.-Influencia de la poda del arbolado en el volumen y distribución de la lluvia sobre el suelo en el ecosistema dehesa. Paper presented at the Congreso Internacional sobre desertificación.
16. Moreno, G., & Obrador, J. J. (2007). Effects of trees and understory management on soil fertility and nutritional status of holm oaks in Spanish dehesas. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78(3), 253-264. doi:10.1007/s10705-007-9089-3



17. Oggioni, S. D., Ochoa-Hueso, R., & Peco, B. (2020). Livestock grazing abandonment reduces soil microbial activity and carbon storage in a Mediterranean Dehesa. *Applied Soil Ecology*, 153, 103588. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103588>
18. Parras-Alcántara, L., Díaz-Jaimes, L., Lozano-García, B., Rebollo, P. F., Elcure, F. M., & Muñoz, M. D. C. (2014). Organic farming has little effect on carbon stock in a Mediterranean dehesa (southern Spain). *CATENA*, 113, 9-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.09.002>
19. Pulido-Fernández, M., Schnabel, S., Lavado-Contador, J. F., Miralles Mellado, I., & Ortega Pérez, R. (2013). Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. *CATENA*, 109, 13-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.05.002>
20. Pulido Fernández, M. (2014). Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo.
21. Pulido, M., Schnabel, S., Contador, J. F. L., Lozano-Parra, J., & Gómez-Gutiérrez, Á. (2017). Selecting indicators for assessing soil quality and degradation in rangelands of Extremadura (SW Spain). *Ecological Indicators*, 74, 49-61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.016>
22. Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contador, J. F., Lozano-Parra, J., & González, F. (2016). The Impact of Heavy Grazing on Soil Quality and Pasture Production in Rangelands of SW Spain. *Land Degradation & Development*, 29(2), 219-230. doi:<https://doi.org/10.1002/ldr.2501>
23. Reyna-Bowen, L., Fernandez-Rebollo, P., Fernández-Habas, J., & Gómez, J. A. (2020). The influence of tree and soil management on soil organic carbon stock and pools in dehesa systems. *CATENA*, 190, 104511. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104511>
24. Rodeghiero, M., Rubio, A., Díaz-Pinés, E., Romanyà, J., Marañón-Jiménez, S., Levy, G. J., . . . La Mantia, T. (2011). Soil Carbon in Mediterranean Ecosystems and Related Management Problems. In *Soil Carbon in Sensitive European Ecosystems* (pp. 175-218).



25. Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Gómez-Gutiérrez, Á., & Lavado-Contador, J. F. (2019). Temporal and spatial variation of soil erosion in wooded rangelands of southwest Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(11), 2141-2155. doi:<https://doi.org/10.1002/esp.4636>
26. Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Gómez-Gutiérrez, Á., & Sánchez-Fernández, M. (2018). Estimation of soil erosion rates in dehesas using the inflection point of holm oaks. *CATENA*, 166, 56-67. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.03.017>
27. Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Gómez Gutiérrez, Á., & Berenguer, F. (2014). Estimación de tasas de erosión históricas en dehesas utilizando raíces arbóreas expuestas y láser escáner terrestre. *Cuaternario y Geomorfología*, 28(3-4), 69-84.
28. Schnabel, S., Dahlgren, R. A., & Moreno-Marcos, G. (2013). Soil and Water Dynamics. In P. Campos, L. Huntsinger, J. L. Oviedo Pro, P. F. Starrs, M. Diaz, R. B. Standiford, & G. Montero (Eds.), *Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes: Dehesas of Spain and Ranchlands of California* (pp. 91-121). Dordrecht: Springer Netherlands.
29. Schnabel, S., Fernández, M. P., & Contador, J. F. L. (2020). El impacto de la ganadería y la agricultura en los ecosistemas terrestres.-The availability of water in ranches of mediterranean type climate %J Congreso Internacional sobre desertificación. In.
30. Schnabel, S., Gutiérrez, A. G., & Contador, J. F. L. (2020). El impacto de la ganadería y la agricultura en los ecosistemas terrestres.-Grazing and soil erosion in dehesas of SW Spain %J Congreso Internacional sobre desertificación. In.
31. Schnabel, S., Pulido-Fernández, M., & Lavado-Contador, J. F. (2013). Soil water repellency in rangelands of Extremadura (Spain) and its relationship with land management. *CATENA*, 103, 53-61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.11.006>
32. Seddaiu, G., Porcu, G., Ledda, L., Roggero, P. P., Agnelli, A., & Corti, G. (2013). Soil organic matter content and composition as influenced by soil



- management in a semi-arid Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 167, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.01.002>
33. Simón, N., Montes, F., Díaz-Pinés, E., Benavides, R., Roig, S., & Rubio, A. (2012). Spatial distribution of the soil organic carbon pool in a Holm oak dehesa in Spain. *Plant and Soil*, 366. doi:10.1007/s11104-012-1443-9
34. Uribe, C., Inclán, R., Hernando, L., Román, M., Clavero, M. A., Roig, S., & Van Miegroet, H. (2015). Grazing, tilling and canopy effects on carbon dioxide fluxes in a Spanish dehesa. *Agroforestry Systems*, 89(2), 305-318. doi:10.1007/s10457-014-9767-5
35. Vilanova, M. M. (2002). La cubierta vegetal y la erosión del suelo bajo distintas técnicas de mejora de pastos en zonas adehesadas. Universidad Politécnica de Madrid.



### Síntesis de las publicaciones revisadas

**1 Alameda, D., Villar, R., & Iriondo, J. M. (2012). Spatial pattern of soil compaction: Trees' footprint on soil physical properties. *Forest Ecology and Management*, 283, 128-137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.018>**

Artículo científico publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en 2012. En este artículo se analiza la influencia del tipo de copa de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Pinus pinaster* en la distribución espacial de variables relacionadas con la compactación del suelo en un bosque mediterráneo situado en el sur de España. Para ello, se utilizó la metodología SADIE (análisis espacial por índices de distancia). Los resultados mostraron que las copas de los árboles afectan a las variables de compactación del suelo, y que sus efectos sobre la producción herbácea se producen principalmente por el efecto positivo de la materia orgánica (a 2-7 cm de profundidad) y el efecto negativo de la resistencia a la penetración (a 9-14 cm de profundidad). Por lo tanto, la gestión forestal debe considerar que la sustitución de una especie por otra o los cambios en la densidad de los árboles pueden tener importantes consecuencias en la compactación del suelo y en el funcionamiento del ecosistema.

**2 Corral-Fernández, R., Parras-Alcántara, L., & Lozano-García, B. (2013). Stratification ratio of soil organic C, N and C:N in Mediterranean evergreen oak woodland with conventional and organic tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 252-259. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.11.002>**

Artículo científico publicado en la revista "Agriculture, Ecosystems and Environment" en 2013. El objetivo de este estudio es analizar el efecto del laboreo tradicional y el laboreo orgánico en la distribución del carbono orgánico, el nitrógeno total y la relación C/N en dos tipos de suelo (leptosol y cambisol). El nivel de estratificación del carbono orgánico en los suelos tipo cambisol fue mayor con el laboreo orgánico que con el laboreo tradicional. El nivel de estratificación del nitrógeno total fue mayor con el laboreo orgánico que con el laboreo tradicional. El laboreo orgánico también aumentó la estratificación de la relación C/N en comparación con el carbono total. No se encontraron diferencias significativas entre las dos prácticas de labranza en los suelos tipo cambisol, lo que sugiere que el sistema de gestión tiene poca influencia en la acumulación de carbono en el suelo.

**3 Domínguez, M. T., Jiménez, C., Matías Resina, L., Gutiérrez González, E., Herrador, M. B., Hidalgo, M. D., & Pérez-Ramos, I. M. (2018). Efectos interactivos de cambio climático y presión ganadera sobre el funcionamiento del suelo en ecosistemas de dehesas.**

Artículo científico publicado en el libro de actas del VIII Congreso Ibérico de las Ciencias del Suelo en 2018. En este trabajo se analiza el impacto del sobrepastoreo y el cambio



climático sobre algunas variables relacionadas con la actividad microbiana del suelo de dehesas. Para ello, se instalaron 36 parcelas experimentales, donde se manipularon las condiciones de temperatura y precipitación, repartidas en tres fincas sometidas a diferente carga ganadera. Dichas parcelas se ubicaron en los dos tipos de hábitats más frecuentes en los sistemas de dehesa (bajo arbolado y pastizal). Las variables microbianas estudiadas obtuvieron valores mayores en los suelos bajo arbolado que en los de pastizal. La intensidad ganadera influyó principalmente en las variables relacionadas con el ciclo del nitrógeno en el suelo, mientras que los tratamientos climáticos tuvieron muy poco impacto en el funcionamiento del suelo y en su contenido en nutrientes. Los autores concluyen que la heterogeneidad espacial del ecosistema de dehesa, generada por la distribución del arbolado y la intensidad variable de la herbivoría, juega un papel determinante en la actividad microbiana del suelo de las dehesas. Estos dos factores tuvieron más influencia en el funcionamiento del suelo que la exposición a corto plazo (8 meses) a cambios en las condiciones de temperatura y precipitación.

**4 Gallardo, A., Rodríguez-Saucedo, J. J., Covelo, F., & Fernández-Alés, R. (2000). Soil nitrogen heterogeneity in a Dehesa ecosystem. *Plant and Soil*, 222(1), 71-82. doi:10.1023/A:1004725927358**

Artículo científico publicado en la revista "Plant and Soil" en el año 2000. En este trabajo se analizan distintas variables relacionadas con el nitrógeno del suelo (potencial de mineralización, nitrógeno orgánico y nitrógeno disponible). La variabilidad temporal de las muestras de suelo se comparó utilizando el coeficiente de variación de las muestras tomadas de forma mensual. La variabilidad espacial de las muestras de suelo se midió comparando los variogramas generados con técnicas geoestadísticas. Los resultados indican que el componente arbóreo de un ecosistema de dehesa tiene una gran influencia en la heterogeneidad espacial y temporal de los suelos.

**5 García-Angulo, D., Hereş, A. M., Fernández-López, M., Flores, O., Sanz, M. J., Rey, A., . . . Curiel Yuste, J. (2020). Holm oak decline and mortality exacerbates drought effects on soil biogeochemical cycling and soil microbial communities across a climatic gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 149, 107921. doi:https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107921**

Artículo científico publicado en la revista "Biology and Biochemistry" en 2020. En este trabajo se analiza si los episodios cada vez más frecuentes de mortalidad de los árboles provocada por la sequía podrían alterar los ciclos biogeoquímicos del suelo. En el estudio se incluyeron diferentes tipos de climas, suelos y tipos de bosque (bosques densos, dehesas y bosques abiertos) y distintos grados de defoliación de copa (sano, afectado y muerto) para caracterizar la distribución de las encinas en la Península Ibérica. Los resultados mostraron que, aparte de los posibles efectos asociados a gradientes climáticos, el declive y la mortalidad de la encina provocaron desequilibrios



estequiométricos en el suelo, desencadenados por las pérdidas netas de oligonutrientes esenciales y la acumulación de formas muy móviles de nitrógeno y fósforo disponibles. Los autores concluyen que la vulnerabilidad potencial de las reservas de carbono y nutrientes del suelo a los cambios climáticos puede depender en gran medida de la vulnerabilidad de los árboles al cambio climático, de su efecto en las relaciones entre el suelo y las plantas, y de cómo esto puede afectar a la ecología y al funcionamiento de los grupos funcionales clave del suelo y de las vías metabólicas más importantes.

**6 Gazol, A., Hereş, A.-M., & Curiel Yuste, J. (2021). Land-use practices (coppices and dehesas) and management intensity modulate responses of Holm oak growth to drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, 297, 108235. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108235>**

Artículo científico publicado en la revista "Agricultural and Forest Meteorology" en 2021. En este estudio se combinan datos de anillos de crecimiento de los árboles con el porcentaje cobertura del suelo, el índice de área foliar, las variables del suelo y el índice estandarizado de evapotranspiración de las precipitaciones (como indicador de la disponibilidad de agua) para analizar las relaciones entre las prácticas más comunes de uso del suelo en la encina y su declive y mortalidad inducidos por la sequía. Las dehesas presentaron menos porcentaje de cobertura del suelo que las parcelas de monte bajo, lo que produce una menor capacidad de retención de agua y pH en el suelo. Las prácticas tradicionales en las zonas de monte bajo, que buscan reducir el porcentaje de cobertura del suelo, pueden afectar positivamente a la plasticidad y la sensibilidad a la sequía, ya que disminuyen la competencia. Sin embargo, también aumentan la erosión y disminuyen la salud del suelo. Estos resultados añaden evidencias sólidas sobre cómo la variación de la intensidad de los usos tradicionales podría ser una herramienta útil para optimizar los servicios de los ecosistemas en los sistemas mediterráneos altamente vulnerables al cambio climático.

**7 Gómez-Giráldez, P. J., Pérez, A., Berrocal, F., & Caño, B. (2016). Manejo del suelo frente a la erosión en Dehesa.**

Manual didáctico que aborda el manejo del suelo frente a la erosión como uno de los aspectos clave en la gestión de la dehesa. El manual fue publicado por la Junta de Andalucía en 2016 con el objetivo de constituir una herramienta eficaz para la formación especializada, el asesoramiento y la profesionalización del sector. Consta de las siguientes unidades:

Conceptos generales: Define el concepto de erosión del suelo y los tipos más comunes de erosión que se pueden encontrar en campo. Posteriormente resume los factores que influyen en el proceso de erosión (clima, relieve y cobertura del suelo). Finalmente resume los beneficios que tiene proteger el suelo, así como los problemas que conlleva la erosión en ambientes adehesados.



Análisis del riesgo de erosión en la finca: Orienta al gestor en la evaluación del grado de susceptibilidad a ser erosionada su explotación, así como el grado de degradación del suelo. Los primeros apartados resumen los pasos a seguir para diagnosticar los factores que intervienen en la erosión de su explotación (clima y propiedades del suelo). La segunda parte resume los síntomas más comunes para detectar zonas potenciales con alto grado de erosión dentro de la explotación, y en cuáles se debe actuar para disminuir sus efectos.

Buenas prácticas de manejo del suelo para la prevención de la erosión: Resume las ventajas e inconvenientes de los posibles manejos de suelo que usualmente se practican en la dehesa, describe la maquinaria usada y da algunas recomendaciones, siempre desde el punto de vista de conservación del suelo y agua. Finalmente, indica las ventajas que tiene disponer de una cubierta vegetal.

Corrección de la erosión (cárcavas): Resume los pasos a seguir para la corrección de cárcavas. Siempre se recomienda actuar en la zona más próxima a la cabecera. Primero se recomienda revegetar la cárcava. Si el problema prosigue, se recomienda la construcción de diques de contención con materiales del lugar (o externos en caso de no disponer de ellos). Se recomienda analizar a qué se debe su formación y prevenir en lo posible su aparición.

**8 Hernández Díaz-Ambrona, C. G. (1999). Extremadura: Manejo del suelo en la dehesa. Agricultura: Revista agropecuaria, ISSN 0002-1334, Año nº 68, Nº 808, 1999, pags. 924-926.**

Artículo publicado en la revista "Agropecuaria" en 1999. El artículo describe la segunda Demostración Internacional de Mecanización en las Dehesas, que tuvo lugar en la dehesa de Valdetablas. En él se habla de la mecanización de la dehesa, centrada en el manejo del ganado y las labores a realizar sobre arbolado, matorral, pastos y cultivos; el manejo del suelo, con los objetivos de mantener la capacidad de regeneración natural del arbolado, principalmente de encinas y alcornoques o de otras especies que compongan la masa arbórea de la dehesa, y de mantener un buen pastizal, productivo y libre de malas hierbas; el desbroce, con o sin roturación del suelo; la preparación del suelo para la siembra; la siembra, con el objetivo de incrementar la disponibilidad de alimentos propios de la dehesa y mantener la calidad y valor nutritivo de sus pastos; y los pequeños tratamientos selvícolas.

**9 Howlett, D. S., Moreno, G., Mosquera Losada, M. R., Nair, P. K. R., & Nair, V. D. (2011). Soil carbon storage as influenced by tree cover in the Dehesa cork oak silvopasture of central-western Spain. Journal of Environmental Monitoring, 13(7), 1897-1904. doi:10.1039/C1EM10059A**



Artículo publicado en la revista "Journal of Environmental Monitoring" en 2011. El artículo analiza el contenido de carbono en el suelo de las dehesas, analizando varias profundidades y distancias a los árboles. Ambos factores fueron determinantes en el contenido de carbono del suelo. Las mayores reservas de carbono del suelo se encontraron directamente debajo de la de las copas de los árboles, lo que sugiere que el mantenimiento o el aumento de la cobertura arbórea puede aumentar el almacenamiento de carbono del suelo a largo plazo en los sistemas silvopastorales mediterráneos. Los resultados también demuestran el uso de las características de los agregados del suelo como indicadores del potencial de secuestro de carbono del suelo y, por lo tanto, una herramienta para el seguimiento medioambiental.

**10 Lozano-García, B., Muñoz-Rojas, M., & Parras-Alcántara, L. (2017). Climate and land use changes effects on soil organic carbon stocks in a Mediterranean semi-natural area. Science of The Total Environment, 579, 1249-1259. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.111>**

Artículo publicado en la revista científica "Science of the Total Environment" en 2016. En este estudio se utiliza el modelo CarboSOIL para predecir cambios en el contenido de carbono orgánico en el suelo en tres horizontes temporales (2040, 2070 y 2100) considerando dos modelos generales de circulación (BCM2 y ECHAM5) y tres escenarios propuestos por IPCC (A1b, A2 y B2). También se evaluaron los efectos de los posibles cambios de uso del suelo de la vegetación natural (robleal mediterráneo) a tierras agrícolas (olivar y cereal) en las reservas de carbono orgánico del suelo. Los resultados mostraron diferencias sustanciales entre los horizontes temporales, los escenarios climáticos y de uso de la tierra y la profundidad del suelo, con mayores disminuciones de las reservas de carbono orgánico del suelo a largo plazo (horizonte temporal de 2100) y particularmente en los olivares. También mostraron una tendencia general hacia una pérdida del contenido de carbono orgánico del suelo en las capas más superficiales, especialmente a largo plazo. Este estudio muestra la importancia de la evaluación de las reservas de carbono orgánico del suelo bajo escenarios climáticos y de uso de la tierra en diferentes secciones del suelo y apunta a posibles claves para una gestión adecuada del uso de la tierra en las zonas seminaturales mediterráneas.

**11 Lozano-Parra, J., Pulido, M., Lozano-Fondón, C., & Schnabel, S. (2018). How do Soil Moisture and Vegetation Covers Influence Soil Temperature in Drylands of Mediterranean Regions? 10(12), 1747.**

Artículo científico publicado en la revista "Water" en 2018. Este estudio tiene como objetivo definir cómo las interacciones entre la humedad del suelo y las cubiertas vegetales influyen en las temperaturas del suelo en ambientes muy limitados por el agua. Los resultados pusieron de manifiesto la importancia de la humedad del suelo y de la cubierta vegetal en la modificación de las temperaturas del suelo. A medida que disminuye la humedad del suelo, aumenta su temperatura, aunque este efecto fue



significativamente más débil bajo las copas de los árboles que en los pastizales. Tanto el alto contenido de agua del suelo como el efecto de la sombra se reflejaron en una disminución de las temperaturas máximas del suelo y de sus amplitudes diarias. El análisis estadístico destacó la influencia de la temperatura del suelo en la reducción del agua del suelo, independientemente de la cobertura vegetal. Los autores concluyen que, si los déficits de humedad del suelo se hacen más frecuentes, las variaciones de la temperatura del suelo podrían aumentar, afectando a los procesos hidrometeorológicos y al clima local.

**12 Lozano-Parra, J., Schnabel, S., & Ceballos-Barbancho, A. (2015). The role of vegetation covers on soil wetting processes at rainfall event scale in scattered tree woodland of Mediterranean climate. Journal of Hydrology, 529, 951-961. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.09.018**

Artículo científico publicado en la revista "Journal of Hydrology" en 2015. El objetivo principal de este trabajo es determinar el papel de las cubiertas vegetales (pradera y dosel arbóreo) en la respuesta hidrológica del suelo utilizando mediciones con alta resolución temporal en un bosque de robles de hoja perenne de clima mediterráneo. Se realizó un seguimiento de tres zonas de estudio durante 2,5 años hidrológicos. Los resultados obtenidos revelan que las cantidades de agua de lluvia que llegan al suelo pueden ser modificadas temporalmente por las cubiertas según las propiedades de la precipitación y las condiciones previas al episodio de lluvia (de seco a húmedo). La cantidad de lluvia necesaria para desencadenar una respuesta hidrológica positiva del suelo disminuye a medida que los estados iniciales se vuelven más secos, siendo más acentuados bajo las copas de los árboles. La frecuencia de los ciclos de rehumectación y los estados previos parecen ser tan importantes o más que la duración o la cantidad de precipitación. Por lo tanto, el papel de la vegetación fue más decisivo en condiciones ambientales secas, donde los eventos inferiores a 6 mm y 2 mm nunca provocaron una respuesta hidrológica del suelo ni bajo el dosel de los árboles ni en los pastizales. Esto es importante porque las condiciones iniciales eran independientes de la estacionalidad y porque más de la mitad de los eventos de precipitación registraron cantidades inferiores a 5 mm. Si los cambios en los patrones de precipitación se traducen en condiciones más secas, el predominio de estas situaciones podría tener importantes consecuencias ecohidrológicas en los ecosistemas semiáridos.

**13 Marañón, T., Pérez-Ramos, I. M., Villar Montero, R., Acácio, V., Aranda, I., Camarero, J. J., . . . Domínguez, M. T. (2020). Iberian oaks coping with global change: Ecological processes and management strategies. In B. J. Steffensen (Ed.), Quercus: Classification, Ecology and Uses (pp. 1-84). Nova Science Publishers: New York.**

Capítulo del libro titulado "Quercus: Classification, Ecology and Uses", publicado en 2020. En este capítulo los autores se centran en la ecología de los robles ibéricos y en analizar cómo les afecta el cambio global. En primer lugar, presentan una visión general



de la bibliografía sobre *Quercus*, analizada por especies, países y temas. En segundo lugar, revisan los principales procesos biológicos relacionados con las respuestas de los robles al cambio global:

La diversidad genética, los refugios climáticos y la adaptación al cambio climático.

Las respuestas ecofisiológicas al estrés y a las perturbaciones, la diversidad funcional y los patrones de crecimiento, aumentando la escala de la hoja al ecosistema.

Las respuestas demográficas, las causas de los fallos de regeneración, los patrones espaciales de reclutamiento y los factores de declive y muerte.

En tercer lugar, revisan las estrategias de gestión en tres casos concretos: los sistemas agro-silvo-pastoriles (dehesas y montados), los alcornocales, y la aforestación de una tierra contaminada por la fitoestabilización de contaminantes.

**14 Martínez, T., Urquía, J., Tejerina, J., Guerrero, A., & J., J. B. (2014). Producción herbácea y calidad de pasto en un sistema silvopastoral adehesado de la Sierra de Madrid. 2014-2020.**

Artículo publicado en el libro de actas de la "53ª Reunión Científica de la SEEP" en 2014. En este artículo se analiza la producción y la calidad de los pastos herbáceos en un sistema silvopastoral de la sierra de Guadarrama. Los tipos de pastos que se evalúan son xero-mesofíticos y mesofíticos. Se evaluó la biomasa total y por grupos funcionales: gramínoideas (gramíneas y ciperáceas-juncáceas), leguminosas y otras familias. Los parámetros de calidad analizados fueron proteína bruta, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina. La mayor cantidad de biomasa se produjo en las zonas donde abundan los pastos mesofíticos. Por el contrario, los pastos de mayor calidad (mayor contenido en proteína y menor cantidad en fibra y lignina) fueron los de las zonas donde abundaban los pastos xero-mesofíticos. Los autores sugieren que, para un aprovechamiento más eficiente de los recursos, sería conveniente introducir cambios en la gestión de la explotación evitando una pérdida de calidad en diferentes comunidades herbáceas en el periodo de pastoreo.

**15 Mateos Rodríguez, A., & Schnabel, S. (2020). Morfología Fluvial.-Influencia de la poda del arbolado en el volumen y distribución de la lluvia sobre el suelo en el ecosistema dehesa. Paper presented at the Congreso Internacional sobre desertificación.**

Artículo presentado al "Congreso Internacional sobre desertificación" en 2020. El objetivo del estudio es analizar las diferencias en la cantidad y la distribución del agua de lluvia en los árboles podados y no podados. También se estudiaron los efectos de las técnicas de poda sobre el conjunto de los recursos hídricos de una dehesa y sus posibles repercusiones sobre el sistema del suelo. Los resultados obtenidos en este estudio ponen de manifiesto que las variaciones que se producen, tanto en el volumen como en la



distribución espacial de la cantidad de agua de lluvia que llega al suelo a través de la copa de los árboles, son importantes. Esas diferencias son aún más pronunciadas cuando la masa foliar ha desaparecido en gran parte por efecto de la poda. Cualquier variación sustancial en la cubierta de arbolado de la dehesa supone variaciones importantes, no sólo en las cantidades de agua trascolada, sino también en las condiciones de humedad del suelo entre unas zonas y otras que, consecuentemente, alterarán a las propiedades del mismo y con ello su respuesta ante los procesos erosivos.

**16 Moreno, G., & Obrador, J. J. (2007). Effects of trees and understory management on soil fertility and nutritional status of holm oaks in Spanish dehesas. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 78(3), 253-264. doi:10.1007/s10705-007-9089-3**

Artículo científico publicado en la revista "Nutrient Cycling in Agroecosystems" en 2007. Este estudio analiza la influencia de los árboles en la fertilidad química del suelo y en las consecuencias del sistema de la dehesa para la fertilidad del suelo y el estado nutricional de los árboles. Los suelos de las parcelas de cultivo mostraron contenidos significativamente mayores de la mayoría de los nutrientes estudiados que los de los pastos. El tipo de cultivo también afectó positivamente a los árboles, con mayores contenidos foliares de N y K en las parcelas de cultivos que en las de pastos. El contenido foliar no disminuyó para ningún nutriente, y la interacción árbol-cultivo se interpreta como un mecanismo de complementariedad en términos de uso de los nutrientes. La invasión de los arbustos condujo a un mayor contenido de N orgánico y cationes intercambiables en los suelos, pero también produjo una disminución del N mineral y disponible. Los contenidos foliares de N, Mg y Ca fueron menores en las parcelas de arbustos que en las de pastos, probablemente como consecuencia de la competencia entre árboles y arbustos por estos nutrientes. Por el contrario, el contenido de P de las hojas de los árboles aumentó significativamente en las parcelas de arbustos en comparación con las parcelas de hierba. La conclusión de este estudio es que las encinas contribuyen significativamente a aumentar la fertilidad del suelo de la dehesa, con una fuerte pérdida de su efecto con la distancia, independientemente del uso del suelo (parcelas cultivadas, pastoreadas o invadidas por arbustos). Las parcelas cultivadas contienen cantidades significativamente superiores de la mayoría de los nutrientes analizados, principalmente debido a la fertilización. Sin embargo, el efecto positivo sobre la fertilidad del suelo se reflejó en el estado nutricional de los árboles sólo en el caso de los nutrientes más móviles (N y K).

**17 Oggioni, S. D., Ochoa-Hueso, R., & Peco, B. (2020). Livestock grazing abandonment reduces soil microbial activity and carbon storage in a Mediterranean Dehesa. Applied Soil Ecology, 153, 103588. doi:https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103588**

Artículo científico publicado en la revista "Applied Soil Ecology" en 2020. En este estudio se evalúan los efectos del abandono del pastoreo en la fertilidad del suelo y la capacidad de las comunidades microbianas del suelo para procesar la materia



orgánica (actividad enzimática y tasa de descomposición utilizando el Índice de la Bolsa de Té) en veinticuatro parcelas de estudio en una dehesa de *Quercus ilex* del centro de España. Las parcelas se distribuyeron en cuatro niveles de pastoreo (nulo, muy bajo, bajo y moderado) y dos niveles de disponibilidad de recursos en términos de agua y nutrientes (Parte alta y baja de la ladera). El abandono del pastoreo en las partes altas de la ladera se asoció con una menor acumulación de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes como el fósforo y el potasio. El abandono del pastoreo también tuvo un efecto negativo sobre la actividad enzimática microbiana, que está directamente relacionada con la descomposición de la hojarasca y la capacidad de las comunidades microbianas para estabilizar el carbono del suelo. Los efectos microbianos fueron especialmente marcados en las zonas bajas, lo que indica el papel modulador de la topografía en los efectos de los cambios de uso del suelo. Los autores concluyen que las políticas de gestión medioambiental deberían tener en cuenta los efectos ecológicos positivos del pastoreo tradicional en regiones con una larga historia de pastoreo de ganado doméstico, y cómo el abandono de estas prácticas podría afectar negativamente a las funciones del ecosistema del suelo y a los servicios ecosistémicos relacionados con el suelo.

**18 Parras-Alcántara, L., Díaz-Jaimes, L., Lozano-García, B., Rebollo, P. F., Elcure, F. M., & Muñoz, M. D. C. (2014). Organic farming has little effect on carbon stock in a Mediterranean dehesa (southern Spain). CATENA, 113, 9-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.09.002>**

Artículo científico publicado en la revista "Catena" en 2014. Este estudio analiza las relaciones entre las propiedades del suelo y el carbono orgánico del suelo en dos tipos de suelo (Cambisoles y Leptosoles) bajo dos sistemas de manejo (agricultura orgánica y laboreo convencional) en una dehesa mediterránea del sur de España. El análisis de los datos mostró que los sistemas de manejo tienen un efecto muy limitado sobre el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo en la zona de estudio. Se encontraron diferencias significativas entre los tipos de suelo y los sistemas de manejo en el contenido de carbono orgánico en el suelo de los distintos horizontes. La relación de estratificación fue superior a 2 en ambos tipos de suelo (Cambisoles y Leptosoles) y sistemas de manejo (agricultura orgánica y laboreo convencional). Estos resultados indican que el suelo es de alta calidad y que los sistemas de manejo tienen poca influencia sobre el contenido de carbono orgánico en el suelo en el Valle de los Pedroches.

**19 Pulido-Fernández, M., Schnabel, S., Lavado-Contador, J. F., Miralles Mellado, I., & Ortega Pérez, R. (2013). Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. CATENA, 109, 13-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.05.002>**



Artículo científico publicado en la revista "Catena" en 2013. El objetivo principal de este estudio es evaluar la influencia de la cubierta vegetal y el sistema de gestión en las cantidades y características de la materia orgánica del suelo en las dehesas pastoreadas del suroeste de la Península Ibérica. Se analizaron tres diferentes tipos de formaciones: dehesas, matorrales de *Retama sphaerocarpa* y pastizales sin cubierta arbórea. Los resultados mostraron que los suelos son generalmente poco profundos, ácidos, con bajo contenido en carbono orgánico y pobres en nutrientes. Las zonas con mayores reservas de carbono en el suelo correspondían zonas invadidas por arbustos de *Retama sphaerocarpa* y dehesas. El carbono orgánico del suelo se concentra principalmente en la capa superior del suelo (5 cm), mostrando una gran variabilidad. El carbono orgánico del suelo fue relativamente alto bajo el dosel de los árboles, y su concentración y variabilidad disminuyeron con la profundidad. La proporción de cada fracción de carbono con respecto al carbono total se mantuvo relativamente constante independientemente del tipo de cubierta. Los resultados sugieren que la mala gestión de la tierra y la excesiva carga ganadera podrían estar relacionadas con la aparición de zonas de suelo desnudo, que afectan negativamente a la materia orgánica del suelo al eliminar los materiales más superficiales a través de la erosión del agua.

**20 Pulido Fernández, M. (2014). Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo.**

Tesis doctoral realizada en la Universidad de Extremadura en 2014. El trabajo tiene como objetivo principal desarrollar una metodología basada en indicadores para la evaluación de la calidad y degradación del suelo en áreas de pastoreo. No se observaron relaciones significativas de la carga ganadera con las propiedades del suelo, aunque sí con la reducción de la cobertura vegetal y la aparición de suelo desnudo. El suelo desnudo presente en un año normal o húmedo demuestra su potencial como indicador de la presión por pastoreo. La erosión laminar y la disponibilidad de sedimentos también se relacionaron con la presencia de suelo desnudo. Los resultados obtenidos aportan, por un lado, información relevante acerca del debate sobre la sostenibilidad ambiental y económica de las áreas de pastoreo en las presentes condiciones de manejo y, por otro lado, una metodología de evaluación de los suelos de fácil aplicabilidad.

**21 Pulido, M., Schnabel, S., Contador, J. F. L., Lozano-Parra, J., & Gómez-Gutiérrez, Á. (2017). Selecting indicators for assessing soil quality and degradation in rangelands of Extremadura (SW Spain). Ecological Indicators, 74, 49-61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.016>**

Artículo científico publicado en la revista "Ecological Indicators" en 2017. El objetivo de este artículo es proponer un conjunto de indicadores de calidad y degradación del suelo teniendo en cuenta las propiedades del suelo, los procesos de degradación, las características de las precipitaciones, así como los pastos y el tipo de manejo. La



capacidad de intercambio catiónico, el potasio disponible, la materia orgánica del suelo, el contenido de agua a capacidad de campo, la profundidad del suelo y el espesor del horizonte Ah fueron seleccionados como indicadores de calidad del suelo. Como indicadores de degradación del suelo se seleccionaron el porcentaje de cobertura de suelo desnudo y la densidad aparente medida de 5 a 10 cm de profundidad. Todos los indicadores se clasificaron en 5 categorías. Los resultados revelaron que el 14% de los casos mostraban una calidad del suelo muy baja y el 18% una alta degradación. En el artículo también se describen las razones que motivaron la selección y categorización de cada indicador y se compara el sistema propuesto con otros sistemas de indicadores existentes.

**22 Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contador, J. F., Lozano-Parra, J., & González, F. (2016). The Impact of Heavy Grazing on Soil Quality and Pasture Production in Rangelands of SW Spain. *Land Degradation & Development*, 29(2), 219-230. doi:<https://doi.org/10.1002/ldr.2501>**

Artículo científico publicado en la revista "Land Degradation & Improvement" en 2016. El objetivo principal de este trabajo es analizar los efectos del excesivo número de animales sobre la calidad del suelo y la producción de pastos en explotaciones privadas dedicadas a la ganadería extensiva. Se analizaron las propiedades del suelo, la cobertura superficial, la producción de pastos, la pluviometría y variables de gestión como la carga ganadera durante un periodo de 3 años (2008-2011). El estudio se realizó en 22 recintos ganaderos seleccionados de diez explotaciones distribuidas por toda la región de Extremadura. En los recintos con una carga ganadera superior a 1 AU/ha se observó la aparición de manchas de suelo desnudo, procesos de erosión hídrica, así como un aumento de la densidad aparente media en la capa de suelo de 5 a 10 cm de profundidad. También se encontraron indicios que confirman los efectos negativos del aumento de la densidad aparente sobre la producción y la calidad de los pastos.

**23 Reyna-Bowen, L., Fernandez-Rebollo, P., Fernández-Habas, J., & Gómez, J. A. (2020). The influence of tree and soil management on soil organic carbon stock and pools in dehesa systems. *CATENA*, 190, 104511. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104511>**

Artículo científico publicado en la revista "Catena" en 2020. Este estudio evaluó los efectos sobre la concentración, el stock y las fracciones de carbono orgánico en el suelo en una dehesa dividida en dos áreas de tipo de suelo similar pero con diferente tipo de gestión. La primera zona es una dehesa con encinas jóvenes en la que pastan ovejas durante un periodo medio de seis meses al año. La segunda zona es una dehesa con encinas maduras muy espaciadas, en la que se cultiva una mezcla de veza y avena cada tres años y se labra con un arado de cincel. La influencia de los árboles, que aumentan la concentración y el contenido de carbono orgánico en el suelo en comparación con la zona fuera de la proyección del dosel, sólo se detectó bajo los árboles maduros en la segunda dehesa. En la zona fuera del dosel de los árboles, ambos



sistemas mostraron una distribución similar del carbono orgánico del suelo entre sus diferentes fracciones, siendo la fracción no protegida la dominante, seguida de las fracciones física y químicamente protegidas. En la segunda dehesa, la presencia de árboles maduros modificó significativamente la distribución del carbono orgánico del suelo en su entorno, aumentando la relevancia de la fracción no protegida. La distribución del carbono orgánico del suelo en las fracciones no protegidas y físicamente y químicamente protegidas estuvo fuertemente correlacionada con la concentración global de carbono orgánico en el suelo, lo que indica la rápida respuesta de estas tres fracciones a la gestión, mientras que la fracción bioquímicamente protegida no mostró ninguna correlación, lo que sugiere una gran resistencia a los cambios en el balance de carbono.

**24 Rodeghiero, M., Rubio, A., Díaz-Pinés, E., Romanyà, J., Marañón-Jiménez, S., Levy, G. J., . . . La Mantia, T. (2011). Soil Carbon in Mediterranean Ecosystems and Related Management Problems. In Soil Carbon in Sensitive European Ecosystems (pp. 175-218).**

Libro publicado en 2011 por Wiley-Blackwell. El libro se centra en analizar los procesos de captación de carbono en suelos de ecosistemas especialmente vulnerables o que no han sido anteriormente analizados. El libro se divide en tres partes:

- La primera parte se centra en los factores que impulsan las emisiones de gases de efecto invernadero. En ella se define lo que se entiende por ecosistemas vulnerables, las situaciones que pueden suponer una pérdida de gases de efecto invernadero, el efecto del cambio de uso del suelo en el contenido de carbono, el efecto de las perturbaciones en el suelo y termina con una revisión a nivel europeo sobre el carbono en el suelo.
- La segunda parte se centra en ecosistemas de especial relevancia: zonas de alta montaña, turberas y ecosistemas mediterráneos.
- La tercera parte se centra en informes, bases de datos y simulaciones. Se trata de una parte más descriptiva, en la que se da importancia a los casos más frecuentes.

**25 Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Gómez-Gutiérrez, Á., & Lavado-Contador, J. F. (2019). Temporal and spatial variation of soil erosion in wooded rangelands of southwest Spain. Earth Surface Processes and Landforms, 44(11), 2141-2155. doi:<https://doi.org/10.1002/esp.4636>**

Artículo científico publicado en la revista "Earth Surface Processes and Landforms" en 2019. El objetivo del estudio es analizar las variaciones temporales y espaciales de las tasas de erosión del suelo estimadas en tres laderas situadas en dos fincas del suroeste de España. Para entender la variación temporal, se estudiaron las tasas de erosión del suelo a la luz de los cambios de uso del suelo que tuvieron lugar durante los últimos siglos. Los resultados indican tasas de erosión muy bajas antes del siglo XVIII en ambas fincas.



A escala local, la variabilidad de las tasas de erosión no pudo ser explicada debido a la incertidumbre en relación a la micromorfología de la superficie del suelo en el pasado y el papel de la erosión por el laboreo en el pasado. Sin embargo, los resultados obtenidos ofrecen datos valiosos sobre la variación temporal y espacial de las tasas de erosión en las dehesas a escala de ladera. Un enfoque similar podría utilizarse para otros pastizales con una cubierta arbórea dispersa.

**26 Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Gómez-Gutiérrez, Á., & Sánchez-Fernández, M. (2018). Estimation of soil erosion rates in dehesas using the inflection point of holm oaks. CATENA, 166, 56-67. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.03.017>**

Artículo científico publicado en la revista "Catena" en 2018. El objetivo de este trabajo es desarrollar un método que combina la base del tronco de las encinas y las imágenes digitales de alta resolución obtenidas mediante un escáner láser terrestre para estimar las tasas de erosión del suelo en dehesas mediterráneas. Para corregir el desplazamiento vertical, se determinó el crecimiento basal de cada árbol en campo, diferenciando la parte de las raíces que había quedado expuesta por la erosión de la que había sido generada por el crecimiento de la madera. Este estudio presenta un nuevo enfoque metodológico para estimar la erosión del suelo en las dehesas mediante el uso de la base del tronco en combinación con imágenes de escáner láser terrestre. La metodología incluye una corrección del crecimiento secundario de la madera, reduciendo las tasas en aproximadamente un 40%, evitando la sobreestimación producida por el desplazamiento vertical del punto de inflexión. La falta de regeneración de los árboles, debida principalmente al sobrepastoreo durante las últimas décadas, produjo una falta de datos durante los últimos 50 años. Sin embargo, las grandes similitudes entre las tasas de erosión obtenidas por el método IP en comparación con las producidas por el método <sup>137</sup>Cs demostraron que las tasas de erosión del suelo durante el último siglo fueron similares. Además, los resultados del método del <sup>137</sup>Cs sugieren que las raíces parcialmente expuestas pueden utilizarse para estimar las tasas de pérdida de suelo. Por otro lado, las tasas de erosión del suelo muestran un aumento continuo desde la segunda mitad del siglo XVII, probablemente asociado a los cambios de uso y gestión de la tierra.

**27 Rubio-Delgado, J., Schnabel, S., Gómez Gutiérrez, Á., & Berenguer, F. (2014). Estimación de tasas de erosión históricas en dehesas utilizando raíces arbóreas expuestas y láser escáner terrestre. Cuaternario y Geomorfología, 28(3-4), 69-84.**

Artículo científico publicado en la revista "Cuaternario y Geomorfología" en 2014. Se presenta un ensayo metodológico, basado en raíces expuestas, con el que se analiza la morfología de la base del tronco del árbol, sus raíces expuestas y la micro-topografía de la superficie circundante (utilizando un escáner láser terrestre). Se estudió una ladera representativa del ecosistema de dehesa en la provincia de Cáceres. Los resultados indican un incremento de las tasas de erosión después de la segunda mitad del siglo



XVII, fecha a partir de la cual se intensifica el uso del suelo según evidencias históricas. El método propuesto es adecuado para determinar tasas de erosión hídrica y su variación temporal y espacial en áreas con cobertura arbórea dispersa, aunque es necesario verificar la técnica utilizada para determinar la superficie pretérita y la estimación de la edad del arbolado.

**28 Schnabel, S., Dahlgren, R. A., & Moreno-Marcos, G. (2013). Soil and Water Dynamics. In P. Campos, L. Huntsinger, J. L. Oviedo Pro, P. F. Starrs, M. Diaz, R. B. Standiford, & G. Montero (Eds.), Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes: Dehesas of Spain and Ranchlands of California (pp. 91-121). Dordrecht: Springer Netherlands.**

Capítulo del libro "Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes: Dehesas of Spain and Ranchlands of California" publicado en 2013. En este capítulo se analizan los resultados obtenidos en unas investigaciones realizadas en California y España sobre temas relacionados con la calidad del suelo, su degradación y la dinámica del agua. Hace un especial hincapié en la influencia del uso de la tierra y los diferentes tipos de gestión. La distribución de la vegetación produce una variación espacial y temporal de las propiedades del suelo, que se describen en detalle. Se analiza la influencia de la presencia de árboles en el contenido de agua del suelo y se presenta la dinámica hidrológica de las cuencas, tanto en el caso de California como en el de España. Una característica importante es la alta variabilidad de las precipitaciones, con la aparición de períodos prolongados de sequía que afectan a la disponibilidad de agua por parte de las plantas. En los ranchos los efectos son dobles, influyendo en la productividad de los pastos y en los recursos hídricos para la cría de ganado. Los suelos de las dehesas españolas han estado sometidos a procesos de degradación como consecuencia de siglos de uso agrícola. La erosión hídrica que provoca la reducción de la materia orgánica y la degradación física es el fenómeno más importante. Para California, con una historia mucho más corta de laboreo y pastoreo, se presentan los resultados de los estudios sobre la calidad del agua y los efectos de la conversión de la vegetación sobre el rendimiento hídrico, la estabilidad del suelo y la erosión.

**29 Schnabel, S., Fernández, M. P., & Contador, J. F. L. (2020). El impacto de la ganadería y la agricultura en los ecosistemas terrestres.-The availability of water in ranches of mediterranean type climate %J Congreso Internacional sobre desertificación. In.**

Artículo publicado en el libro de actas del Congreso Internacional sobre desertificación en 2020. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la disponibilidad de agua para el ganado en las explotaciones y explicar si la escasez de agua está controlada por factores ambientales o también está relacionados con la gestión de la tierra. La evaluación de los recursos hidrológicos potenciales de cada granja se realizó mediante trabajo de campo, mapas topográficos digitales y fotografías aéreas. Las necesidades de agua del ganado se estimaron teniendo en cuenta el número y las especies de animales por granja, así como otros factores que influyen en su consumo de agua.



Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas para recabar información sobre la gestión del agua. Los resultados indican que casi el 20% de las explotaciones sufren problemas de disponibilidad de agua en verano y casi el 50% durante las sequías. Los agricultores adoptan diferentes soluciones durante el verano y casi el 50% durante las sequías. Los datos indican una relación positiva entre los problemas de agua y el grado de aridez. Los datos también apuntan a una relación entre el consumo de agua por parte del ganado y la disponibilidad de agua mediante estanques artificiales.

**30 Schnabel, S., Gutiérrez, A. G., & Contador, J. F. L. (2020). El impacto de la ganadería y la agricultura en los ecosistemas terrestres.-Grazing and soil erosion in dehesas of SW Spain %J Congreso Internacional sobre desertificación. In.**

Artículo publicado en el libro de actas del Congreso Internacional sobre desertificación en 2020. El estudio analiza la erosión hídrica y su relación con el pastoreo del ganado en pastizales mediterráneos de semiáridos a subhúmedos con cubierta arbórea dispersa. Los factores dominantes en la erosión son la intensidad de las precipitaciones y la cobertura de la superficie del suelo, estando esta última controlada por la cantidad de precipitaciones y la densidad del ganado. Los barrancos discontinuos del fondo del valle presentan una relación compleja con la hidrología de la cuenca. Dada la gran variabilidad temporal de las pérdidas de sedimentos, la influencia de la ganadería en la erosión de los barrancos es difícil de determinar con estudios a corto plazo. El análisis de fotografías de la cuenca de estudio apunta a un aumento de la aparición de barrancos durante la última década como consecuencia del aumento del número de cabezas de ganado.

**31 Schnabel, S., Pulido-Fernández, M., & Lavado-Contador, J. F. (2013). Soil water repellency in rangelands of Extremadura (Spain) and its relationship with land management. CATENA, 103, 53-61.**

Artículo científico publicado en la revista "Catena" en 2013. Los objetivos del estudio fueron determinar el grado y la ocurrencia espacial de la repelencia al agua por parte del suelo y definir su relación con las características de la zona (tipo de suelo, vegetación y tipo de gestión) en pastizales del suroeste de España. Para medir la repelencia al agua del suelo se utilizó el método de la molaridad de una gota de etanol (MED). Más del 70% de los puntos de medición fueron hidrófilos. Sin embargo, se encontraron diferencias entre las explotaciones. Los valores más altos de hidrofobicidad se observaron en las superficies del suelo bajo las encinas, frente a los bajos valores encontrados bajo los arbustos (*Retama sphaerocarpa*) y las zonas abiertas. Con respecto a la cubierta del suelo, la repelencia al agua fue mayor en los lugares cubiertos por hojarasca de encina. En las superficies del suelo cubiertas por hojarasca de alcornoque, hierba seca y musgos el grado de repelencia fue menor. Casi todos los lugares con una superficie de suelo desnudo fueron hidrófilos, independientemente de si se encontraban debajo de un dosel de árboles o en zonas abiertas. Existe una relación significativamente positiva entre



la densidad de ganado y el grado de suelo desnudo. Por consiguiente, las zonas con un elevado número de animales fueron predominantemente hidrófilas. No se encontraron relaciones significativas entre el grado de repelencia al agua del suelo y las propiedades del mismo.

**32 Seddaiu, G., Porcu, G., Ledda, L., Roggero, P. P., Agnelli, A., & Corti, G. (2013). Soil organic matter content and composition as influenced by soil management in a semi-arid Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 167, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.01.002>**

Artículo científico publicado en la revista "Agriculture, Ecosystems and Environment" en 2013. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de diferentes tipos de uso del suelo a largo plazo sobre la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo en un sistema agroforestal mediterráneo semiárido tipo dehesa en Italia. Se compararon siete tipos de uso del suelo: bosque de alcornoques, pastos bajo robles, pasto abierto, cultivo de heno bajo robles, cultivo de heno abierto, viñedo cubierto de hierba y viñedo labrado. Las cantidades más bajas de carbono orgánico total y de sustancias húmicas se encontraron en los suelos más perturbados, como los del viñedo labrado, mientras que los otros tipos de uso del suelo mostraron un patrón bastante similar para muchos índices de calidad de la materia orgánica del suelo y para las características espectroscópicas. Los resultados indican que el impacto del tipo de uso del suelo sobre la composición húmica fue relativamente bajo en estos suelos arenosos de tipo mediterráneo. Las diferencias relativamente pequeñas entre los bosques y los pastizales también sugieren que el laboreo ligero periódico aplicado a los pastizales no afectó demasiado a la acumulación de materia orgánica en la capa superior del suelo. En los suelos del bosque de robles, se observó un fuerte descenso del carbono orgánico desde el horizonte A1 hasta el A2, lo que podría limitar la resiliencia de estos suelos frente a perturbaciones, mientras que los suelos de los pastizales, donde el secuestro de carbono orgánico se produjo en un horizonte grueso, podrían ser más resistentes. La comparación de los diferentes tipos de uso del suelo demostró que las prácticas de gestión agro-silvo-pastoral tradicionales son eficaces para mantener rasgos de calidad del suelo relativamente buenos en condiciones mediterráneas semiáridas.

**33 Simón, N., Montes, F., Díaz-Pinés, E., Benavides, R., Roig, S., & Rubio, A. (2012). Spatial distribution of the soil organic carbon pool in a Holm oak dehesa in Spain. *Plant and Soil*, 366. doi:[10.1007/s11104-012-1443-9](https://doi.org/10.1007/s11104-012-1443-9)**

Artículo científico publicado en la revista "Plant Soil" en 2012. El objetivo de este estudio es analizar la distribución espacial de las reservas de carbono orgánico del suelo y evaluar la influencia de la presencia de árboles. La reserva de carbono orgánico del suelo se midió en los cinco centímetros superiores del suelo mineral con alta resolución espacial en dos parcelas con diferentes intensidades de pastoreo. Se observó una correlación positiva significativa entre la presencia de árboles y las reservas de carbono



orgánico del suelo en distancias inferiores a 8 m de los árboles. Las copas de los árboles, con una zona de amortiguación hasta una distancia similar al radio de la copa, absorbieron el 30 % de la varianza del modelo para ambas intensidades de pastoreo, pero la varianza residual mostró una mayor autocorrelación espacial bajo condiciones de pastoreo regular. Los autores concluyen que la cobertura arbórea aumenta las reservas de carbono orgánico del suelo, y puede ser estimada satisfactoriamente por medio de parámetros de copa. Sin embargo, hay otros factores que intervienen en el patrón espacial de la distribución del carbono orgánico del suelo. El ganado juega un papel interactivo, junto con la presencia de árboles, en la distribución del carbono orgánico del suelo.

**34 Uribe, C., Inclán, R., Hernando, L., Román, M., Clavero, M. A., Roig, S., & Van Miegroet, H. (2015). Grazing, tillage and canopy effects on carbon dioxide fluxes in a Spanish dehesa. *Agroforestry Systems*, 89(2), 305-318. doi:10.1007/s10457-014-9767-5**

Artículo científico publicado en la revista "Agroforestry Systems" en 2015. El objetivo de este estudio es analizar la respuesta de la respiración del suelo a las prácticas de pastoreo y laboreo y la influencia del dosel de los árboles en un ecosistema de dehesa. Se establecieron cuatro tratamientos diferentes: no pastoreo - no laboreo, no pastoreo - laboreo, pastoreo - no laboreo y pastoreo - laboreo. La presencia del dosel arbóreo indujo aumentos en la respiración y los contenidos de carbono y nitrógeno del suelo, mientras que se observaron disminuciones en la temperatura. El pastoreo disminuyó la influencia del dosel arbóreo en las pérdidas anuales de carbono por respiración. La humedad del suelo limitó la respuesta de la temperatura a la respiración durante el experimento. El pastoreo y el dosel de los árboles tuvieron una influencia positiva en la capacidad de los suelos para almacenar carbono y nitrógeno, mientras que el laboreo tuvo un efecto negativo. Los autores concluyen que mantener unas prácticas beneficiosas y mejorar la gestión del laboreo puede tener importantes consecuencias en la capacidad de secuestro de carbono de este sistema de dehesa.

**35 Vilanova, M. M. (2002). La cubierta vegetal y la erosión del suelo bajo distintas técnicas de mejora de pastos en zonas adhesionadas. Universidad Politécnica de Madrid,**

Tesis doctoral realizada en la Universidad Politécnica de Madrid en 2002. En este trabajo se estudian distintas técnicas que combinan prácticas de mejora, mantenimiento y manejo de los pastos, con el objeto de que puedan constituir una base para la conservación futura de estos ecosistemas. Estas técnicas consisten en la introducción de leguminosas anuales mediante distintas formas de siembra y en la fertilización fosfórica.

El diseño experimental consistió en ocho tratamientos y un testigo, incluyendo cada uno de ellos dos parcelas de erosión cerradas. Durante tres años se estudió el desarrollo del pasto mediante la determinación de su composición botánica, cobertura del suelo y producción de materia seca. Asimismo, se registró mediante mediciones periódicas la



escorrentía superficial y la pérdida de suelo producidas por erosión hídrica en cada uno de los tratamientos experimentales.

Transcurridos tres años después del establecimiento de los distintos tratamientos se pudo comprobar que la siembra directa de leguminosas, con posterior tapado de la semilla tras la siembra y fertilización fosfórica, fueron las prácticas que, en conjunto, mejores resultados ofrecieron. La mejora del pasto mediante siembra directa y fertilización no complementada con el tapado de la semilla, presentó problemas de implantación de las leguminosas sembradas debido al fuerte arrastre de semillas ocasionado por las abundantes lluvias ocurridas después de la siembra. Por otra parte, el empleo de técnicas tradicionales para la siembra de pratenses sobre un suelo previamente labrado, acompañadas de fertilización fosfórica, ofreció resultados similares a los de siembra directa en cuanto a vegetación y tasas anuales de pérdida de suelo. Sin embargo, la posibilidad de ocurrencia de lluvias abundantes tras las labores de siembra ocasiona la formación de regueros y pérdidas elevadas de suelo. Esta formación de regueros y consecuente pérdida de suelos no tuvo lugar en las parcelas donde no se practicó el laboreo.

Otros tratamientos como la siembra de leguminosas pratenses con una leguminosa forrajera (*Lupinus luteus*) o la siembra en bandas de leguminosas anuales, los dos acompañados de fertilización fosfórica, no ofrecieron resultados aceptables como técnicas de recuperación de estas áreas degradadas.



# Resumen

## Erosión

Aunque la erosión no es el problema que más repercute en la dehesa, sí es importante debido a la pobreza de los suelos, pendientes moderadas y parcelas extensas y clima mediterráneo. (Gómez-Giráldez, P. J., et al, 2016). Además, el régimen hídrico del suelo (el estancamiento) es también muy importante en la multiplicación y dispersión del patógeno causante de la seca (*Phytophthora cinnamomi*) (García A. M, et al, 2016).

## Laboreo

Se ha detectado un aumento continuo de las tasas de erosión del suelo desde la segunda mitad del siglo XVII, probablemente asociado a los cambios de uso y gestión de la tierra (Rubio-Delgado et al., 2014, 2018). Varios estudios afirman que el tipo de laboreo tiene poca influencia sobre el contenido de carbono orgánico el suelo (Fernández et al., 2013; Parras-Alcántara et al., 2014). Sin embargo, algunos autores recomiendan que no se realice en ningún caso un laboreo intenso en un alcornocal desarrollado (Murillo et al., 2020). Las prácticas de gestión agro-silvo-pastoral tradicionales se presentan como una opción eficaz para mantener rasgos de calidad del suelo relativamente buenos en condiciones mediterráneas semiáridas (Seddaiu et al., 2013).

Las buenas prácticas recomiendan (Gómez-Giráldez, P. J., et al, 2016):

- Reducir el laboreo una vez al año en primavera y en otoño después de las primeras lluvias si existen problemas de compactación.
- No labrar a favor de la pendiente, salvo que ésta sea inferior al 10%. Labrando por curvas de nivel, se generar pequeñas terrazas para la retención del agua.
- Se recomienda labores verticales tipo cincel que no volteen el suelo, sin utilizar rejón.
- Si fuera necesario para la extirpación de malas hierbas, podría utilizarse una grada de discos en parcelas con pendiente baja.

Hay que tener en cuenta que el laboreo puede aumentar la dispersión de la enfermedad de la seca. Además, si la maquinaria es usada por varios propietarios puede ser fuente de enfermedad si el suelo adherido contiene el patógeno (García A. M, et al, 2016).

## Presencia de árboles

La presencia de árboles contribuye a aumentar la fertilidad (Moreno, et al., 2007). El efecto de la sequía es significativamente más débil bajo las copas de los árboles que en los pastizales (Lozano-Parra et al., 2015 y 2018). Hay que tener en cuenta que reducir el porcentaje de cobertura del suelo puede afectar positivamente a la plasticidad y la sensibilidad a la sequía, ya que disminuye la competencia. Sin embargo, también aumenta la erosión y disminuye la



salud del suelo (Alameda et al., 2012; Domínguez et al., 2018; Gallardo et al., 2000; Gazol et al., 2021; Mateos et al., 2020).

Por otro lado, si los riesgos de erosión son patentes ( $ERS > 1$ ), es preferible incrementar la cobertura del suelo aumentando la espesura del alcornocal: manteniéndola como masa monoespecífica si el objetivo preferente es la producción de corcho y  $AB < 25 \text{ m}^2/\text{ha}$ ; o fomentando la presencia de otras especies que permitan un aprovechamiento con porcino en montanera o un incremento de la biodiversidad (Murillo et al., 2020).

## **Carbono**

La vulnerabilidad potencial de las reservas de carbono y nutrientes del suelo a los cambios climáticos puede depender en gran medida de la vulnerabilidad de los árboles al cambio climático (García-Angulo et al., 2020). La cobertura arbórea aumenta las reservas de carbono orgánico del suelo (Simón et al., 2012). Las mayores reservas de carbono del suelo se encuentran directamente debajo de la de las copas de los árboles (Howlett et al., 2011). Existe una tendencia general hacia una pérdida del contenido de carbono orgánico del suelo en las capas más superficiales, especialmente a largo plazo (Lozano-García et al., 2017).

## **Sobrepastoreo**

La mala gestión de la tierra y la excesiva carga ganadera están relacionadas con la aparición de zonas de suelo desnudo, que afectan negativamente a la materia orgánica del suelo al eliminar los materiales más superficiales a través de la erosión (Marañón et al., 2020; Oggioni et al., 2020; Pulido et al., 2013 y 2016; Schnabel et al., 2013a, 2013b y 2020). Se recomiendan cortos periodos de aprovechamiento para disminuir la degradación de los suelos y otras especies no herbáceas (Murillo et al., 2020).



# Revisión bibliográfica

## Fomento, implantación y protección del regenerado



**Interreg**  
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA

**PRODEHESA**  
**MONTADO**



Coordinado por:



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
DE EXTREMADURA

Fecha

Febrero de 2021

## Índice

Listado bibliográfico .....	1
Síntesis de las publicaciones revisadas .....	6
Resumen .....	40



### Listado bibliográfico

1. Andicoberry, S. (2007). El alcornoque y el corcho en Andalucía: Fundación Andaluza del Alcornoque y el Corcho.
2. Arosa, M. L., Ceia, R. S., Costa, S. R., & Freitas, H. (2015). Factors affecting cork oak (*Quercus suber*) regeneration: acorn sowing success and seedling survival under field conditions. *Plant Ecology & Diversity*, 8(4), 519-528. doi:10.1080/17550874.2015.1051154
3. Badano, E. I., Samour-Nieva, O. R., Flores, J., & Douterlungne, D. (2015). Microclimate and seeding predation as drivers of tree recruitment in human-disturbed oak forests. *Forest Ecology and Management*, 356, 93-100. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.031
4. Bonito, A., Varone, L., & Gratani, L. (2011). Relationship between acorn size and seedling morphological and physiological traits of *Quercus ilex* L. from different climates. *Photosynthetica*, 49(1), 75. doi:10.1007/s11099-011-0014-2
5. Cáceres, Y., Pulido Díaz, F. J., & Moreno, G. (2017). ¿Cómo ayudar a la regeneración natural? AGFORWARD.
6. Cáceres, Y., Pulido, F., & Moreno, G. (2017). Regeneración artificial en dehesas con diferente manejo de ganado: evaluación de la eficiencia y optimización del costo. . Paper presented at the 7º Congreso Forestal Español, , Plasencia, Spain.
7. Caliskan, S. (2014). Germination and seedling growth of holm oak (*Quercus ilex* L.): effects of provenance, temperature, and radicle pruning. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 7(2), 103-109. doi:10.3832/ifor0967-007
8. Carbonero, M. D. (2011). Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas.
9. Chacón Bernal, C., Cardillo Amo, E., García García, M., González Montero, J. A., Santiago Beltrán, R., Espada Hernández, J. J., & Marín García, S. (2000). Manual didáctico del sacador y del obrero especializado en los trabajos culturales del alcornocal. Instituto C.M.C. – CICYTEX. Mérida.
10. Costa, A., Villa, S., Alonso, P., García-Rodríguez, J. A., Martín, F. J., Martínez-Ruiz, C., & Fernández-Santos, B. (2017). Can native shrubs facilitate the early establishment of contrasted co-occurring oaks in Mediterranean grazed areas? *Journal of Vegetation Science*, 28(5), 1047-1056. doi:https://doi.org/10.1111/jvs.12550



11. Cubera, E., Moreno, G., Solla, A., & Madeira, M. J. A. s. (2012). Root system of *Quercus suber* L. seedlings in response to herbaceous competition and different watering and fertilisation regimes. *85*(2), 205-214.
12. de Azagra Paredes, A. M., & San José, J. d. R. (2012). Los riesgos de apoyo y de socorro en repoblaciones forestales. *Foresta*(54), 32-44.
13. del Campo, A. D., Navarro, R. M., & Ceacero, C. J. (2009). Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain: an approach for establishing a quality standard. *New Forests*, *39*(1), 19. doi:10.1007/s11056-009-9152-9
14. Díaz, M. (2014). Distribución del arbolado y persistencia a largo plazo de las dehesas: patrones y procesos. *Ecosistemas*, *23*(2), 5-12. doi:10.7818/ECOS.892
15. Domínguez Begines, J., Alcocer Prior, F., García, L. V., Pozuelos Rojas, A., Sánchez Hernández, M., & Gómez Aparicio, L. (2017). Soil-borne pathogens limit *Quercus suber* regeneration in Mediterranean forests.
16. Duque-Lazo, J., Navarro-Cerrillo, R. M., & Ruíz-Gómez, F. J. (2018). Assessment of the future stability of cork oak (*Quercus suber* L.) afforestation under climate change scenarios in Southwest Spain. *Forest Ecology and Management*, *409*, 444-456. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.042
17. Gaspe Lucena, M., Díaz, R. Z., & Villa, E. B. J. A. r. d. e. c. (2017). Evaluación de la regeneración del monte alcornocal bajo cercados cinegéticos. (47), 73-84.
18. Giménez-Benavides, L., Escudero, A., García-Camacho, R., García-Fernández, A., Iriondo, J. M., Lara-Romero, C., & Morente-López, J. (2018). How does climate change affect regeneration of Mediterranean high-mountain plants? An integration and synthesis of current knowledge. *Plant Biology*, *20*(S1), 50-62. doi:https://doi.org/10.1111/plb.12643
19. Gómez-Giráldez, P. J., Jiménez-Morales, M., Navarro-Reyes, F., Fernández-Rebollo, P., Carbonero, M. D., Espejo, M., & Caño, B. (2016). La regeneración del arbolado en la dehesa.
20. González-Rodríguez, V., Navarro-Cerrillo, R. M., & Villar, R. (2011). Artificial regeneration with *Quercus ilex* L. and *Quercus suber* L. by direct seeding and planting in southern Spain. *Annals of Forest Science*, *68*(3), 637-646. doi:10.1007/s13595-011-0057-3
21. Ibáñez, B., Gómez-Aparicio, L., Stoll, P., Ávila, J. M., Pérez-Ramos, I. M., & Marañón, T. (2015). A Neighborhood Analysis of the Consequences of *Quercus suber* Decline for



- Regeneration Dynamics in Mediterranean Forests. PLOS ONE, 10(2), e0117827. doi:10.1371/journal.pone.0117827
22. Junta de Andalucía. (2016). Manual para la conservación de la biodiversidad de las dehesas de forma compatible con las actividades ganaderas, forestales y cinegéticas. Retrieved from
  23. Lanzo, R. (2015). Manual de Buenas Prácticas Suberícolas en Masas Jóvenes de Alcornoque. Mérida: CICYTEX - Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura.
  24. Leiva, M. J., Mancilla-Leyton, J. M., & Martín-Vicente, Á. (2013). Methods to improve the recruitment of holm-oak seedlings in grazed Mediterranean savanna-like ecosystems (dehesas). *Annals of Forest Science*, 70(1), 11-20. doi:10.1007/s13595-012-0225-0
  25. Leiva, M. J., Mancilla-Leyton, J. M., & Martín-Vicente, Á. (2015). Differences in the facilitative ability of two Mediterranean shrubs on holm-oak seedling recruitment in Mediterranean savanna-forest ecosystems. *Ecological Engineering*, 82, 349-354. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.019
  26. Martínez-Muñoz, M., Gómez-Aparicio, L., & Pérez-Ramos, I. M. (2019). Técnicas para promover la regeneración del arbolado en dehesas mediterráneas. *Ecosistemas*, 28(3), 142-149. doi:10.7818/ECOS.1798
  27. Mecherghi, T., Pardos, M., Boussaidi, N., Hasnaoui, B., & Jacobs, D. F. (2013). Development of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings in response to tree shelters and mulching in northwestern Tunisia. *Journal of Forestry Research*, 24(2), 193-204. doi:10.1007/s11676-013-0345-x
  28. Mecherghi, T., Pardos, M., & Jacobs, D. F. (2020). Effect of acorn size on survival and growth of *Quercus suber* L. seedlings under water stress. *European Journal of Forest Research*. doi:10.1007/s10342-020-01323-2
  29. Monteiro-Henriques, T., & Fernandes, P. M. (2018). Regeneration of Native Forest Species in Mainland Portugal: Identifying Main Drivers. 9(11), 694.
  30. Montero Calvo, A. J., Lanzo Palacios, R., Santiago Beltrán, R., & Murillo Vilanova, M. (2015). Buenas Prácticas en Regeneración de Alcornocal. Retrieved from CICYTEX - Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura:
  31. Montero, G. (2003). El Alcornoque (*Quercus suber*): manual de reforestación y cultivo.



32. Moreno Marcos, G., & Rolo Romero, V. (2014). Facilitación de la regeneración de *Quercus ilex* en dehesas ibéricas por dos especies contrastadas de matorral: jara y retama. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*(40), 159-166.
33. Murillo Villanova, M., Montero Calvo, A. J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., & Santiago Beltrán, R. (2020). Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornocales en Extremadura. Mérida: Instituto C.M.C. – CICYTEX. Mérida.
34. Navarro Reyes, F. B., Ripoll Morales, M. A., Castro Gutierrez, J., Leverkus, A. B., Jiménez, M. N., Carbonero, M. D., . . . Villar Montero, R. (2017). Evaluación de NUEvas Técnicas de Regeneración Asistida del Arbolado en DEhesas. Paper presented at the VII Congreso Forestal Español Palencia, España.
35. Puerta-Piñero, C., Pino, J., & Gómez, J. M. (2012). Direct and indirect landscape effects on *Quercus ilex* regeneration in heterogeneous environments. *Oecologia*, 170(4), 1009-1020.
36. Pulido, F., Castaño, F., Peña, L., Mateos, A., Bonilla, A., & Duque, J. (2013). Utilización de restos de poda como refugio de Utilización de restos de poda como refugio de la regeneración en dehesas de encina.
37. Pulido, F., García, E., Obrador, J. J., & Moreno, G. (2010). Multiple pathways for tree regeneration in anthropogenic savannas: incorporating biotic and abiotic drivers into management schemes. *Journal of Applied Ecology*, 47(6), 1272-1281. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01865.x>
38. Pulido, F., McCreary, D., Cañellas, I., McClaran, M., & Plieninger, T. (2013). Oak Regeneration: Ecological Dynamics and Restoration Techniques. In P. Campos, L. Huntsinger, J. L. Oviedo Pro, P. F. Starrs, M. Diaz, R. B. Standiford, & G. Montero (Eds.), *Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes: Dehesas of Spain and Ranchlands of California* (pp. 123-144). Dordrecht: Springer Netherlands.
39. Ramírez-Valiente, J.-A., Aranda, I., Sánchez-Gómez, D., Rodríguez-Calcerrada, J., Valladares, F., & Robson, T. M. (2019). Increased root investment can explain the higher survival of seedlings of 'mesic' *Quercus suber* than 'xeric' *Quercus ilex* in sandy soils during a summer drought. *Tree Physiology*, 39(1), 64-75. doi:10.1093/treephys/tpy084
40. Ramos, I. M. P. (2014). El milagro de regenerar en especies de *Quercus*. ¿Cómo serán los bosques del futuro? *Revista Ecosistemas*, 23(2), 13-17.



41. Ramos, S., Vázquez, F. M., & Ruiz Téllez, T. (2013). Ecological Implications of Acorn Size at the Individual Tree Level in *Quercus suber* L. *ISRN Botany*, 2013, 1-6. doi:10.1155/2013/310828
42. Rodríguez-Estévez, V., Gómez-Castro, A., Perea Muñoz, J. M., García Martínez, A. R., & Mata, C. (2007). Producción de bellota en la dehesa: factores influyentes.
43. Sampaio, T., Gonçalves, E., Patrício, M. S., Cota, T. M., & Almeida, M. H. (2019). Seed origin drives differences in survival and growth traits of cork oak (*Quercus suber* L.) populations. *Forest Ecology and Management*, 448, 267-277. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.001
44. Sánchez Mejía, M. T. (2020). Crop production, recruitment, and survival in *Quercus ilex*: density-dependent effects in a mast-seeding species.
45. Sebastiana, M., Pereira, V. T., Alcântara, A., Pais, M. S., & Silva, A. B. (2013). Ectomycorrhizal inoculation with *Pisolithus tinctorius* increases the performance of *Quercus suber* L. (cork oak) nursery and field seedlings. *New Forests*, 44(6), 937-949. doi:10.1007/s11056-013-9386-4
46. Simões, M. P., Belo, A. F., Fernandes, M., & Madeira, M. (2016). Regeneration patterns of *Quercus suber* according to montado management systems. *Agroforestry systems*, 90(1), 107-115.
47. WWF. (2017). Dehesas para el futuro~ Recomendaciones de WWF para una gestión integral. Retrieved from
48. Zavala, M. A., Zamora Rodríguez, R., Pulido Díaz, F. J., Blanco Vaca, J. A., Imbert Rodríguez, J. B., Marañón, T., Valladares Ros, F. (2008). Nuevas perspectivas en la conservación, restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo.



## Síntesis de las publicaciones revisadas

### 1 Andicoberry, S., 2007. El alcornoque y el corcho en Andalucía. Fundación Andaluza del Alcornoque y el Corcho.

Libro publicado por la Fundación Andaluza del Alcornoque y el Corcho en el año 2007, donde se recogen todos los aspectos relacionados con el alcornocal desde su origen y descripción hasta la industria del corcho. Dedicar un apartado a la regeneración de montes alcornocales describiendo la situación actual, los mecanismos de regeneración natural, la sexual mediante bellotas y la asexual o vegetativa fruto de rebrotes de raíz, analiza la dinámica de la regeneración natural, su problemática y aporta soluciones. De las soluciones más destacadas se encontramos los periodos de acotamiento al pastoreo de fauna doméstica y cinegética estableciendo periodos de acuerdo a la fauna existente.

Situación inicial		Actuaciones recomendadas
Alcornocales en buen estado, con continuidad y una densidad aceptable	Existe regeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acotamiento al ganado con malla cinegética</li> <li>• 5 primeros años acotamiento a todos los casos</li> <li>• 5-15 años: admite ovino y porcino en montanera</li> <li>• 15-20 años: entrada de cabras</li> <li>• &gt;20 años: Todo tipo de ganado incluido vacuno</li> </ul>
	No existe regeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desbroces parciales y selectivos</li> <li>• Poda de rejuvenecimiento o fructificación</li> <li>• Acotamiento al ganado similar al anterior</li> <li>• Desbroce a hecho, selectivo, pudiendo acompañarse de laboreo</li> </ul>
Alcornocales en regresión, pero con abundancia de matas achaparradas		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roza entre dos tierras y posterior selección de brotes</li> <li>• Acotamiento del ganado mediante cercado o protección individual</li> <li>• desbroces selectivos con especial atención a la conservación de suelo</li> </ul>
Alcornocal en producción, denso y con aspecto avejentado. Posible origen vegetativo		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corta de los pies y posterior selección de brotes</li> <li>• Acotamiento al ganado</li> <li>• Desbroces selectivos con especial atención a la conservación de suelo</li> <li>• Resalveo de conversión: aclareo de la masa respetando los pies con mejores características</li> </ul>
Alcornocal regenerando bajo antiguas plantaciones		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puesta en luz de los pies de alcornoques, aclarando o eliminando las especies competidoras</li> </ul>



Rasos. Dehesas aclaradas. Incompatibilidad con otros USOS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repoblación artificial</li> </ul>
Estación no adecuada al alcornoque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repoblación artificial, pudiendo contemplarse el cambio provisional o definitivo de especie</li> </ul>

**2 Arosa, M.L., Ceia, R.S., Costa, S.R., Freitas, H., 2015. Factors affecting cork oak (*Quercus suber*) regeneration: acorn sowing success and seedling survival under field conditions. *Plant Ecology & Diversity* 8, 519-528.**

Artículo científico publicado en la revista *Plant Ecology & Diversity*, en el año 2015. La falta de regeneración del alcornoque (*Quercus suber*) está poniendo en riesgo la conservación del monte. Se cree que los factores bióticos y abióticos, así como la gestión limitan la regeneración.

El objetivo que se persigue en este estudio es identificar los factores que limitan la regeneración del alcornoque durante las primeras etapas de crecimiento y relacionarlas con las prácticas de gestión.

Los resultados de este estudio muestran que la regeneración está determinada por la temperatura y la humedad relativa. Las plántulas que brotaron más temprano mostraron mayor tolerancia a la sequía y capacidad de rebrote. Las bellotas más grandes y la mayor cobertura vegetal ayudaron significativamente a la germinación, supervivencia y el rebrote.

Las principales causas de mortalidad fueron la sequía (38%) y el laboreo mecánico (33%), mientras que el efecto de los herbívoros fue significativamente menor. Por otro lado, en zonas más alteradas, la emergencia de plántulas y la supervivencia a la sequía fueron significativamente menores que en zonas más naturales.

Las principales conclusiones se centran en que los factores abióticos limitan la regeneración mientras que el tamaño de la bellota y la cobertura vegetal son factores clave que determinan la germinación y supervivencia de las plántulas. La falta de regeneración puede superarse a corto plazo conservando el estrato arbustivo y debería considerarse la reforestación mediante siembra directa.

**3 Badano, E.I., Samour-Nieva, O.R., Flores, J., Douterlungne, D., 2015. Microclimate and seedling predation as drivers of tree recruitment in human-disturbed oak forests. *Forest Ecology and Management* 356, 93-100.**

Artículo publicado en la revista "Forest Ecology and Management" en el año 2015. En él se estudia la incidencia de factores como las condiciones microclimáticas y la presión de herbívoros sobre el regenerado en bosques de quercíneas modificados por el ser humano.



El establecimiento de los árboles parece depender de las compensaciones entre el microclima y la depredación. Este estudio se realizó en un bosque de quercíneas de México en el que se han sustituido extensas zonas boscosas por plantaciones la especie exótica *Eucalyptus camaldulensis*.

Las conclusiones de este estudio sugieren que el mantenimiento de los bosques, así como la recuperación en zonas perturbadas por el ser humano, viene determinada por los equilibrios entre los diferentes factores que impulsan la mortalidad de las plántulas.

En concreto, los resultados muestran que el estrés derivado de las condiciones microclimáticas y el generado por los herbívoros sobre el regenerado de *Quercus* influyen negativamente en el establecimiento de estas especies. Sin embargo, estos resultados también indicaron que la importancia relativa de estos dos factores puede variar drásticamente en hábitat dentro del bosque como en zonas de borde de estos hábitats.

Por tanto, las políticas de restauración y conservación de los bosques deberían evitar las estrategias de talla única y, en su lugar, aplicar mecanismos de protección de las plántulas (por ejemplo, exclusión de depredadores y/o suministro de sombra) para reducir el impacto de estos factores que condicionan de forma más crítica la supervivencia en cada tipo de hábitat.

**4 Bonito, A., Varone, L., Gratani, L., 2011. Relationship between acorn size and seedling morphological and physiological traits of *Quercus ilex* L. from different climates. *Photosynthetica* 49, 75.**

Este artículo científico publicado en la revista *Photosynthetica*, en el año 2011 relaciona el tamaño de la bellota y los rasgos morfológicos y fisiológicos de las plántulas de la encina (*Quercus ilex*).

Se analizaron los efectos del tamaño de la bellota de *Quercus ilex* sobre los rasgos morfológicos y fisiológicos de las plántulas. El estudio se llevó a cabo con cinco poblaciones de diferentes zonas geográficas y que cubrían un gradiente de aridez. Se analizaron los rasgos morfológicos de las plántulas (altura y área foliar total) durante el primer año de crecimiento. Los rasgos fisiológicos (fotosíntesis neta, conductancia estomática, transpiración foliar y eficiencia intrínseca del uso del agua) se analizaron a diferentes temperaturas del aire durante los meses de primavera, verano e invierno, analizando su reacción al estrés hídrico. Hubo correlaciones significativas entre las características consideradas de la bellota (volumen, masa fresca) y de la plántula. Se encontraron diferencias en los rasgos de crecimiento y fisiológicos entre las poblaciones consideradas. Las mayores diferencias en los parámetros de crecimiento se observaron durante la primera temporada de crecimiento, y podrían estar justificadas por las diferencias significativas entre el tamaño de las bellotas. Por el contrario, la respuesta fisiológica a la temperatura del aire y a la sequía estuvo más relacionada con el origen geográfico de las poblaciones consideradas que con el tamaño de la bellota. Los rasgos



de las bellotas y plántulas de *Q. ilex* más tolerantes a la sequía podrían tener un alto potencial para la recuperación de la vegetación en proyectos de forestación y programas de restauración, especialmente en entornos con limitación de agua o en zonas degradadas.

### **5 Cáceres, Y., Pulido Díaz, F.J., Moreno, G., 2017. ¿Cómo ayudar a la regeneración natural? AGFORWARD.**

Este informe se enmarca dentro del proyecto AGFORWARD, (AGroFORestry that Will Advance Rural Development). Se trata de un proyecto de investigación de cuatro años de duración financiado por el Séptimo Programa Marco de la Unión Europea para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico (FP7) desarrollado entre 2014 y 2017.

El informe plantea las limitaciones de los tres enfoques actuales para la regeneración de árboles en las dehesas y montados ibéricos como son (i) plantar árboles jóvenes (1-2 años) a alta densidad (400-600 plantas/ha) con exclusión completa del pastoreo durante 20 años; (ii) plantar y proteger un pequeño número de árboles jóvenes esparcidos en rodales muy abiertos y mantener el pastoreo; y (iii) simplemente delimitar grandes áreas para evitar el pastoreo del ganado y esperar a que los árboles se establezcan naturalmente

Para paliar estas limitaciones, se plantea un enfoque múltiple para regenerar árboles a bajo coste mediante la recogida de semillas, siembra, creación de microambientes favorables para el reclutamiento de árboles mediante protección arbustiva y creación de micrositijs de regeneración, prevención de la depredación de las bellotas y protección del reclutamiento de árboles jóvenes.

### **6 Cáceres, Y., Pulido, F., Moreno, G., 2017. Regeneración artificial en dehesas con diferente manejo de ganado: evaluación de la eficiencia y optimización del costo. In, 7º Congreso Forestal Español, Plasencia, Spain.**

Este artículo científico fue publicado en una comunicación en el 7º Congreso Forestal Español celebrado en Plasencia en el año 2017.

Las dehesas españolas y montados portugueses son un típico ejemplo de uso sostenible de la tierra, pero actualmente su conservación se está viendo amenazada por la falta de regeneración del arbolado.

En este estudio, el objetivo principal es probar métodos alternativos de bajo costo para la regeneración en tres dehesas con diferente tipo de ganadería. Se evaluó el clásico refugio de malla de acero con otros dos tipos; refugio espinoso artificial y refugio natural formado por restos de podas. Además, en una de las fincas se evaluó el efecto de la protección con tubo y malla antihierba.



Este trabajo ha mostrado que el uso del tubo protector influye significativamente en la supervivencia de las plántulas repobladas, por lo que se aconseja su utilización. Los resultados obtenidos hasta el momento sobre el uso de distintos tipos de refugios evidencian la complejidad del sistema debido a las interacciones que pueden darse en función de la presión ganadera y el tipo y raza de ganado. Así, los datos extraídos de este trabajo indican que repoblaciones realizadas en fincas con ganado ovino pueden utilizarse métodos de protección de bajo coste. Asimismo, en fincas con ganado de mayor tamaño, como por ejemplo vacas de carne, es necesario la utilización de refugios más resistentes y con un costo algo superior (por ejemplo, los protectores espinosos). Sin embargo, en fincas con mayores presiones ganaderas y pastadas por razas de ganado bravo se hace necesario la incorporación de refugios más robustos de elevado precio.

**7 Caliskan, S., 2014. Germination and seedling growth of holm oak (*Quercus ilex* L.): effects of provenance, temperature, and radicle pruning. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 7, 103-109.**

Este artículo científico publicado en la revista online italiana *iForest – Biogeosciences and Forestry*, en el año 2014. El objetivo de este estudio fue determinar las características de la bellota, el comportamiento de la germinación y los efectos de la poda de la radícula de las bellotas germinadas de encina (*Quercus ilex* L.) de diferentes regiones norte y oeste de Turquía.

Los resultados revelaron que todas las características de la bellota entre las diferentes procedencias eran significativas. Las bellotas de *Quercus ilex* germinaron mejor a temperaturas alternas (20/10 °C) que en los regímenes de temperatura constantes (20 °C). La poda de la radícula de las bellotas germinadas antes de la siembra ha demostrado afectar positivamente las plántulas de 1 año de *Quercus ilex*, aumentando su altura de brote y el diámetro del cuello de la raíz.

Estos resultados pueden contribuir a las prácticas de vivero y a la regeneración artificial de esta especie.

**8 Carbonero, M.D., 2011. Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas.**

Este estudio fue presentado como tesis en la Universidad de Córdoba (España) en el año 2011 y tiene como objetivo determinar la influencia de factores meteorológicos y de manejo sobre la producción, morfología y calidad de la bellota de la encina en dehesas, así como de la variabilidad y de las relaciones que se establecen entre estas variables.

En este trabajo se ha caracterizado la evolución de las producciones de bellota de encina en la dehesa encontrando una gran variabilidad en producciones y tamaño de



bellota entre años y entre árboles. En el trabajo conviven árboles muy productivos y veceros sobre los que se concentra la mayor parte de la producción con árboles de producciones bajas y más estables. Se han encontrado diferentes patrones de diseminación de la bellota, aunque no se mantienen a lo largo de los años, sino que se ven modificados en función de las condiciones meteorológicas de cada montanera. La producción y la morfología de la bellota se encuentran muy influenciadas por las condiciones meteorológicas en los inicios de la floración y en el final e inicios del otoño. También existe una fuerte influencia de las temperaturas del mes de noviembre sobre la celeridad en la diseminación de la bellota. Para aquellos árboles más productivos inciden de manera negativa especialmente unas altas temperaturas en verano. La poda sólo parece afectar a la longitud de la bellota aumentándola en los años inmediatamente posteriores a su realización. Sin embargo, disminuye la alternancia (bienalidad) y la intensidad de la vecería de las producciones durante los años posteriores a su realización. La composición de la bellota se ve afectada de manera significativa por el año de muestreo, el árbol y la fecha de recogida, y por sus interacciones encontrándose que ni los años ni los árboles evolucionan de la misma manera. La producción, y por tanto el peso se encuentran relacionados con la composición química sólo aquellos años de mayor producción, habiéndose encontrado relaciones significativas entre distintas variables bromatológicas.

**9 Chacón, Bernal C., Cardillo Amo, E., García García, M., González Montero, J. A., Santiago Beltrán, R., Espada Hernández, J. J., & Marín García, S. (2000). Manual didáctico del sacador y del obrero especializado en los trabajos culturales del alcornocal. Instituto C.M.C. – CICYTEX. Mérida**

Manual publicado por el instituto del corcho, la madera y carbón (IPROCOR) de la Junta de Extremadura en el año 2000. Se recogen cuatro bloques temáticos, siendo el cuarto referente a la regeneración del alcornocal. En el apartado sobre regeneración se repasan tanto la regeneración natural como la artificial, así como sus tratamientos culturales.

En la regeneración natural hace distinción entre la regeneración por frutos y la regeneración por brotes, describiendo los factores que afectan a ambos. La regeneración por frutos se ve afectada por la producción de frutos que a su vez está condicionada por factores como la vecería, la edad del árbol, las heladas, las plagas y los predadores. Además, la regeneración por frutos se ve afectada por las condiciones de germinación como humedad, compactación, encharcamiento, contenido en cal y textura del suelo. Una vez la bellota ha germinado, la supervivencia de las plántulas está afectada por la aireación, peso del fruto, micorrización, competencia con pastos y matorral, y herbivoría.

Como tratamientos de ayuda a la regeneración: cortas preparatorias, podas, cerramiento perimetral, preparación del terreno, escarificaciones, binas, gradeos y eliminación de despojos. Y como ventajas de este tipo de regeneración mencionan la



adaptación genética de los plantones con mayor viabilidad, menor alteración del ecosistema y mantenimiento de la producción.

En cuanto a la regeneración de los brotes de cepa, consistente en la eliminación pies maduros para su rejuvenecimiento, donde a los pocos años (5) habría que hacer una selección de brotes y se requerirá una protección contra herbivoría. Por otro lado, este método presenta menor longevidad de los pies y pérdida de la producción de corcho; y como tratamientos cita limpias, rozas, podas, tallas y clareos.

En cuanto a la regeneración artificial, en las primeras páginas del manual se centra en los aspectos de producción de bellota y planta en viveros. En cuanto a la procedencia de las bellotas el manual recomienda que estas deben proceder de rodales selectos ubicados en la misma región de procedencia de donde se va a efectuar la plantación, estos rodales han sido elegidos por sus características de producción de corcho.

Para la producción de planta recomienda contenedores con un volumen mínimo de 300 cm<sup>2</sup>, una longitud mínima de 15 cm y un espaciamiento mínimo de 5 cm. Los sustratos recomendados deben tener una buena capacidad de retención de agua, pH entre 4,5 y 6, adecuada porosidad y riqueza en nutrientes.

Finalmente, hace referencia a las operaciones de repoblación, atendiendo en primer lugar al método de repoblación seleccionado, siembra o plantación. Posteriormente describe las operaciones preparatorias, desbroces, ahoyados, subsolados, siembra y plantación. Además, menciona los cuidados culturales a realizar para asegurar el éxito de la reforestación como colocación de protectores, reposición de marras, binas y escardas, riego, desbroces, podas de formación y protección perimetral.

**10 Costa, A., Villa, S., Alonso, P., García-Rodríguez, J.A., Martín, F.J., Martínez-Ruiz, C., Fernández-Santos, B., 2017. Can native shrubs facilitate the early establishment of contrasted co-occurring oaks in Mediterranean grazed areas? *Journal of Vegetation Science* 28, 1047-1056.**

Este artículo se publicó en la revista especializada en ecología vegetal *Journal of Vegetation Science* en el año 2017. Es estudio trata sobre el efecto de los arbustos de *Cytisus multiflorus* en la supervivencia y el crecimiento de las plántulas de especies de *Quercus marcescentes* y esclerófilos (*Quercus pyrenaica* vs. *Q. ilex* subsp. *ballota*) en zonas de pastoreo mediterráneas.

Según las conclusiones de este estudio, en las zonas de pastoreo mediterráneas afectadas por una importante sequía estival y suelos muy arenosos las plantas arbustivas de *C. multiflorus* tienen un claro efecto facilitador sobre las plántulas de especies de *Quercus* ecológicamente contrastadas. Este efecto positivo es particularmente importante durante el primer período de sequía. En estas condiciones, *C. multiflorus* parece desempeñar un papel más importante en la modificación de los factores abióticos que en la protección contra los grandes herbívoros; Sin embargo, con



respecto a las características edáficas, sólo se detectó un efecto positivo en la materia orgánica y, por tanto, en la capacidad de retención de agua del suelo.

El efecto facilitador se encontró tanto en las plántulas de *Quercus marcescente* como en esclerófilo, pero en diferente medida dependiendo de la especie considerada y de la variable medida (supervivencia o crecimiento). En términos de supervivencia, la especie marcescente (*Q. pyrenaica*) se vio más favorecida por que la especie esclerófila (*Q. ilex*), y este efecto se acentuó con el paso del tiempo. Sin embargo, en términos de crecimiento, aunque *Q. pyrenaica* se vio inicialmente más favorecida por el arbusto, al cabo de 2 años el efecto facilitador fue similar para ambas especies de *Quercus*, tanto la marcescente como la esclerófila.

Por lo tanto, *C. multiflorus* puede tener un papel clave en la restauración de los ecosistemas de *Quercus* degradados, especialmente para especies marcescentes, bajo un límite bioclimático en zonas de pastoreo mediterráneas.

**11 Cubera, E., Moreno, G., Solla, A., Madeira, M.J.A.s., 2012. Root system of *Quercus suber* L. seedlings in response to herbaceous competition and different watering and fertilisation regimes. 85, 205-214.**

El presente estudio fue publicado en el año 2012 en la revista científica internacional *Agroforestry Systems* y trata sobre el comportamiento del sistema radicular de las plántulas de *Quercus suber* L. en respuesta a la competencia herbácea y a diferentes regímenes de riego y fertilización.

En un estudio de invernadero, se evaluó la competencia subterránea de las plántulas de *Quercus suber* L. que crecían junto con pastos naturales (OakNP) o mejorados (OakIP), y se compararon sus sistemas radiculares con los de las plántulas que crecían en suelo desnudo (OakBS). También se probaron dos niveles de riego y dos regímenes de fertilización con P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Debido a la competencia, la densidad de la masa de raíces finas, la longitud de las raíces gruesas y la masa de los brotes de las plántulas OakIP se redujeron hasta un 40, 36 y 39%, respectivamente, en comparación con las plántulas OakNP. Las plántulas OakNP y OakBS mostraron parámetros de densidad de raíces y valores de masa de brotes similares, lo que indica que las plántulas de *Q. suber* que crecen con pastos naturales son un sistema poco competitivo. La alta disponibilidad de agua y fósforo no mitigó la fuerza de la competencia entre las plantas herbáceas y las plántulas de alcornoque, y favoreció al pasto en detrimento de los árboles.

Los resultados de este estudio sugieren que las prácticas de fertilización con P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y de riego realizadas para mejorar la productividad de las herbáceas influirán negativamente en el reclutamiento de las plántulas de *Q. suber*.

**12 de Azagra Paredes, A.M., del Río San José, J., 2012. Los riesgos de apoyo y de socorro en repoblaciones forestales. *Foresta*, 32-44.**



Artículo publicado en la revista Foresta en el año 2012 en el que se describen y compran distintos sistemas de riegos utilizados para evitar pérdidas de planta por estrés hídrico en las reforestaciones forestales. Se describen y comparan métodos en razón de: 1) Microrriego a través de recipientes enterrados o superficiales Tarros de barro, botos; cápsulas porosas; botellas de plástico; bolsas; 2) Microrriego por medio de tubos verticales; 3) Riego mediante drenes; 4) Cajas de agua (Waterboxx), y 5) Riego por goteo solar (Konkom). Además, el artículo presenta una tabla comparativa entre los beneficios y características de cada uno de ellos. Como conclusiones generales, los métodos descritos son útiles, pero no imprescindibles para el éxito de una repoblación, ya que con adecuadas labores preparatorias y de mantenimiento el éxito está casi asegurado. No obstante, cualquiera de los métodos mencionados son un avance para conseguir el éxito de una repoblación en ambientes áridos.

**13 del Campo, A.D., Navarro, R.M., Ceacero, C.J., 2009. Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain: an approach for establishing a quality standard. *New Forests* 39, 19.**

Artículo publicado en la revista científica "New Forests" en el año 2010. En este estudio, se investiga la influencia del régimen de cultivo en vivero y la calidad de las plántulas en el rendimiento en el campo de varios lotes de encinas producidas comercialmente.

Los regímenes de cultivo de la encina en vivero son variables lo que origina heterogeneidad en las producciones y una respuesta en campo potencialmente variable. El objetivo del estudio era establecer qué atributos (morfológicos y fisiológicos) son los determinantes más importantes de la calidad de la planta y, por tanto, qué prácticas de vivero deberían mantenerse o modificarse para promover el éxito del establecimiento. Los estudios previos han estado más centrados en aspectos particulares de calidad que en el efecto integral del régimen de cultivo, por lo que se estudió el cultivo, la calidad y la respuesta de varios lotes comerciales durante dos campañas consecutivas.

Los resultados muestran diferencias en la respuesta en función de la calidad y, por tanto, del régimen de cultivo. Las diferencias en supervivencia fueron debidas, el año más seco, a la altura, el estado hídrico o la concentración de K, mientras que el año más húmedo la calidad se relacionó con el crecimiento, siendo la nutrición, el tamaño de planta y los parámetros hídricos los atributos más relacionados. Estos resultados permiten mejorar las técnicas de cultivo en vivero más implicadas en estos atributos, ajustándose así el estándar de calidad para unas condiciones de estación similares a las ensayadas.

**14 Díaz, M., 2014. Distribución del arbolado y persistencia a largo plazo de las dehesas: patrones y procesos. *Revista Ecosistemas* 23, 5-12.**



Artículo publicado en la revista Ecosistemas en el año 2014, donde se revisan los conocimientos actuales sobre los efectos de la distribución espacial del arbolado y del paisaje de las dehesas sobre la diversidad biológica y se presentan los resultados de cómo y por qué esta configuración espacial dificulta, la regeneración natural. En términos generales, el adehesamiento favorece las fases tempranas, es decir limita la infestación por insectos de los frutos, pero colapsa la dispersión, debido a que los riesgos en que incurren los dispersores hace que disminuya su abundancia y/o alteran su comportamiento, de manera que concentra la dispersión hacia sitios seguros (arbustos). Por lo que se produce un colapso del ciclo de dispersión que anulan los efectos positivos del adehesamiento tanto sobre la diversidad biológica como sobre las fases iniciales del ciclo de regeneración, con lo que el sistema simplificado de pastizal arbolado carente de arbustos puede volverse insostenible. Por ello, las medidas dirigidas a la conservación de las dehesas deben por tanto centrarse en la manipulación de los efectos paisajísticos que condicionan los riesgos de depredación de dispersores.

**15 Domínguez Begines, J., Alcocer Prior, F., García, L.V., Pozuelos Rojas, A., Sánchez Hernández, M., Gómez Aparicio, L., 2017. Soil-borne pathogens limit *Quercus suber* regeneration in Mediterranean forests.**

Artículo publicado en "Integrated Protection in Oak Forests" en el año 2017, donde se muestra la influencia de la presencia de *Phytophthora cinamommi* en el desarrollo de plantones de Alcornoques. Para ello, se realizaron dos ensayos, uno en invernadero y otro en campo. En campo, se plantaron 49 bellotas, con y sin tratamiento fungicida, en tres localizaciones distintas, se monitoreó la emergencia y desarrollo de los plantones durante 18 meses. El resultado fue que las plántulas crecidas de bellotas tratadas con fungicida aumentaron su emergencia y supervivencia. Además, en el ensayo de invernadero se plantaron las bellotas en suelos recolectados bajo 4 tipos de formaciones de alcornoque: sanos, defoliados, muertos y con presencia de acebuches. Las plántulas procedentes de bellotas tratadas aumentaron su biomasa aérea en todos los casos. Por lo que se demuestra la influencia negativa de *Phytophthora cinamommi* en el establecimiento y desarrollo de nuevos plantones de alcornoque.

**16 Duque Lazo, J., Navarro-Cerrillo, R.M., Francisco José, R.-G., 2018. Assessment of the future stability of cork oak (*Quercus suber* L.) afforestation under climate change scenarios in Southwest Spain. *Forest Ecology and Management* 409, 444-456.**

Artículo publicado en la revista científica "Forest Ecology and Management" en el año 2018., en el que se realiza una evaluación de la estabilidad futura de las repoblaciones de alcornoques (*Quercus suber* L.) bajo escenarios de cambio climático en el suroeste de España.

A finales del siglo XX y principios del XXI se desarrollaron en España programas de forestación intensiva al amparo de las directivas de reforestación agrícola de la



Comunidad Económica Europea (CEE). Sin embargo, estas repoblaciones se llevaron a cabo sin tener en cuenta los futuros escenarios de cambio climático y ahora estas zonas tienen que hacer frente a condiciones climáticas más severas.

En este estudio se han utilizado modelos de distribución de especies (SDM) para estudiar la estabilidad futura de las plantaciones de alcornoque (*Quercus suber* L.) establecidas en Andalucía entre 1993 y 2000. Se evaluó el cambio en el tiempo del solapamiento del volumen del espacio ambiental entre la distribución potencial y las repoblaciones forestales. El enfoque de modelización por conjuntos dio resultados muy precisos para la distribución potencial actual del alcornoque en Andalucía y estimaciones moderadamente precisas de la distribución de la tasa de supervivencia de las repoblaciones de alcornoques en Andalucía.

Entre los resultados destaca que el 10% de las repoblaciones de alcornoques plantadas entre 1993 y 2000 se establecieron en el área óptima de aparición del alcornoque (probabilidad de presencia superior al 70%) y presentaron una tasa de supervivencia aceptable (> 50%); además, el volumen del espacio ambiental definido por las repoblaciones de alcornoques disminuyó con el tiempo. Se ha confirmado el potencial de los MDE para predecir la distribución de la tasa de supervivencia de las repoblaciones de alcornoques y para evaluar su estabilidad futura. En el peor escenario, el 3% de las repoblaciones de alcornoques resistirían el cambio climático.

Estos estudios podrían ayudar a desarrollar estrategias de gestión adecuadas para las plantaciones sometidas a condiciones más severas.

**17 Gaspe Lucena, M., Díaz, R. Z., & Villa, E. B. (2017). Evaluación de la regeneración del monte alcornocal bajo cercados cinegéticos. *Almoraima: revista de estudios campogibraltareños* (47), 73-84.**

Artículo publicado en la revista de estudios campogibraltareños en el año 2017, donde se evalúa el efecto de los cercados cinegéticos perimetrales y la realización de rozas en el establecimiento de regeneración natural y artificial, además de evaluar el efecto de la herbívora en el mismo en el PN de los Alcornocales. Para ello se eligieron 4 cercados de repoblación con 15 años, dos ramoneados y dos sin ramonear, y dos con actuaciones de roza y dos sin. En cada cercado se realizó un inventario de parcelas circulares donde se tomaron medidas de existencia de regeneración natural y artificial. Como conclusiones presentó que los cercados cinegéticos perimetrales cumplen su función por lo que es aconsejable realizar actuaciones de mantenimiento, además estos favorecen la regeneración natural.

**18 Giménez-Benavides, L., Escudero, A., García-Camacho, R., García-Fernández, A., Iriondo, J.M., Lara-Romero, C., Morente-López, J., 2018. How does climate change affect**



**regeneration of Mediterranean high-mountain plants? An integration and synthesis of current knowledge. *Plant Biology* 20, 50-62.**

Artículo publicado en la revista científica "Plant Biology" en el año 2018., en el que se realiza una revisión del conocimiento actual de cómo afecta el cambio climático a la regeneración de las plantas de alta montaña mediterránea

Las montañas mediterráneas son extraordinariamente diversas y albergan una elevada proporción de plantas endémicas, pero son especialmente vulnerables al cambio climático, y la mayoría de los modelos de distribución de especies prevén cambios drásticos en la composición de la comunidad. Los estudios retrospectivos y el seguimiento a largo plazo también ponen de manifiesto que las plantas de alta montaña mediterráneas están sufriendo graves contracciones en su área de distribución.

El objetivo de este trabajo es revisar el conocimiento actual de los impactos del cambio climático en el proceso de regeneración por semilla de las plantas de alta montaña mediterráneas, combinando la información disponible de estudios observacionales y experimentales. También se discuten algunos procesos que pueden proporcionar resiliencia frente a las condiciones ambientales cambiantes y se sugieren algunas prioridades de investigación para el futuro. Con algunas excepciones, todavía hay poca evidencia de los efectos directos del cambio climático sobre la polinización y el éxito reproductivo de las plantas de alta montaña mediterráneas, y la mayoría de los trabajos son observacionales y/o se centran sólo en las etapas post-dispersión (germinación y establecimiento). La gran mayoría de los estudios coinciden en que la sequía estival característica y las olas de calor extremas, que se prevé sean más intensas en el futuro, son los factores más limitantes para el proceso de regeneración. Sin embargo, se necesitan urgentemente estudios que combinen enfoques de gradiente altitudinal con variaciones experimentales de la temperatura y la sequía para confirmar la magnitud y variabilidad de las respuestas de las especies.

También son limitados los conocimientos sobre la capacidad de las plantas mediterráneas de alta montaña para hacer frente al cambio climático mediante la plasticidad fenotípica y los procesos de adaptación local. Esto podría lograrse mediante la realización de experimentos de jardín común y translocación recíproca con especies que difieren en sus rasgos vitales.

**19 Gómez-Giráldez, P.J., Jiménez-Morales, M., Navarro-Reyes, F., Fernández-Rebollo, P., Carbonero, M.D., Espejo, M., Caño, B., 2016. La regeneración del arbolado en la dehesa.**

Esta publicación forma parte del material formativo desarrollado en el marco del proyecto LIFE bioDEHESA coordinada por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) durante los años 2012 y 2017, cuyo objetivo era promover la gestión sostenible e integral de las dehesas para mejorar el estado de la biodiversidad.



Este manual está estructurado en tres unidades. En la primera unidad se describe de forma pormenorizada el papel del arbolado en este sistema agrosilvopastoral, se expone de manera detallada el proceso de regeneración natural del arbolado, así como los factores que lo favorecen y dificultan en la dehesa, y se caracteriza en estado de la regeneración del arbolado de la dehesa en Andalucía. En la segunda unidad se exponen algunas de las estrategias que podrían utilizarse en función de la situación de partida, y las precauciones que es necesario considerar para maximizar el éxito de las mismas.

Por último, en la tercera unidad se exponen algunas estrategias que pueden mejorar la conservación de estas formaciones vegetales de manera compatible con otros usos que puedan darse. El manual finaliza con un ejercicio práctico que busca consolidar los principales conocimientos expuestos.

**20 González-Rodríguez, V., Navarro-Cerrillo, R.M., Villar, R., 2011. Artificial regeneration with *Quercus ilex* L. and *Quercus suber* L. by direct seeding and planting in southern Spain. *Annals of Forest Science* 68, 637-646.**

Este artículo se publicó en la revista científica "Annals of Forest Science" en el año 2011. La limitada capacidad de las especies de *Quercus* para regenerarse de forma natural en los bosques mediterráneos ha llevado al desarrollo de diversos métodos de regeneración artificial; sin embargo, no existe un consenso general sobre qué método concreto es el mejor para este fin.

En este trabajo se evaluó la morfología, el crecimiento y la supervivencia de dos especies de *Quercus* (*Quercus ilex* ssp. *ballota* y *Quercus suber*) utilizando dos métodos diferentes de regeneración artificial (la siembra directa y la plantación) y dos edades de plántulas (plántulas de 1 año y plántulas de 3 años) en el sur de España.

Las plántulas de 1 año de ambas especies mostraron los mayores porcentajes de supervivencia y las plantas de siembra directa valores intermedios de supervivencia. Para las plantas de siembra directa, se encontró que la masa de la semilla tenía un efecto significativamente positivo en el éxito de establecimiento en ambas especies. No se detectó una tendencia clara en la supervivencia de las plántulas de 3 años. La supervivencia de las plántulas de 3 años de *Q. suber* y de las plantas de siembra directa fue similar, pero no en *Q. ilex*, donde la supervivencia de las plántulas de 3 años fue la más baja. Este último resultado puede haber sido una consecuencia del cultivo en contenedores más pequeños, lo que provocó la deformación de las raíces y limitó el acceso de las plantas al agua. Las diferencias en la supervivencia no pudieron atribuirse a variables morfológicas y de crecimiento ni a la conductancia estomática.

La conclusión basándose en los resultados determinan que los tres métodos de regeneración artificial pueden ser igualmente eficaces siempre que se utilicen las condiciones de cultivo apropiadas en el vivero y se protejan las semillas contra los



depredadores, siendo la mejor elección en cada caso la dictada por los objetivos particulares de la restauración.

**21 Ibáñez, B., Gómez-Aparicio, L., Stoll, P., Ávila, J.M., Pérez-Ramos, I.M., Marañón, T., 2015. A Neighborhood Analysis of the Consequences of *Quercus suber* Decline for Regeneration Dynamics in Mediterranean Forests. PLOS ONE 10, e0117827.**

Este artículo se publicó en el año 2015 en la plataforma de la comunidad de revistas científicas PLoS ONE. En él se analiza la interacción entre la alteración de las características del dosel y las plántulas en bosques mediterráneos afectados por el declive de su especie dominante (*Quercus suber*) y su impacto en la dinámica de regeneración.

El objetivo de este estudio es la comprensión de cómo los impactos de los árboles y arbustos vecinos en el reclutamiento podrían afectar a la dinámica futura de estos bosques en declive. Se sembraron semillas de las tres especies arbóreas dominantes (*Quercus suber*, *Olea europaea* y *Quercus canariensis*) en seis lugares durante dos años consecutivos. Utilizando un enfoque de vecindad espacialmente explícito, se desarrollaron modelos que explicaban la variación espacial observada en la aparición de las plántulas, la supervivencia, el crecimiento y la eficiencia fotoquímica en función del tamaño, la identidad, la salud, la abundancia y la distribución de los árboles y arbustos adultos en la vecindad. Se encontraron fuertes efectos de vecindad para todos los indicadores de rendimiento, particularmente para la emergencia y supervivencia de las plántulas. Los vecinos de los árboles afectaron positivamente a la emergencia, independientemente de la identidad de la especie o estado de salud. Por otra parte, la supervivencia de las plántulas fue mucho menor en las zonas dominadas por árboles defoliados y muertos de *Q. suber* que en los dominados por árboles sanos. Para las otras dos especies de *Quercus*, estos efectos negativos fueron consistentes a lo largo de los tres años de las plántulas experimentales.

Los resultados indican que los cambios continuos en la abundancia relativa de las especies y la salud de las copas de los árboles podrían alterar las trayectorias sucesionales de los bosques mediterráneos a través de los impactos específicos sobre las plántulas. El fracaso en el reclutamiento de los *Quercus* dominantes de sucesión tardía en los huecos abiertos de *Q. suber* favorecería indirectamente el establecimiento de otras especies leñosas coexistentes, como los arbustos tolerantes a la sequía. Esto podría llevar a los bosques actuales a convertirse en sistemas abiertos con menor cobertura arbórea. El declive de las copas de los árboles adultos representaría, por tanto, un factor adicional que amenazaría el reclutamiento de los bosques de *Quercus* en todo el mundo.



**22 Junta de Andalucía, 2016. Manual para la conservación de la biodiversidad de las dehesas de forma compatible con las actividades ganaderas, forestales y cinegéticas. LIFE+bioDEHESA**

Esta publicación forma parte del material formativo desarrollado en el marco del proyecto LIFE+bioDEHESA coordinada por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) durante los años 2012 y 2017, cuyo objetivo era promover la gestión sostenible e integral de las dehesas para mejorar el estado de la biodiversidad.

En su apartado 3.2.3 explora la renovación del arbolado. En primer lugar, hace referencia a la caracterización de la mismas acorde a su altura y el grado de ramoneo en relación a los brotes comidos. Como actuaciones de apoyo a la regeneración, haciendo especial mención a la toma de datos necesarios para evaluar el estado de la repoblación en base al porcentaje de supervivencia y definir las causas de la muerte de los plantones (especie no adecuada, zona con problemas hídricos, mal instalación de la protección, sequías continuadas, etc.).

En documento recoge tablas para el seguimiento del regenerado como aspecto más reseñable.

**23 Lanzo, R. 2015. Manual de Buenas Prácticas Suberícolas en Masas Jóvenes de Alcornoque. CICYTEX - Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura. Realizado con la financiación de fondos FEDER de la UE, a través del proyecto SUBERVIN, del programa SUDOE, Interreg IV B. Hay sendas ediciones en francés y portugués. Mérida.**

Manual elaborado por el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura en el año 2015 a raíz de detectar deficiencias en los tratamientos dados a las repoblaciones de alcornocal. Los problemas detectados estaban relacionados con la mala y tarde ejecución de las podas de formación y excesivos desbroces.

La poda es la eliminación de ramas vivas del árbol, el desconocimiento lleva a realizarlas tarde e intensamente, por lo que se recomienda que:

- la poda ha de ser moderada, y debe realizarse de manera paulatina en varias fases. no es recomendable eliminar más de 1/3 de la copa en cada intervención.
- En cuanto al número de fases o intervenciones se recomienda una al menos cada 4-5 años, hasta conseguir un fuste recto y limpio hasta la altura recomendada.
- En la primera fase se eliminarán aquellas ramas que resulten imprescindibles para corregir la guía principal como:
  - Dobles guías por debajo de los 2,5 ó 3 metros de altura.
  - Ramas demasiado verticales y de gran vigor que puedan competir con la guía principal.



- Ramas con tendencia a engrosar y que darán lugar a una cruz demasiado baja.
- En la primera fase no es necesario que se tengan que eliminar todas las ramas bajas del tronco, ya que muchas de ellas serán aún pequeñas y dejarlas nos ayudará a compensar el desequilibrio originado por la corta de otras más grandes.
- En la segunda fase y posteriores se realizará el mismo procedimiento que en la primera, pero sí que iremos eliminando todas las ramas bajas del fuste, hasta ir consiguiendo que este sea lo más recto y limpio posible.
- Los cortes deben hacerse lisos, inclinados a ras de tranco, evitando causar desgarros y lo más pequeños posible para favorecer la cicatrización. Hay que considerar que en repoblaciones de 5 años el 45% de los cortes menores de 6 cm cicatrizó perfectamente. Se recomienda la desinfección periódica de las herramientas de corta.

Los principales problemas que se detectaron: Falsa cruz, tronco y ramas entrelazadas entre sí, fustes torcidos y elevado número de ramas gruesas. Estos problemas afectan a la capacidad de cicatrización, ocasionan pudriciones, proliferación de chupones fustes torcidos. Por lo que se recomiendan podas tempranas y periódicas utilizando cicatrizante en los cortes de ramas gruesas. Además, la incorporación de los restos de poda mediante trituración al suelo es beneficioso por el retorno de nutrientes al mismo.

Los desbroces eliminan la competencia arbustiva y herbácea de las plantaciones, se recomienda:

- Desbroces parciales o lineales, frente a los totales o a hecho (pueden provocar procesos erosivos).
- Desbroces selectivos (permiten respetar determinadas especies) frente a los totales.
- Se prefiere los desbroces manuales y/o mecánicos, frente a los que se realizan mediante quema o químicos.
- Se priorizará la roza al arranque (menos rentable, caro y puede hacer que aumente el riesgo de erosión), excepto si el matorral brota de cepa que sería conveniente descuajar (gradeo).
- El gradeo mediante laboreo estará limitado por la pedregosidad del terreno y la pendiente, debiendo ser menor de un 20%, mientras que los desbroces mediante desbrozadora de eje vertical o de cadenas, aunque limitados también por la pedregosidad y los afloramientos rocosos, permiten pendientes hasta el 35%.

**24 Leiva, M.J., Mancilla-Leyton, J.M., Martín-Vicente, Á., 2013. Methods to improve the recruitment of holm-oak seedlings in grazed Mediterranean savanna-like ecosystems (dehesas). *Annals of Forest Science* 70, 11-20.**

Este artículo se publicó en la revista científica "Annals of Forest Science" en el año 2013. En la actualidad, las dehesas mediterráneas están en peligro por la falta de regeneración de su arbolado principalmente, encina *Quercus ilex* subsp. *ballota* L.



Este estudio analiza la eficacia de diferentes técnicas para mejorar el reclutamiento de plántulas de encina durante un experimento de campo de 3 años: (1) plantación de bellotas en espacios abiertos, regando las plántulas durante la primera estación seca; (2) plantación de bellotas bajo el dosel de *Myrtus communis* L. y (3) ambos métodos combinados.

Los resultados muestran un gran efecto facilitador del mirto para el reclutamiento de plántulas de encina, independientemente del suministro de riego. Este efecto se asoció con una gran disminución de la temperatura del aire y de la radiación fotosintéticamente activa bajo las copas de los mirtos. Por el contrario, el riego de verano de las plántulas plantadas en espacios abiertos no mejoró la supervivencia de las plántulas después de 3 años, a pesar de un pequeño y transitorio efecto positivo en la supervivencia de las plántulas durante el primer año.

La principal conclusión de este estudio es que el uso de arbustos de hoja perenne, como el mirto, como plantas nodriza puede considerarse para restaurar las "dehesas" en lugar de las costosas técnicas de riego de plántulas. Varios estudios han promovido el abandono del pastoreo para aumentar la autorregeneración de la encina en las dehesas. Sin embargo, la creación de manchas cerradas de arbustos perennes naturales podría proporcionar lugares adecuados para la plantación de encinas cuando sea necesario, mejorando así el reclutamiento de plántulas sin dañar el valor medioambiental y económico de estos ecosistemas.

En los clareos de las plantaciones en primer lugar, se eliminarán pies mal formados, menos productivos, peor calidad de corcho y pies con problemas fitosanitarios. Las claras se realizarán de forma paulatina desde la densidad inicial hasta llegar la densidad objetivo de acuerdo con el tipo de masa final elegido.

**25 Leiva, M.J., Mancilla-Leyton, J.M., MartínVicente, Á., 2015. Differences in the facilitative ability of two Mediterranean shrubs on holm-oak seedling recruitment in Mediterranean savanna-forest ecosystems. *Ecological Engineering* 82, 349-354.**

Artículo publicado en la revista "Ecological Engineering" en el año 2015, donde se analiza el efecto de planta nodriza de *Cistus salvifolius* y *Myrtus communis* sobre plántulas de encina en dehesas. Se estudiaron los cambios en las condiciones microambientales bajo las copas de los arbustos, y el efecto de los mismos en la emergencia y supervivencia de las plántulas de encina. Se encontraron efectos beneficiosos sobre el reclutamiento de plántulas, número de hojas y actividad fotosintética bajo la copa de *Myrtus communis*, no así bajo *Cistus salvifolius* que tuvo resultados negativos. Por lo que el abandono del pastoreo permite el establecimiento de individuos de primera transición como *Cistus salvifolius* que limitan el reclutamiento y establecimiento de plántulas de encinas por lo que dificulta la reproducción mediante frutos de esta. Por lo que el manteniendo de especies de sucesión tardía y una adecuada presión ganadera beneficiaran a la regeneración de la dehesa.



**26 Martínez-Muñoz, M., Gómez-Aparicio, L., Pérez-Ramos, I.M., 2019. Técnicas para promover la regeneración del arbolado en dehesas mediterráneas. Ecosistemas 28, 142-149.**

Este artículo fue publicado en diciembre de 2019 en la revista científica de ecología y medio ambiente "Ecosistemas". En él se identifican los principales factores limitantes de la regeneración asistida de encinas y alcornoques en ecosistemas de dehesa, así como las principales técnicas empleadas en agricultura ecológica para mejorar las tasas de supervivencia de los plantones introducidos en el campo.

En este trabajo se han revisado los principales factores que limitan la regeneración asistida de especies de *Quercus* en ecosistemas de dehesa y se ha identificado el grado de eficiencia de las principales técnicas empleadas para promover el reclutamiento de árboles desde una perspectiva agroecológica. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica y se han realizado entrevistas a investigadores relevantes en la materia de este estudio. Los resultados indican que los principales factores limitantes de la regeneración asistida son el estrés hídrico, las desfavorables condiciones del suelo, las altas tasas de depredación de semillas y la herbivoría de plántulas y brinzales. En la segunda parte del trabajo se recomiendan una serie de técnicas agroecológicas en función del grado de eficiencia reportado en estudios científicos previos, y se resaltan aquéllas destacadas por los expertos que merecen un mayor esfuerzo de investigación (p.ej. el uso de plantas nodrizas o la aplicación de riegos).

Los resultados de este trabajo resaltan la necesidad de seguir investigando la aplicación de distintas técnicas de agricultura ecológica que ayuden a paliar los principales factores limitantes en la regeneración asistida de especies de *Quercus* y aseguren la persistencia en el tiempo de las dehesas y otros ecosistemas forestales mediterráneos ante futuros escenarios de cambio climático.

**27 Mechergui, T., Pardos, M., Boussaidi, N., Hasnaoui, B., Jacobs, D.F., 2013. Development of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings in response to tree shelters and mulching in northwestern Tunisia. Journal of Forestry Research 24, 193-204.**

Este artículo fue publicado en la revista científica "Journal of Forestry Research" en el año 2013. En él se analiza el desarrollo de plántulas de alcornoque (*Quercus suber* L.) en respuesta a refugios para árboles y a la cobertura vegetal del suelo, en el noroeste de Túnez.

La principal dificultad en la regeneración de alcornocales (*Quercus suber* L.) es la herbivoría de las plantas jóvenes, la competencia vegetativa y la lentitud de crecimiento de las plántulas de alcornoque. En este estudio se ha evaluado el desarrollo temprano de las plántulas de alcornoque tratadas con refugios para árboles y con mulch en el noroeste de Túnez. Se probaron tres tratamientos de protección de árboles (sin ventilación, con ventilación y control) para proteger las plántulas de los daños por animales y cinco tipos de cubierta vegetal para controlar la vegetación competitiva



(pino piñonero, lentisco, combinación de pino piñonero y lentisco (mulch orgánico), grava (mulch inorgánico) y sin mulch inorgánico).

Los resultados de este experimento de dos años, muestran que las plántulas protegidas eran entre un 89 y un 99% más altas que las no protegidas y tenían un mayor número y longitud de brotes. Por el contrario, tanto el crecimiento del diámetro del tallo como la biomasa en peso seco se redujeron significativamente dentro de los refugios para árboles. La relación raíz/brote no fue significativamente diferente en las plántulas protegidas frente a las no protegidas, lo que sugiere que los refugios no afectan negativamente a este parámetro. El mulch por sí solo no favoreció el crecimiento, pero podría ser beneficioso si se combina con los alcorques.

Los refugios ventilados fueron la alternativa más exitosa para la plantación de *Q. suber* en este entorno mediterráneo. Si las restricciones de financiación limitan a los gestores a aplicar un tratamiento de mejora, el refugio ventilado sería probablemente la mejor opción.

**28 Mechergui, T., Pardos, M., Jacobs, D.F., 2020. Effect of acorn size on survival and growth of *Quercus suber* L. seedlings under water stress. *European Journal of Forest Research*.**

Este artículo fue publicado en la revista científica "European Journal of Forest Research" en el año 2020. En él se analiza el efecto del tamaño de la bellota en la supervivencia y el crecimiento de las plántulas de *Quercus suber* L. bajo estrés hídrico.

Se estudió el desarrollo de plántulas de alcornoque (*Quercus suber* L.) entre tratamientos que incluían tres clases de bellota (pequeña: < 4 g, intermedia: 4-6 g), y grande: ≥ 6 g) y dos regímenes de agua (bien regada frente a estresada). Se propusieron las siguientes hipótesis: el efecto de reserva (las semillas más grandes retienen una mayor proporción de reservas después de germinar), el efecto metabólico (las plántulas procedentes de semillas más grandes tienen tasas de crecimiento relativas más lentas), el efecto del tamaño de la plántula (las semillas más grandes producen plántulas más grandes) y que la tolerancia de la planta al estrés hídrico aumenta con el incremento del tamaño de la semilla. El tamaño de la bellota no tuvo ningún efecto sobre la duración y la tasa de germinación de la bellota ni sobre la supervivencia de las plántulas, pero afectó significativamente a casi todos los parámetros de crecimiento, excepto el número de unidades de crecimiento y de hojas y el área foliar. Las plántulas procedentes de bellotas grandes mostraron siempre los valores más altos para los parámetros de crecimiento afectados, seguidas de las procedentes de bellotas de tamaño intermedio; las plántulas procedentes de bellotas pequeñas mostraron siempre los valores más bajos. El estrés hídrico afectó significativamente a la tasa de supervivencia (88,2% para las plántulas bien regadas frente al 64,7% para las plántulas con estrés hídrico) y a la biomasa de las raíces finas y los tallos, pero independientemente del tamaño de la bellota. Los resultados están en línea con las dos hipótesis del efecto reserva y del efecto tamaño de la semilla, pero no para el efecto metabólico ni para la hipótesis de que la tolerancia de la planta al estrés hídrico aumenta con el incremento del tamaño de la



semilla. En general, los resultados muestran que las bellotas grandes no tienen ventaja en la supervivencia o el crecimiento de las plántulas bajo estrés hídrico en comparación con las bellotas intermedias o pequeñas, al menos en las condiciones del experimento.

El estudio muestra que las bellotas de alcornoque pueden germinar fácilmente, independientemente del tamaño de la bellota. No se encontró un efecto del tamaño de la bellota en la supervivencia de las plántulas, lo que indica que las bellotas pequeñas contienen suficientes reservas de cotiledones para apoyar la supervivencia de las plántulas.

Sin embargo, el tamaño de la semilla juega un papel clave en el crecimiento inicial de las plántulas, que aumenta con el incremento del tamaño de la bellota. Esto indica el beneficio de seleccionar bellotas grandes para los programas de plantación para producir plantas más altas con mayor biomasa sobre y bajo el suelo, lo que promueve su capacidad competitiva por los recursos de luz, agua y nutrientes, ya que los beneficios de las reservas de bellotas son temporales. El estudio mostró un aumento significativo en la movilización de las reservas de semillas a medida que aumenta el tamaño de las mismas.

Finalmente, los resultados demostraron que el estrés hídrico afecta negativamente a la supervivencia y al crecimiento de las plántulas independientemente del tamaño de la semilla, lo que indica una falta de influencia del tamaño de la bellota en la posterior resistencia de la planta al estrés hídrico, al menos en las condiciones del experimento.

### **29 Monteiro-Henriques, T., Fernandes, P.M., 2018. Regeneration of Native Forest Species in Mainland Portugal: Identifying Main Drivers. 9, 694.**

Artículo publicado en la revista "Forest" en el año 2018, en el que gracias a los modelos probabilísticos se estudió la ausencia y densidad del reclutamiento de plántulas de 5 especies de *Quercus* en Portugal. Para ello, se utilizaron los datos de regeneración presentes en el 5º inventario forestal nacional y variables ambientales describiendo la estructura poblacional del arbolado (área basimétrica y densidad), antrópicas (pastoreo, densidad de otras especies), incendios (frecuencia), climáticas, edáficas, hidrológicas y disponibilidad de semillas. Los resultados sugirieron que la pendiente (↑), el Índice ombrotermico de verano (↓), evidencias de pastoreo (↓), densidad de eucaliptus (↑) y área basimétrica (↑). Se concluye que las variables encontradas representan las condiciones de regeneración del alcornocal adhesionado, matiza que es la única especie de las estudiadas donde la disponibilidad de semillas no es un factor limitante y relaciona la variable de densidad de Eucaliptus con la distribución de este, ya que ocupa áreas potenciales de Alcornoque.



**30 Montero Calvo, A. J., Lanzo Palacios, R., Santiago Beltrán, R., & Murillo Vilanova, M. (2015). Buenas Prácticas en Regeneración de Alcornocal. CICYTEX - Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura**

Manual elaborado por CICYTEX-Centro de Investigaciones en el año 2015. Según los autores no es un manual de repoblaciones en el que se detallen todos los aspectos relacionados con la regeneración del alcornocal, sino que se ha pretendido volcar la información menos conocida sobre regeneración del alcornocal. Los temas tratados son Regeneración natural, artificial, material de reproducción y micorización.

La regeneración natural, es considerada el mejor medio de regeneración con la ventaja de que los árboles que progresan están bien adaptados a las condiciones del territorio y crean un entorno más diverso y naturalizado, aunque con un periodo de regeneración más largo y una gestión más complicada. Presenta dos alternativas: 1) Regeneración natural estricta, que consiste en la disminución de la presión ganadera mediante acotamiento o mediante el mantenimiento de islas de matorral poco accesibles. 2) Regeneración natural asistida, en la que se identifican árboles de porvenir que se protegen individual o por grupos para evitar la herbivoría.

La regeneración artificial se considera en base a las ayudas públicas destinadas a este cometido debido a las desventajas de la regeneración natural. La primera decisión debe ser la densidad de plantación que está directamente ligada su aprovechamiento principal futuro, ganadero o corchero, estableciendo densidades de 100 pies/ha (incluyendo todas las clases diamétricas) para zonas adehesadas y 200 para monte alcornocal. Recomendando las densificaciones para montes adehesados.

Entre las actuaciones preparatorias recomienda: los desbroces sin remoción y en zonas con pendientes mayores del 10% exclusivamente en las líneas de plantación; preparación del terreno mediante subsolado con más de un rejón y preferiblemente en verano, dar un gradeo suave sin volteo posterior para romper terrones. Nunca labrar bajo copa de arbolado existente y si el árbol es de pequeñas dimensiones realizar un desbroce manual. En pendientes >10% realizar las operaciones por curvas de nivel, y en terrenos con encharcamiento realizar caballones.

Para la selección del material de reproducción para las reforestaciones artificiales hay que considerar que la bellota de alcornoques tiene una capacidad germinativa del 80-90%, que no es aconsejable conservarla durante mucho tiempo. La bellota debe estar libre de parásitos, ya que afecta al desarrollo posterior de la planta, por lo que hay que desechar las bellotas con perforadores. Otros factores que influyen beneficiosamente son: El peso de la bellota, sobre todo si se plantan en zonas adehesadas (abiertas).

En cuanto a planta, el Real Decreto 289/2003 (Reino de España 2003), que fija la obligatoriedad de usar plantas de una savia, con altura entre 13 y 60 cm, un diámetro en el cuello de la raíz mínimo de 3 mm y un volumen mínimo de contenedor de 200 cc, si bien no deberían usarse contenedores de menos de 300 cc y dotados de sistemas que dificulten el enrollado de raíces y favorezcan el autorrepicado.



La calidad de la planta influye a medio y largo plazo, a corto plazo, el clima del año de plantación, el método de preparación del suelo, la calidad edáfica, la adaptación del alcornoque al territorio o la competencia herbácea en los terrenos agrícolas abandonados condicionan de manera más patente dicha supervivencia.

El micorrizado influye en la supervivencia del arbolado de las dehesas, la persistencia de estos hongos se ve beneficiada por la rotación de cultivos realizada, hecho que se pierde cuando la dehesa se matorraliza. Las especies más comunes son: *Pisolithus tinctorius*, *Scleroderma polyrrhizum*, *Scleroderma verrucosum*.

Siendo sus propiedades beneficiosas para la regeneración:

- *Pisolithus tinctorius*: potenciador de la resistencia de las plantas frente a la sequía tanto jóvenes como adultas.
- *Scleroderma polyrrhizum*, *Scleroderma verrucosum* y *Hebeloma crustuliniforme* son de interés forestal, dado su potencial para micorrizar plantas jóvenes.

### **31 Montero González, G., y Canellas Rey de Viñas, M.A., 2015. El alcornoque. Manual de reforestación y cultivo. Mundiprensa.**

Libro publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en el año 2003, donde en relación a la reforestación aborda dos temas de especial interés, la repoblación y sus cuidados posteriores.

Del fruto, la bellota, describe su forma, color y plagas que le afectan tanto a los frutos (*Curculio elephans (Balaninus elephans)*) como a su producción *Tortrix Viridiana* y *Lymantria dispar*. De su recolección delimita las distintas zonas de procedencia, que juegan un papel importante en el éxito de la repoblación, pues la utilización de semillas procedentes de árboles que se han criado en un ambiente ecológico similar o próximo al ambiente de la tierra a repoblar, asegura que estamos repoblando con plantas bien adaptadas al medio. El peso de la bellota también influye en el éxito de la repoblación recomendándose que un kilogramo contenga entre 145 y 165 bellotas, lo que equivale a un peso medio por bellota de entre 6 y 7 g. Para su conservación, se recomienda una atmósfera inerte de CO<sub>2</sub> o nitrógeno, en recipiente con baja presión atmosférica y reducir la temperatura y la humedad, lo que supone reducir la respiración.

Una vez germinada, la calidad de la planta emergente se estima por la región de procedencia y destina de la misma, debe ser de una savia, cultivada en envases que eviten el enrollamiento de la raíz con un cepellón de 300 cc, la altura de la planta debe ser entre 20 – 35 cm y un diámetro de cuello del tallo de 4 – 6 mm.

Posteriormente, detalla las ventajas e inconvenientes de la siembra o plantación. Siendo las ventajas de la siembra: Rápido, económico, posibilidad de obtener mayor planta/ha, y poseen un sistema radical adaptados al medio y desarrollado libremente. Y las de ventajas de plantación, mayor posibilidad de éxito al estar la planta más desarrollada, permite menor densidad de plantación y evita aclareos sucesivos.



Recomienda como de época de plantación siembra o plantación de finales de invierno: enero-febrero) o después de las primeras lluvias de otoño (siembra o plantación de otoño: 15 de octubre - 30 de noviembre).

Como labores preparatorias del terreno cita la eliminación de la vegetación espontánea mediante desbroces, el mullido del terreno, subsolado y terrazas con limitaciones de pendientes.

La siembra se realizará con 1-2 bellotas por hoyo, a una profundidad doble de la máxima dimensión; lo que supone entre 5 - 10 cm de profundidad. Para la plantación se podría hacer manual en hoyos, colocando la planta para que el cuello quede de 2-5 cm de profundidad; tapar el cepellón y comprimir la tierra aportada; en plantación lineal mecanizada, se puede hacer con subsolado en línea plantando de igual modo al anterior.

Posteriormente hace referencia al cuidado de la repoblación, mencionado la protección contra ratones para evitar la predación de bellotas, eliminado vegetación acompañante. Los daños por topes que se minorizan eliminando población y vegetación acompañante. Protección contra conejos con protectores individuales o generalizados. Protección contra fauna cinegética y ganado con protección de altura >120 cm.

Y actuaciones como la reposición de marras (anual durante los 5 primeros años), escardas binas y rozas (los 4-5 primeros años), riegos estivales (2-3 riegos durante el primer verano), fertilización con abono (45-55kg/ha de NPK.; o compost orgánico o residuos sólidos urbanos; ambos a 800kg/ha).

Finalmente, realces, podas de formación cuando el fuste tiene 2,5 – 3 metros, siendo necesaria una primera poda a los 3-6años de edad, y clareos para evitar la competencia cuyo peso depende de la densidad inicial.

**32 Moreno Marcos, G., Rolo Romero, V., 2014. Facilitación de la regeneración de Quercus ilex en dehesas ibéricas por dos especies contrastadas de matorral: jara y retama. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 159-166.**

Este artículo fue publicado en los Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales en el año 2014. En este trabajo se evalúa el efecto de la jara (*Cistus ladanifer*) y la retama (*Retama sphaerocarpa*) en la regeneración a corto y medio plazo de la encina (plántulas y brinzales, respectivamente) en dehesas de la provincia de Cáceres.

Para realizar este estudio se ha inventariado la densidad de plántulas y brinzales de *Quercus ilex* en 40 dehesas del Oeste español. En cada finca se evaluaron 2 parcelas de características similares, pero diferenciadas por la presencia o ausencia de cobertura arbustiva. En 20 fincas la parcela con matorral presentaba *Cistus ladanifer* (50-100% cobertura; sistema radicular somero) y en el resto de las fincas estaba presente *Retama sphaerocarpa* (20-60% cobertura; sistema radicular profundo). En cada una de



las 80 parcelas se realizaron 4 transectos de ~ 300 m x 2 m en 4 fechas (primavera y otoño de 2007 y 2008). En una finca de cada tipo se sembraron bellotas en 4 micro-hábitats: pasto abierto, bajo encina, bajo matorral, bajo encina+matorral. Se sembraron, protegidas de herbívoros y roedores, 6 bloques de 50 bellotas por finca y micro-hábitat, realizando el seguimiento de supervivencia de plántulas durante 2 años.

Se concluye que ambas especies de matorral tienen un efecto facilitador para la regeneración de las encinas en las dehesas ibéricas, pero su efecto positivo se sustenta en diferentes mecanismos. Mientras que la jara parece favorecer sobre todo la protección y/o dispersión de las semillas, la retama favorece sobre todo la supervivencia a largo plazo de las plántulas emergidas.

**33 Murillo Villanova, M., Montero Calvo, A.J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V. y Santiago Beltrán, R. 2020. Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornoques en Extremadura. Instituto C.M.C. – CICYTEX. Mérida.**

Manual elaborado por CICYTEX en el año 2020, donde en su punto 8.5 recoge los métodos de regeneración, natural o artificial.

La regeneración natural con bellota es considerada como la mejor opción para regenerar el alcornoque al estar los árboles mejor adaptados al territorio en el que se desarrollan. Requiere un bajo nivel de inversión y crea un entorno más natural y diverso, con menor impacto sobre el suelo. Esta puede ser sexual por medio de bellotas, que ven favorecida su distribución por la fauna dispersora (arrendajos) y por la creación de islas de matorral que sirven de protección a los nuevos individuos. Por otro lado, la reproducción vegetativa como rebrotes de cepas, aunque los árboles tienen menor longevidad (50 años).

La regeneración artificial se recomienda en zonas con imposibilidad de la regeneración natural, se ejecuta mediante siembra de bellota o plantación de arbolitos. La siembra tiene un menor coste de ejecución. En ella influyen los factores del peso de la bellota, la afeción por perforadores, la cobertura de planta nodriza y se recomienda sembrar bellota no germinada. En relación con aspectos de éxito relacionados con la planta, destacan la protección contra insolación con tubos protectores aireados, colocación de mulch para evitar competencia de especies herbáceas, protección contra ramoneo y micorrización.

**34 Navarro Reyes, F.B., Ripoll Morales, M.A., Castro Gutiérrez, J., Leverkus, A.B., Jiménez, M.N., Carbonero, M.D., Fernández Rebollo, P., Villar Montero, R., 2017. Evaluación de Nuevas Técnicas de Regeneración Asistida del Arbolado en Dehesas. In, VII Congreso Forestal Español Palencia, España.**

Este artículo científico fue publicado en una comunicación en el 7º Congreso Forestal Español celebrado en Plasencia en el año 2017. El objetivo principal de este proyecto



es analizar la viabilidad de nuevos métodos para la regeneración activa de dehesas de encina desde el punto de vista de su efectividad y del coste/beneficio. Este objetivo general se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

1. Siembra vs plantación: Testar el efecto de la siembra versus plantación sobre el éxito de establecimiento y desarrollo de la encina
2. Tamaño de planta grande: Comprobar la respuesta en campo de plantas de encina de gran tamaño cultivadas en vivero en contenedores especiales de mayor tamaño que los convencionales y analizar el efecto del calibre inicial.
3. Protección microclimática: Evaluar el efecto de novedosos métodos de protección microclimática (protector de pasta de celulosa, teja, y protector mixto) en encinas provenientes de siembra de bellota.
4. Procedencia de la bellota: Evaluar el efecto de la "región" de procedencia de la bellota sobre la supervivencia y el desarrollo de las plantas de encina a partir de siembra.
5. Valoración económica: Análisis de los costes unitarios de cada uno de los métodos de regeneración estudiados.

Desde el punto de vista de los beneficios esperables para este tipo de agroecosistemas, los objetivos del proyecto permitirán:

- i) Determinar la utilidad de nuevas tecnologías para la regeneración del arbolado en dehesas (extrapolable también a otros espacios forestales y a otras especies).
- ii) Determinar el rango de condiciones ambientales en las que tienen mayor efectividad, para poder establecer recomendaciones o condiciones de uso.
- iii) Determinar la viabilidad económica del empleo de estas innovaciones aplicadas a la regeneración de dehesas.
- iv) Desarrollar, en definitiva, una técnica de reforestación que pueda resultar más eficiente que la que actualmente se utiliza de modo mayoritario, con las ventajas que ello supone para la regeneración y conservación de la dehesa.

Los resultados esperables tienen por tanto una gran potencialidad de transferencia. Algunas de las innovaciones (nuevos contenedores, protectores de semillas, etc.) están en proceso de patente o han sido recientemente patentadas. Esto permitirá una rápida transferencia de resultados al mundo empresarial y a la gestión (pública o privada) de terrenos de dehesa, en caso de que las técnicas empleadas resulten ventajosas para la restauración de dehesas.

**35 Puerta-Piñero, C., Pino, J., Gómez, J.M., 2012. Direct and indirect landscape effects on *Quercus ilex* regeneration in heterogeneous environments. *Oecologia* 170, 1009-1020.**

Artículo publicado en la revista científica "Oecologia" en el año 2012., en el que se realiza un análisis de los efectos directos e indirectos del paisaje sobre la regeneración de *Quercus ilex* en ambientes heterogéneos



En este estudio, se explora empíricamente cómo los atributos del paisaje (conectividad del terreno, tamaño, forma, irradiación, pendiente y elevación) influyen en las interacciones bióticas en plántulas y brinzales de 1 y 2 años de *Quercus ilex*.

El estudio subraya que el paisaje, además de sus efectos directos sobre las plantas, desempeña un papel clave, aunque indirecto, en la demografía vegetal a través de sus efectos sobre los dispersores de semillas y los depredadores. Además, los efectos del paisaje sobre el reclutamiento difieren entre las distintas etapas de vida de las plantas. Las plántulas de un año y los brinzales parecen depender más de las interacciones planta-animal, mientras que las plántulas de dos años dependen más de la irradiación.

Las diferencias en la conectividad de las parcelas tuvieron efectos directos e indirectos en las interacciones bióticas que, a su vez, produjeron efectos positivos y negativos contrastados en la regeneración en las diferentes etapas del ciclo vital. Mientras que los arrendajos y los jabalíes parecen ser cruciales para todas las etapas de la vida y la mayoría de los escenarios de conectividad, los roedores y los herbívoros sólo afectaron a las plántulas y a los brinzales de un año, respectivamente, y sólo a unos pocos escenarios de conectividad.

Al incluir simultáneamente un conjunto de factores explicativos, este estudio señala que la regeneración depende de un conjunto de factores clave, tanto abióticos (es decir, la irradiación) como bióticos (es decir, arrendajos y jabalíes), cuyos efectos están muy modulados por los rasgos del paisaje.

### **36 Pulido, F., Castaño, F., Peña, L., Mateos, A., Bonilla, A., Duque, J., 2013a. Utilización de restos de poda como refugio de regeneración en dehesas de encina.**

Artículo publicado en el 6º congreso forestal español en el año 2013, donde se evalúa la idoneidad de los restos de podas como refugio para la regeneración en dehesas. Para ello se construyeron montones de taramas, restos finos de podas, de 2x2 metros en 6 localizaciones con el objetivo de evaluar hasta qué punto atraen bellotas diseminadas por roedores y cuál es su éxito de establecimiento como brinzales. Se realizaron 30 montones por localización, en los que se sembraron bellotas, 20 en la mitad y 5 en la otra mitad de montones, y se geolocalizaron para sacar las distancias a árboles vecinos, matorral y otros montones. Además, para evaluar la dispersión de las bellotas, están fueron marcadas con una cinta.

En relación al experimento como elemento regenerador, solo el 15% de los refugios contenía planta debido a la desaparición de bellotas por los roedores, además la diferencia entre las plántulas emergentes entre ambas densidades de plantación fue reducida. No obstante, aunque las tasas de reclutamiento parecen pobres una tasa del 15% de supervivencia por hectárea y año es muy superior a la tasa de mortalidad, y eso sin contar con las bellotas dispersadas.



Por lo que se proponen los restos de poda como una alternativa económica y ecológica para la regeneración de las dehesas.

**37 Pulido, F., García, E., Obrador, J.J., Moreno, G., 2010a. Multiple pathways for tree regeneration in anthropogenic savannas: incorporating biotic and abiotic drivers into management schemes. Journal of Applied Ecology 47, 1272-1281.**

Este artículo fue publicado en la revista científica "Journal of Applied Ecology" en el año 2010. En él se analizan múltiples vías de regeneración de árboles en ecosistemas antropogénicas de dehesas incorporando de factores bióticos y abióticos en sus planes de gestión.

La persistencia a largo plazo de estos ecosistemas de dehesas depende críticamente de la regeneración del estrato arbóreo. En este estudio se evalúa el efecto combinado de los factores bióticos y abióticos sobre el reclutamiento de la encina *Quercus ilex* en las dehesas mediterráneas de España occidental. Las probabilidades de transición de la flor de la flor a la semilla y a la plántula establecida se estimaron en hábitats pastoreados, cercados por arbustos, cultivados y vallados en dos años consecutivos.

Los árboles en hábitats cultivados produjeron más flores femeninas y mayores cosechas de bellotas en ambos años. La condición fisiológica de los árboles fue mejor en los hábitats cultivados y peor en las parcelas con arbustos. En general, los efectos mediados por los recursos superaron los efectos de los daños bióticos sobre la fecundidad de los árboles en todos los hábitats.

La supervivencia de las bellotas y el establecimiento de las plántulas fueron mayores en las parcelas cultivadas y en las cercadas por los arbustos, aunque en las parcelas cultivadas las plántulas son previsiblemente destruidas por el posterior pastoreo y/ o por el tratamiento mecánico utilizado para reiniciar el ciclo de cultivo.

El fracaso completo de la regeneración se encontró en 6 de los 24 posibles escenarios de gestión, principalmente en presencia de grandes herbívoros vertebrados. Sin embargo, incluso las bajas probabilidades positivas de transición entre etapas de vida superaron un umbral de seguridad para la regeneración temprana.

En conclusión, el reclutamiento temprano natural de las dehesas de encina *Quercus ilex* puede lograrse mediante varios regímenes de gestión. Estos incluyen el cultivo de cereales en parcelas valladas (siempre que los brinzales establecidos no sean destruidos posteriormente) o la incorporación de arbustos en parcelas con poco o ningún pastoreo. Entre estos, el reclutamiento natural después de la incorporación de arbustos es una herramienta rentable en comparación con la plantación artificial.

**38 Pulido, F., McCreary, D., Cañellas, I., McClaran, M., Plieninger, T., 2013b. Oak Regeneration: Ecological Dynamics and Restoration Techniques. In: Campos, P.,**



**Huntsinger, L., Oviedo Pro, J.L., Starrs, P.F., Diaz, M., Standiford, R.B., Montero, G. (Eds.), Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes: Dehesas of Spain and Ranchlands of California. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 123-144.**

Capítulo publicado en el libro "Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes: Dehesas of Spain and Ranchlands of California" en el año 2013. Se comparan las limitaciones, causas y soluciones para establecer la regeneración en las dehesas europeas y en los "Ranchlands" americanos.

Ambos sistemas estudiados presentan problemas de regeneración. No obstante, la falta de dispersores que trasladen las bellotas a sitios adecuado (protegidos y sombreados) es la principal limitación de reclutamiento en las dehesas, donde la matorralización favorece la tasa de reclutamiento. En cambio, en California, la baja regeneración está relacionada con cultivos anuales, el pastoreo intensivo, los incendios forestales y la depredación por de bellotas y plántulas. En las dehesas se ha recurrido a la reforestación como instrumento para abordar el problema de la regeneración apoyada por la protección de la regeneración natural. En cambio, en California, la exclusión del pastoreo dificulta el establecimiento de plántulas debido a aumento de la densidad de roedores. Sin embargo, en las dehesas, el éxito de la regeneración natural está ligado a pastoreo estacional o su completa limitación, aunque los propietarios son reacios a llevar a cabo estas medidas.

**39 Ramírez-Valiente, J.-A., Aranda, I., Sánchez-Gómez, D., Rodríguez-Calcerrada, J., Valladares, F., Robson, T.M., 2019. Increased root investment can explain the higher survival of seedlings of 'mesic' *Quercus suber* than 'xeric' *Quercus ilex* in sandy soils during a summer drought. *Tree Physiology* 39, 64-75.**

Artículo publicado en la revista "Tree Physiology" en el año 2019, donde se examina la respuesta de plántulas de *Q. ilex* y *Q. suber* cultivadas en suelos arenosos a diferentes niveles de disponibilidad de agua: condiciones naturales y riego suplementario. Se estudió la supervivencia y el estado hídrico de las plántulas, y la relevancia del peso de las bellotas y la biomasa radicular de las plántulas. Las plántulas de *Q. suber* sobrevivieron mejor a la sequía de verano en el experimento que *Q. ilex*. Aproximadamente el 55% de las plántulas de *Q. suber* sobrevivieron después tras 2 meses sin aportes hídricos, casi un 20% más de supervivencia que *Q. ilex* durante el mismo tiempo. Además, Al final del período seco, las plántulas supervivientes de *Q. suber* tenían un potencial hídrico más alto, rendimiento cuántico máximo potencial del fotosistema II y conductancia estomática que las de *Q. ilex*. El peso de las bellotas se asoció con la mayor supervivencia en condiciones secas; pero no se encontró relación con la supervivencia o el estado hídrico entre especies. Por el contrario, *Q. suber* presentó una mayor proporción de raíces y una mayor proporción de raíz/tallo que *Q. ilex*; rasgos asociados positivamente con la supervivencia. Como conclusión se sugieren que la mayor inversión en raíces por *Q. suber* favorece un mejor estado fisiológico y condición general que *Q. ilex*, aumentando su probabilidad de supervivencia en condiciones secas.



**40 Ramos, I.M.P., 2014. El milagro de regenerar en especies de Quercus. ¿Cómo serán los bosques del futuro? Revista Ecosistemas 23, 13-17.**

Artículo publicado en la revista ecosistemas en el año 2014, en el que se resumen los principales factores que dificultan el reclutamiento de Quercus mediterráneos, y se investiga sobre la influencia de microhábitats, y los efectos del incremento de aridez sobre la regeneración natural. Entre los principales factores que limitan el reclutamiento de estas especies se encuentran: 1) altas tasas de depredación de semillas; 2) los efectos negativos de la afección por oomicetos patógenos, y 3) la dependencia de precipitaciones, tanto para la producción de semillas como para el establecimiento favorable.

Como conclusión, define que el éxito en la regeneración de Quercus está condicionado por el tipo de microhábitat al que se dispersan las bellotas, con importantes diferencias a lo largo de la vida de la planta, así los hábitats que pueden ser adecuados para el desarrollo de las plántulas, zonas naturalizadas (protegidas) son zonas de elevada depredación de bellotas. Finalmente, en un contexto de cambio climático, se esperaría que incremente la limitación de reclutamiento natural de estas especies y se potencie el papel facilitador del matorral como elemento clave para el establecimiento exitoso de plántulas y brinzales.

**41 Ramos, S., Vázquez, F., Ruiz, T., 2013. Ecological implications of acorn size at the individual tree level in Quercus suber L. Botany 2013.**

Artículo publicado en la revista "Botany" en el año 2013, donde se evalúa la influencia del tamaño de las bellotas en la germinación y depredación. Para ello se eligieron (17) árboles que producían bellotas de dos tamaños diferentes, se tomaron 200 bellotas de cada árbol, 100 de cada tipo, y se tomaron 850 bellotas, 425 de cada clase.

Los resultados muestran que las bellotas pequeñas estaban más infectadas por depredadores que las más grandes y que las bellotas grandes presentaron un mejor porcentaje de germinación, para ambos casos tanto sanas como colonizadas. Además, se encontró una respuesta individualizada a nivel de árbol entre bellotas grandes y pequeñas presentando una diferencia de respuesta de las bellotas procedentes del mismo árbol. Por lo que los resultados indican que la producción de bellotas en un mismo árbol con dos tamaños diferentes podría ser una estrategia para la regeneración de especies, produciendo cada tamaño para un propósito diferente.

**42 Rodríguez-Estévez, V., García, A., Perea, J., Mata, C., Gómez, A.J.A.Z., 2007. Producción de bellota en la dehesa: factores influyentes. Archivos de zootecnia 56 (Revisiones) 56.**

Artículo publicado en la revista Archivos de Zootecnia en el año 2007, donde se revisa el conocimiento sobre la producción de bellota en las dehesas, se analizan los



condicionantes edafoclimáticos y la fenología de los principales árboles del género *Quercus* (*Q. ilex*, *Q. suber* y *Q. faginea*) de las dehesas, y la producción de bellota, que presentan valores medios de 300 a 700 kg/ha y producciones individuales de 8-14 kg/árbol para *Q. ilex*, 5-10 kg/árbol para *Q. suber* y 1-11 kg/árbol para *Q. faginea*; resultando producciones muy variables entre individuos, tanto intra como interanualmente. Finalmente, se revisan los factores que afectan a la producción de bellota; y entre éstos se describen la densidad de árboles (estimada en 20-50 pies adultos/ha), el fenómeno de la vecería (con ciclos de 2-5,5 años y asincronía entre árboles), las características individuales de los árboles (potencial genético, edad, superficie de copa, etc.), el manejo de la arboleda (con efecto favorable del laboreo, las podas ligeras y el pastoreo sostenible), las condiciones meteorológicas (principalmente sequía y meteorología durante la floración) y el estado sanitario (*Lymantria*, *Tortrix*, *Curculio*, *Cydia*, *Balaninus* y *Brenneria*).

**43 Sampaio, T., Gonçalves, E., Patrício, M.S., Cota, T.M., Almeida, M.H., 2019. Seed origin drives differences in survival and growth traits of cork oak (*Quercus suber* L.) populations. *Forest Ecology and Management* 448, 267-277.**

Conocer el potencial de adaptación de alcornoque para hacer frente a las diferentes condiciones ambientales es una cuestión clave de la gestión forestal, en particular para la selección del material genético. Se investigó la variación intraespecífica de los rasgos sustitutos de la aptitud (supervivencia, altura, altura y diámetro del tronco) en treinta y cinco poblaciones de alcornoques muestreadas en toda el área de distribución natural de la especie.

El estudio se llevó a cabo con materiales genéticos de dos procedencias distintas, establecidos en Portugal bajo diferentes condiciones edafoclimáticas. Cada ensayo fue estudiado a cuatro edades de los árboles (dos edades, 11 y 14 años, se muestrearon simultáneamente en ambos ensayos). El ensayo situado a menor altitud, con temperaturas medias invernales y anuales más elevadas, mostró mayores tasas de crecimiento y supervivencia. Se observó una variación genética significativa entre las poblaciones de alcornoques para los rasgos analizados y las edades evaluadas. Las poblaciones marroquíes mostraron una mayor probabilidad de supervivencia y mayores tasas de crecimiento, mientras que las poblaciones locales mostraron un rendimiento intermedio. Se encontraron correlaciones de bajas a moderadas entre los rasgos analizados y las variables ambientales del origen de las semillas, lo que sugiere que es probable que otros factores, además del clima, sean relevantes para la adaptación del alcornoque.

Se encontraron valores de moderados a altos de herencia genética en la base media de la población ( $H^2 \geq 0,44$ ) y correlaciones de herencia genética elevadas entre las procedencias (0,88-0,95) y los rasgos de crecimiento, es decir, existe una influencia clara entre la genética y el crecimiento. Esta información es crucial para el establecimiento de un programa de cultivo para la mejora genética de la especie.



**44 Sánchez Mejía, M.T., 2020. Crop production, recruitment, and survival in *Quercus ilex*: density-dependent effects in a mast-seeding species.**

Este trabajo fin de master, estudia las relaciones entre la vecería, el reclutamiento temprano, supervivencia de las plántulas y densidad intraespecífica que fueron estudiados junto con los efectos moduladores de la cubierta arbórea y el clima.

En este estudio se establecieron relaciones entre la vecería, que tuvo en efecto positivo inicial sobre el reclutamiento, pero una mayor mortalidad a largo plazo, especialmente en la localidad más vecera. La densidad mostró efectos positivos asociados a la agregación de plántulas en sitios favorables, pero a largo plazo, en condiciones favorables para las plántulas tuvo un efecto negativo ligado a la competencia y a la predación.

Por otro lado, la cobertura y el clima, interactuaron con la vecería suavizando las condiciones estresantes y la competencia intraespecífica. En consecuencia, se observaron grandes diferencias entre localidades, con mayor mortalidad asociada a mecanismos denso dependientes en la zona más vecera y mayor limitación por sitios favorables en la zona menos vecera. Los resultados obtenidos muestran la importancia de enfoques a largo plazo para comprender la contribución de la vecería y denso-dependencia en el reclutamiento temprano, así como la importancia de la inclusión de factores locales.

**45 Sebastiana, M., Pereira, V.T., Alcântara, A., Pais, M.S., Silva, A.B., 2013. Ectomycorrhizal inoculation with *Pisolithus tinctorius* increases the performance of *Quercus suber* L. (cork oak) nursery and field seedlings. *New Forests* 44, 937-949.**

El artículo muestra como la producción de plántulas con ectomicorrizas desarrolladas es una estrategia prometedora para minimizar el choque inicial del trasplante, aumentando así de la supervivencia de las plantas durante los primeros años, los más críticos, de una plantación, generando así técnicas que permitan mejor adaptación frente al cambio climático de las plantas producidas en vivero.

En este estudio, se utilizó un cultivo aislado de *Pisolithus tinctorius* para la colonización ectomicorrícica de plántulas de alcornoque en vivero, y se investigaron los efectos sobre el crecimiento de la planta por encima del suelo y los parámetros estructurales y fisiológicos de las hojas.

El desarrollo de las ectomicorrizas dio lugar a un aumento significativo de las hojas, el peso seco, el contenido de nitrógeno y los pigmentos fotosintéticos. Las plantas micorrizadas mostraron una mayor capacidad fotosintética y eficiencia en el uso del agua. Además, las plantas inoculadas en vivero y posteriormente plantadas en el campo mostraron una mayor supervivencia y crecimiento durante el primer año después del trasplante. Estos resultados indican el potencial que aún poseen las técnicas de micorrización como práctica de cultivo en los viveros forestales. Teniendo en cuenta



la dificultad de la restauración del suelo en condiciones ambientales limitantes, la inoculación en viveros con hongos ectomicorrícicos puede ser una ventaja importante para mejorar la calidad de los plántones y su rendimiento tras la plantación en el campo, beneficiando la regeneración de las regiones áridas y la reintroducción de inóculos de hongos ectomicorrícicos en estas zonas.

**46 Simões, M.P., Belo, A.F., Fernandes, M., Madeira, M., 2016. Regeneration patterns of *Quercus suber* according to montado management systems. *Agroforestry systems* 90, 107-115.**

En el estudio presentado se analizaron los efectos de las técnicas de desbroces sobre la regeneración en una dehesa de alcornoques en Portugal. En concreto, se compararon los efectos de la grada cada 3-4 años con los de la limpieza de arbustos con una desbrozadora cada 5-7 años, ambos en cercados que habían llevado a cabo el mismo sistema de gestión en los últimos 40 años. Se parte de la hipótesis de que manteniendo la cobertura arbustiva puede facilitar la regeneración del alcornoque en etapas tempranas en montes pastoreados. Los cercados fueron muestreados, para determinar la densidad de plántulas, juveniles y brinzales de alcornoque. También se estimó el porcentaje de cobertura de arbustos. Se observó una fase más crítica en el reclutamiento tras la germinación de la plántula, en zonas gradeadas. Mientras que en las zonas trituradas todas las etapas (plántulas, juveniles, brinzales) estaban bien representadas y a menudo se asociaban con manchas de arbustos. En general, el mayor reclutamiento de alcornoques se produjo con una cobertura de arbustos intermedia (40-60 %).

La conclusión es que manteniendo un desbroce cada 5- 7 años, se mantienen las manchas de arbustos y su efecto protector contra la radiación directa y el impacto del pastoreo, y simultáneamente se evita la invasión de los arbustos. Esta práctica de gestión podría mejorar la regeneración de los árboles en los alcornocales pastoreados, asegurando la persistencia de este sistema.

**47 WWF., 2017. Dehesas para el futuro~ Recomendaciones de WWF para una gestión integral. In.**

En la publicación se hace referencia al término SAVN (Sistemas de Alto Valor Natural m HNVS en sus siglas inglesas), siendo la dehesa bien conservada un ejemplo de estos sistemas. Indica la problemática actual de la dehesa tanto en sus aspectos socio-económicos como naturales y la necesidad de llevar a cabo una gestión integral de los recursos, con una serie de recomendaciones para cada uno de los aspectos tratados: gestión ganadera, mejora de pastos, gestión de cultivos y tratamientos silvícolas y gestión del arbolado, control y prevención de plagas y apoyo a la regeneración y renovación del arbolado.



En cuanto a las recomendaciones sobre la regeneración natural:

- Acotar temporalmente al pastoreo determinados rodales para promover el reclutamiento de nuevos individuos arbóreos de mayo a noviembre.
- Proteger chirpiales y brinzales de forma individual mediante mallas metálicas
- Realizar un ligero laboreo del suelo en otoño, tras la caída de la bellota. Posteriormente acotar antes del final de la primavera y, tras el verano, proteger las plántulas mejor situadas y mejores.
- Resalvear en dehesas con chirpiales, una vez que éstos tengan más de 1,5 metros.
- Aplicar roza de regeneración (cortar a 2 cm por debajo del suelo), a principios de primavera, para favorecer la emisión de un brote vigoroso en dehesas con chirpiales en malas condiciones. Posteriormente los chirpiales que broten deberán protegerse.
- Potenciar manchas de matorral y respetar animales diseminadores como arrendajos y roedores.

Sobre la regeneración artificial en el caso de la siembra:

- Seleccionar los rodales con mayores probabilidades de éxito
- Selección y recolección de material genético: identificar árboles padre (por sus mejores condiciones), recolectar bellotas de entre ellos del mayor número de pies y dispersos entre noviembre y enero (los quejigos antes de noviembre), recoger la bellota del tamaño adecuado, sanas y maduras, limpiarlas separando la cúpula, sumergir las bellotas en agua y retirar las que flotan, almacenarlas en algún lugar que no se sequen (si se siembra a continuación) o en cámaras de entre 0 y -2°C si se va a tardar tiempo en realizar la siembra.
- Preparación del terreno y siembra: realizar casillas (40 cm x 40 cm de apertura y 30 cm de profundidad) o también subsolador. Sembrar a 10 -15 cm de profundidad (más en suelos arenosos) con 2 a 4 bellotas por hoyo en posición horizontal algo separadas entre sí. Procurar colocar la casilla junto a otras especies arbustivas y colocar piedras alrededor del hoyo.
- Instalar protectores individuales en el momento de la siembra.
- Tras la germinación, en primavera, realizar un alcornoque y aplicar un mulch de paja o cortezas (para evitar competencia y mejorar estrés hídrico). También sombrear con restos de podas o mallas de sombreos.
- Aplicar riegos si es posible.

Sobre la regeneración artificial en el caso de la plantación:

- Utilizar procedencias locales y plantones de 1 savia de entre 1/2 y 1/3 su relación altura de la planta/longitud de la raíz en contenedor.
- Preparar el terreno con apertura de hoyos de 40 x 40 x 40 cm mediante subsolado puntual cruzado y colocar la planta, alejados al menos 5 m de los caminos.
- Realizar un alcorque de 60 - 80 cm de diámetro y colocar piedras plantas alrededor de la planta. Pisar la tierra alrededor de la planta.



- Colocar protectores individuales de malla o tubex y construir jaulas con mallas electrosoldadas (vacuno) y ganadera (ovino).
- Plantar en otoño en tempero.
- Si es posible aplicar riegos.

**48 Zavala, M.A., Zamora Rodríguez, R., Pulido Díaz, F.J., Blanco Vaca, J.A., Imbert Rodríguez, J.B., Marañón, T., Castillo Martínez, F.J., Valladares Ros, F., 2008. Nuevas perspectivas en la conservación, restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo.**

Los autores desarrollan la idea de que tradicionalmente se ha considerado a la vegetación arbustiva existente en la zona como una fuente de competencia con el plantón sembrado, por lo que antes de la siembra se procede a su eliminación. Esta aproximación está en gran medida basada en la utilización de modelos forestales desarrollados en centro Europa. Sin embargo, un creciente número de evidencias experimentales indican que la proximidad entre plantas puede ser beneficiosa en ambientes dominados por estrés ambiental tales como los mediterráneos. En estas condiciones, la supervivencia de plántulas y plantones situados bajo la copa de un matorral pueden aumentar gracias al incremento de la humedad del suelo, disminución de la elevada radiación durante el verano, y la menor temperatura de aire y suelo, lo que en definitiva mejora el estatus hídrico de la planta. De acuerdo con esto, el uso de matorrales como plantas nodriza que aumenten la tasa de supervivencia de los plantones puede plantearse como una técnica de reforestación que reduzca mareas, costos, e impacto en el ecosistema.

- La estimación de carbono, en la que se describen métodos sobre la estimación de biomasa de cada especie arbórea, los incrementos anuales de biomasa, estimación de la biomasa de matorral y carbono en suelo, donde se recogen estudios locales para la zona de Huelva. Asimismo, se realizan recomendaciones sobre un balance de carbono en la gestión agrosilvopastoral.
- El inventario de la biodiversidad, con especificaciones sobre diseño de inventario (nº de especies en la parcela, altura CAP (circunferencia a la altura del pecho), cobertura y altura medias del sotobosque, obtención de resultados, etc.

En cuanto al apartado III Planificación para un uso sostenible de las dehesas, lo más destacable:

- Los métodos de ordenación. En este apartado se hace un repaso de los métodos de ordenación clásicos por cabida, no obstante, en el método irregular describe las curvas de Liocourt y el modelo Di Berenguer, que reparte el área ocupada por la Fracción de Cabida Cubierta total entre el número de clases dimensionales consideradas para la masa y en se realiza una propuesta teórica sobre la ordenación de masas irregulares por área basimétrica.
- La ordenación de la ganadería, con referencias sobre valores de la carga global admisible por tipo de ganado y del sistema de producción ganadera.



# Resumen

## Contexto

La falta de regeneración es uno de los graves problemas que afecta a las dehesas Ibéricas (Arosa, Ceia, Costa, & Freitas, 2015), y a pesar de los avances realizados en las técnicas de repoblación, la definición de una metodología o concatenación de actuaciones que garantice un elevado éxito de las mismas continúa siendo una quimera, y requiere estudios más detallados (Martínez-Muñoz, Gómez-Aparicio, & Pérez-Ramos, 2019), prueba de ello son las bajas supervivencias recogidas en repoblaciones ejecutadas hasta la fecha (Duque-Lazo, Navarro-Cerrillo, & Ruíz-Gómez, 2018).

Las técnicas de regeneración se clasifican en regeneración natural y regeneración artificial (Bernal Chacón et al., 2000; Montero Calvo, Lanzo Palacios, Santiago Beltrán, & Murillo Vilanova, 2015; Montero, 2003). Ambas técnicas presentan sus ventajas e inconvenientes (Bernal Chacón et al., 2000; Montero Calvo et al., 2015; Montero, 2003; Murillo Villanova et al., 2020).

## Regeneración natural

Regeneración natural con bellota (Arosa et al., 2015), es considerada como el mejor medio de regeneración con la ventaja de que los árboles que progresan están bien adaptados a las condiciones del territorio y crean un entorno más diverso y naturalizado, aunque con un periodo de regeneración más largo y una gestión más complicada. Presenta dos alternativas: 1) Regeneración natural estricta, que consiste en la disminución de la presión ganadera mediante acotamiento o mediante el mantenimiento de islas de matorral poco accesibles. 2) Regeneración natural asistida, en la que se identifican árboles de porvenir que se protegen individual o por grupos para evitar la herbivoría.

Dadas las características de los sistemas adehesado con aprovechamientos ganaderos y cinegéticos, la regeneración natural pasa, casi indispensablemente por el cercado de la zona objetivo a regenerar (Gaspe Lucena, Díaz, & Villa, 2017) o protección individual de la regeneración natural a la espera para favorecer su desarrollo (Gómez-Giráldez et al., 2016). El éxito de la regeneración natural en zonas cercadas con limitación al pastoreo ha sido contrastada en relación a zonas pastoreadas (Gaspe Lucena et al., 2017), al igual que la protección individual de pies de porvenir (Gómez-Giráldez et al., 2016).

El tiempo que debe permanecer el cercado/protección individual irá en función del aprovechamiento ganadero que se realice, así se recomienda (Andicoberry, 2007);

- 5 primeros años acotamiento a todos los casos
- 5-15 años: admite ovino, equino y porcino en montanera
- 15-20 años: entrada de cabras
- >20 años: Todo tipo de ganado incluido vacuno



Además, existen medios facilitadores del establecimiento de la regeneración natural por medio de bellotas como es el uso de islas de matorral o matorral facilitador (Costa et al., 2017; Gómez-Giráldez et al., 2016; Leiva, Mancilla-Leyton, & MartínVicente, 2015), de este modo especies como *Myrtus communis* L., *Rosmarinus officinalis*, *Thymus communis* y *Rubus ulmifoliosus* (Gómez-Giráldez et al., 2016; Leiva et al., 2015). A la vez, que el matorral hace refugio para dispersores como ratones y arrendajos, que a su los utilizan como escondite de reservorio de semillas (Díaz, 2014; Ramos, 2014; WWF, 2017).

Otro aspecto a tener en cuenta en la regeneración natural por bellota es la capacidad productiva de los árboles entre éstos se encuentran la densidad de árboles (estimada en 20-50 pies adultos/ha), el fenómeno de la vejería (con ciclos de 2-5,5 años y asincronía entre árboles) (Sánchez Mejía, 2020), las características individuales de los árboles (potencial genético, edad, superficie de copa, etc.), el manejo de la arboleda (con efecto favorable del laboreo, las podas ligeras y el pastoreo sostenible), las condiciones meteorológicas (principalmente sequía y meteorología durante la floración) y el estado sanitario (Lymantria, Tortrix, Curculio, Cydia, Balaninus y Brenneria) (Rodríguez-Estévez, Gómez-Castro, Perea Muñoz, García Martínez, & Mata, 2007).

Por otro lado, la reproducción vegetativa puede utilizarse, como rebrotes de cepas, aunque lo árboles resultantes tienen menor longevidad (50 años). Para regenerar de esta manera se requieren actuaciones de roza entre dos tierras y la presencia de regenerado a la espera, que habitualmente ha sufrido una elevada presión que permitan un nuevo crecimiento y posteriormente su protección, ya sea individual o colectiva (Lanzo, 2015; Murillo Villanova et al., 2020).

Finalmente, la regeneración natural de la dehesa se ve influido por la distribución espacial del arbolado y del paisaje. El adehesamiento favorece las fases tempranas, es decir limita la infestación por insectos de los frutos, pero colapsa la dispersión, debido a los elevados riesgos en que incurren los dispersores hace que disminuya su abundancia y/o alteran su comportamiento, de manera que concentra la dispersión hacia sitios seguros (arbustos). Por lo que se produce un colapso del ciclo de dispersión que anulan los efectos positivos del adehesamiento tanto sobre la diversidad biológica como sobre las fases iniciales del ciclo de regeneración, con lo que el sistema simplificado de pastizal arbolado carente de arbustos puede volverse insostenible (Díaz, 2014), con esto quiere decir que los sistemas adehesados, cobertura de árboles sobre pastizal, están inexorablemente encaminados a una regeneración artificial.

Como resumen de recomendaciones sobre regeneración natural podemos citar:

- Acotar temporalmente al pastoreo determinados rodales para promover el reclutamiento de nuevos individuos arbóreos de mayo a noviembre.
- Proteger chirpiales y brinzales de forma individual mediante mallas metálicas
- Realizar un ligero laboreo del suelo en otoño, tras la caída de la bellota. Posteriormente acotar antes del final de la primavera y, tras el verano, proteger las plántulas mejor situadas y mejores.
- Resalvear en dehesas con chirpiales, una vez que éstos tengan más de 1,5 metros.
- Aplicar roza de regeneración (cortar a 2 cm por debajo del suelo), a principios de primavera, para favorecer la emisión de un brote vigoroso en dehesas con



chirpiales en malas condiciones. Posteriormente los chirpiales que broten deberán protegerse.

- Potenciar manchas de matorral y respetar animales diseminadores como arrendajos y roedores.

### Regeneración artificial

La regeneración artificial se recomienda en zonas con imposibilidad de la regeneración natural; No obstante, el éxito de una repoblación influye multitud de factores, las labores preparatorias, la selección del método de regeneración (siembra o plantación, con la consiguiente selección del material de reproducción), instalación de medios para garantizar su estabilización y cuidados culturales posteriores.

Las actuaciones preparatorias son de suma importancia, ya que de ellas depende en gran medida el éxito futuro de la repoblación (Gómez-Giráldez et al., 2016). Las actuaciones preparatorias están íntimamente ligadas al método de regeneración, así podrán ser lineales o puntuales, en todo caso, presentan las siguientes ventajas:

- Facilita las labores de plantación o siembra
- Aumenta la profundidad del perfil del suelo aprovechable o útil para la planta, pues facilitara el desarrollo y penetración de la raíz principal, y por tanto el mejor establecimiento de la planta.
- Aumenta la capacidad y velocidad de infiltración de agua en el perfil del suelo.
- Mejora la capacidad de acumulación y retención de agua en el suelo
- Facilita el desarrollo radicular y la penetración de las raíces
- Reduce la competencia con la vegetación natural del entorno inmediato de las plántulas introducidas.
- Aumenta la cantidad de agua que puede recibir la plantación

La preparación del suelo más recomendable son las puntuales (ahoyado con retroexcavadora o barrena helicoidal a una profundidad de 50 -60 cm) o lineales (acaballonado o subsolado a 50 cm de profundidad) asociado a microcuencas (Gómez-Giráldez et al., 2016).

Una vez preparado el terreno, hay que determinar la densidad de plantación, que está directamente ligada su aprovechamiento principal futuro, ganadero o corchero, estableciendo densidades de 100 pies/ha (incluyendo todas las clases diamétricas) para zonas adehesadas y 200 para monte alcornocal. Recomendando las densificaciones para montes adehesados (Montero Calvo et al., 2015).

Como resumen de regeneración artificial por siembra (WWF, 2017).

- Seleccionar los rodales con mayores probabilidades de éxito
- Selección y recolección de material genético: identificar árboles padre (por sus mejores condiciones), recolectar bellotas de entre ellos del mayor número de pies y dispersos entre noviembre y enero (los quejigos antes de noviembre), recoger la bellota del tamaño adecuado, sanas y maduras, limpiarlas separando la cúpula, sumergir las bellotas en agua y retirar las que flotan, almacenarlas en algún lugar



que no se sequen (si se siembra a continuación) o en cámaras de entre 0 y -2°C si se va a tardar tiempo en realizar la siembra.

- Preparación del terreno y siembra: realizar casillas (40 cm x 40 cm de apertura y 30 cm de profundidad) o también subsolador. Sembrar a 10 -15 cm de profundidad (más en suelos arenosos) con 2 a 4 bellotas por hoyo en posición horizontal algo separadas entre sí. Procurar colocar la casilla junto a otras especies arbustivas y colocar piedras alrededor del hoyo.
- Instalar protectores individuales en el momento de la siembra.
- Tras la germinación, en primavera, realizar un alcornoque y aplicar un mulch de paja o cortezas (para evitar competencia y mejorar estrés hídrico). También sombrear con restos de podas o mallas de sombreos.
- Aplicar riegos si es posible.
- Sobre la regeneración artificial en el caso de la plantación (WWF, 2017):
- Utilizar procedencias locales y plántulas de 1 savia de entre 1/2 y 1/3 su relación altura de la planta/longitud de la raíz en contenedor.
- Preparar el terreno con apertura de hoyos de 40 x 40 x 40 cm mediante subsolado puntual cruzado y colocar la planta, alejados al menos 5 m de los caminos.
- Realizar un alcorque de 60 - 80 cm de diámetro y colocar piedras plantas alrededor de la planta. Pisar la tierra alrededor de la planta.
- Colocar protectores individuales de malla o tubex y construir jaulas con mallas electrosoldadas (vacuno) y ganadera (ovino).
- Plantar en otoño en tempero.
- Si es posible aplicar riegos.

## Siembras

Las siembras son el método de regeneración artificial de menor coste, donde influyen los factores del peso de la bellota, la afección por perforadores, la cobertura de planta nodriza y es recomendable sembrar bellota no germinada (Murillo Villanova et al., 2020). En cuanto a la procedencia de las bellotas se recomienda que estas deben proceder de rodales selectos ubicados en la misma región de procedencia de donde se va a efectuar la plantación, estos rodales han sido elegidos por sus características de producción de corcho (Bernal Chacón et al., 2000).

El peso de la bellota favorece positivamente el posterior establecimiento y supervivencia de la plántula, sobre todo si la plantación se realiza en zonas adhesionadas (Montero Calvo et al., 2015; Ramírez-Valiente et al., 2019), por lo que se recomienda que un kilogramo contenga entre 145 y 165 bellotas, lo que equivale a un peso medio por bellota de entre 6 y 7 g (Montero, 2003). Del mismo modo, las bellotas afectadas por perforadores, aunque pueden llegar a germinar, tienen menor éxito de establecimiento y supervivencia de plántulas posteriormente (Murillo Villanova et al., 2020), por lo que es mejor desecharlas. Al igual, que en la regeneración natural la presencia de matorral nodriza no palatable para las especies ganaderas y cinegéticas incrementa el éxito de establecimiento y reduce la herbívora (Pulido et al., 2013). No es aconsejable conservar la bellota durante mucho tiempo antes de su siembra.



## Plantación

Las ventajas de la plantación frente a la siembra son: 1) la planta presenta mayor resistencia a las condiciones medioambientales, lo que garantiza una mayor probabilidad de éxito de la plantación frente a la siembra, 2) poder elegir sobre unas características específicas de la futura planta, 3) es el mejor método para zonas climáticamente adversas (Gómez-Giráldez et al., 2016). No obstante, La calidad de la planta influye a medio y largo plazo, a corto plazo, mientras el clima a corto plazo. En cuanto a planta, el Real Decreto 289/2003 (Reino de España 2003), que fija la obligatoriedad de usar plantas de una savia, con altura entre 13 y 60 cm, un diámetro en el cuello de la raíz mínimo de 3 mm y un volumen mínimo de contenedor de 200 cc, si bien no deberían usarse contenedores de menos de 300 cc, una longitud mínima de 15 cm y un espaciamiento mínimo de 5 cm. y dotados de sistemas que dificulten el enrollado de raíces y favorezcan el autorrepicado (Montero Calvo et al., 2015; Murillo Villanova et al., 2020). Los sustratos recomendados deben tener una buena capacidad de retención de agua, pH entre 4,5 y 6, adecuada porosidad y riqueza en nutrientes (Bernal Chacón et al., 2000).

La plantación debe realizarse desde otoño hasta principios de la primavera eligiéndose días nublados o de poco calor, para evitar que la planta se desequie. Si la localización de plantación es de inviernos suaves, se aconseja que la plantación se realice desde octubre hasta diciembre, mientras en las zonas donde hay riesgo de heladas o encharcamiento, la plantación debería llevarse a cabo al final del invierno principios de primavera. Siempre con tempero.

## Cuidados culturales

En relación con aspectos de éxito relacionados con la siembra y la plantación, destacan la protección contra insolación con tubos protectores aireados, colocación de mulch para evitar competencia de especies herbáceas, protección contra ramoneo, riegos de socorro y micorrización. Además, de ejecutar los cuidados culturales para asegurar el éxito de la reforestación como reposición de mallas, binas y escardas y desbroces.

Los protectores contra insolación se han impuesto en las repoblaciones forestales con la hipótesis de que mejoran la supervivencia del árbol, pero los beneficios que ofrece son, sobre todo, como protección contra los herbívoros. Los de protectores no incrementa la biomasa total producida por la planta, sino que más bien se redistribuye, debido a que la inhibición de la ramificación provoca un incremento en el crecimiento en altura, sin afectar al desarrollo radicular (Mechergui, Pardos, Boussaidi, Hasnaoui, & Jacobs, 2013; Murillo Villanova et al., 2020). Por otro lado, la utilización de este tipo de protectores induce una mayor rectitud del árbol. No obstante, en lugares con gran insolación y una acentuada xericidad, el uso de los protectores puede llegar a hacer fracasar una repoblación por el incremento de la temperatura (Murillo Villanova et al., 2020).

Los mulches tienen el objetivo de mantener un mayor grado de humedad en el suelo y reducir la competencia de la vegetación circundante, evitando la realización de escardas o cavas de pies (Mechergui et al., 2013). Se han ensayado diversos mulches con resultados inciertos en diversos climas, presentado escaso beneficio en climas y condiciones extremas (suelos fértiles o muy áridos) (Mechergui et al., 2013; Murillo Villanova et al., 2020)



Los riegos de socorro consisten en aportar agua a la reforestación durante la época seca. Existen diversos métodos alternativos a los 2 – 3 riegos estivales tradicionales del primer año (Montero, 2003); 1) Microrriego a través de recipientes enterrados o superficiales Tarros de barro, botos; cápsulas porosas; botellas de plástico; bolsas; 2) Microrriego por medio de tubos verticales; 3) Riego mediante drenes; 4) Cajas de agua (Waterboxx), y 5) Riego por goteo solar (Konkom). No obstante, los métodos de riego de socorro permanentes son útiles, pero no imprescindibles para el éxito de una repoblación, ya que con adecuadas labores preparatorias y de mantenimiento el éxito está casi asegurado.

La protección contra el ramoneo tanto individual como colectiva es de necesaria para asegurar la supervivencia, establecimiento y desarrollo de la reforestación. En condiciones adehesadas donde la segregación de parte de la superficie puede poner en juego la rentabilidad de la explotación se tiende a la colocación de protectores individuales, aunque su elevado coste invita a probar alternativas (Murillo Villanova et al., 2020), como los restos de podas (Pulido et al., 2013).

El micorrizado influye en la supervivencia del arbolado de las dehesas, la persistencia de estos hongos se ve beneficiada por la rotación de cultivos realizada, hecho que se pierde cuando la dehesa se matorraliza. Las especies más comunes son: *Pisolithus tinctorius*, *Scleroderma polyrrhizum*, *Scleroderma verrucosum*.

Como actuaciones de mantenimiento de la plantación se tienen reposición de marras, escardas, cavas, desbroces y podas formación.

Se recomienda la reposición de marras anual durante los 5 primeros años, operación consistente en el reemplazo de planta muerta por planta nueva viva. Es aconsejable a la hora de realizar la reposición de marras aportar una o dos bellotas (Gómez-Giráldez et al., 2016).

Las escardas consisten en romper la capa superficial del suelo mediante gradeo ligero que actúan sobre los primeros centímetros del suelo. Esta labor está indicada principalmente en terrenos que presenten un suelo muy compactado (Murillo Villanova et al., 2020).

Las cavas consisten en el laboreo manual del suelo en el entorno de los nuevos brinzales actuando sobre las primeras capas del suelo para eliminar vegetación competidora y mejorar la capacidad de infiltración del agua y la aireación del suelo, mejorando las condiciones del entorno en el que se desarrolla la nueva planta (Murillo Villanova et al., 2020).

Los desbroces eliminan la competencia arbustiva y herbácea de las plantaciones, se recomienda (Lanzo, 2015):

- Desbroces parciales o lineales, frente a los totales o a hecho (pueden provocar procesos erosivos).
- Desbroces selectivos (permiten respetar determinadas especies) frente a los totales.
- Se prefiere los desbroces manuales y/o mecánicos, frente a los que se realizan mediante quema o químicos.



- Se priorizará la roza al arranque (menos rentable, caro y puede hacer que aumente el riesgo de erosión), excepto si el matorral brota de cepa que sería conveniente descuajar (gradeo).
- El gradeo mediante laboreo estará limitado por la pedregosidad del terreno y la pendiente, debiendo ser menor de un 20%, mientras que los desbroces mediante desbrozadora de eje vertical o de cadenas, aunque limitados también por la pedregosidad y los afloramientos rocosos, permiten pendientes hasta el 35%.

La poda es la eliminación de ramas vivas del árbol, el desconocimiento lleva a realizarlas tarde e intensamente, por lo que se recomienda que:

- la poda ha de ser moderada, y debe realizarse de manera paulatina en varias fases. no es recomendable eliminar más de 1/3 de la copa en cada intervención.
- En cuanto al número de fases o intervenciones se recomienda una al menos cada 4-5 años, hasta conseguir un fuste recto y limpio hasta la altura recomendada.
- En la primera fase se eliminarán aquellas ramas que resulten imprescindibles para corregir la guía principal como:
  - Dobles guías por debajo de los 2,5 ó 3 metros de altura.
  - Ramas demasiado verticales y de gran vigor que puedan competir con la guía principal.
  - Ramas con tendencia a engrosar y que darán lugar a una cruz demasiado baja.
- En la primera fase no es necesario que se tengan que eliminar todas las ramas bajas del tronco, ya que muchas de ellas serán aún pequeñas y dejarlas nos ayudará a compensar el desequilibrio originado por la corta de otras más grandes.
- En la segunda fase y posteriores se realizará el mismo procedimiento que en la primera, pero sí que iremos eliminando todas las ramas bajas del fuste, hasta ir consiguiendo que este sea lo más recto y limpio posible.
- Los cortes deben hacerse lisos, inclinados a ras de tranco, evitando causar desgarros y lo más pequeños posible para favorecer la cicatrización. Hay que considerar que en repoblaciones de 5 años el 45% de los cortes menores de 6 cm cicatrizó perfectamente. Se recomienda la desinfección periódica de las herramientas de corta.

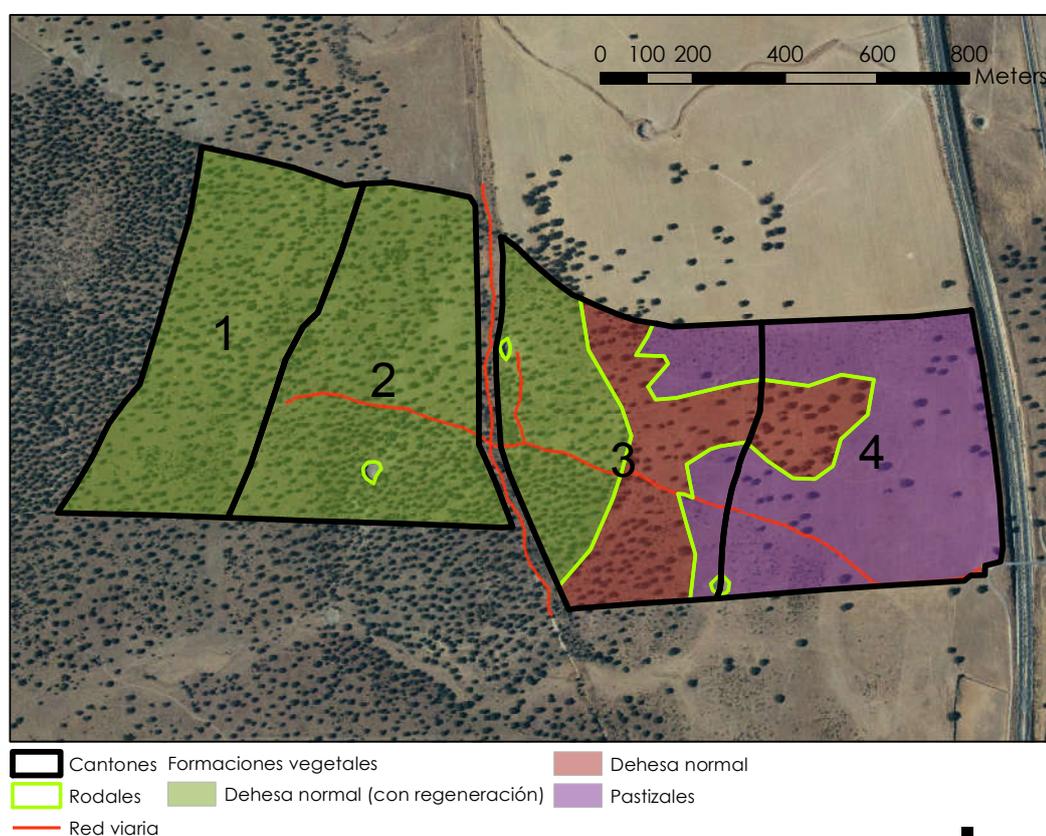
Los principales problemas que detectados fueron: Falsa cruz, tronco y ramas entrelazadas entre sí, fustes torcidos y elevado número de ramas gruesas. Estos problemas afectan a la capacidad de cicatrización, ocasionan pudriciones, proliferación de chupones fustes torcidos. Por lo que se recomiendan podas tempranas y periódicas utilizando cicatrizante en los cortes de ramas gruesas. Además, la incorporación de los restos de poda mediante trituración al suelo es beneficioso por el retorno de nutrientes al mismo.

La conclusión basándose en los resultados determinan que los dos métodos de regeneración pueden ser igualmente eficaces siempre que se efectúen las actuaciones apropiadas, siendo la mejor elección en cada caso la dictada por los objetivos particulares de la restauración.



# Revisión bibliográfica

## Ordenación y gestión de dehesas



## Índice

Listado bibliográfico .....	1
Síntesis de las publicaciones revisadas .....	3
Resumen .....	16



### Listado bibliográfico

1. Alejano, R., Domingo-Santos, J., Fernández, M., 2011. Manual para la Gestión sostenible de las dehesas andaluzas.
2. Ayanz, A.S.M., 2000. El pastoreo en la ordenación de los montes españoles del siglo XXI.
3. De la Hoz Rodríguez, F.M., Clavijo, J.A.R., Romero, J.S.G., 2004. Manual de ordenación de montes de Andalucía. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
4. Gonzalez, J.M., Ibariz, P., 1998. Monte bajo irregular de encina: caracterización selvícola. 7, 95-108.
5. Madrigal Collazo, A., 2003. Ordenación de Montes arbolados. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino Parques Nacionales.
6. Molina, J.M.G., Nicolau, M.P., Vericat, P., Grau, P.V., Catalunya, C.T.F.d., Biodiversidad, F., Paisatge, F.T.i., 2006. Manual de ordenación por rodales: gestión multifuncional de los espacios forestales. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.
7. Montero, G., Lopez-Senespleda, E., Campos, P., Sánchez, M., Sánchez, M., Ruiz-Peinado, R., Ovando, P., Caparros, A., Bachiller, A., 2005. Selvicultura de los alcornoques (*Quercus suber* L.) del macizo del Aljibe (Cádiz-Málaga).
8. Montero, G., López, E., Serrada, R., 2008. Selvicultura de *Quercus suber* L. In, Compendio de selvicultura aplicada en España, pp. 779-829.
9. Murillo Vilanova, M., Montero Calvo, A.J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., Santiago Beltrán, R., 2020. Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornoques en Extremadura. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Mérida, España
10. Pita, F.M., Ayanz, A.S.M., Sánchez, A.R., 2007. La ordenación de masas irregulares aplicada a montes adehesados.
11. Pulido, F.J., Campos, P., Montero, G. 2003. La gestión forestal en las dehesas. Historia, Ecología, Selvicultura y Economía. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Mérida.
12. Sánchez, A.L., Aida, L.S., 2012. Proyecto de Ordenación Silvopastoral. Editorial Academica Espanola. In, Serrada, R., San Miguel, A., 2008. Compendio de Selvicultura Aplicada en España. INIA,, Madrid, pp. 861-887.



13. San Miguel Ayanz, A. 1994. L La dehesa española. Orígen, tipología, características y gestión. Fundación Conde del Valle Salazar. Madrid.
14. Zavala, M.A., Zamora Rodríguez, R., Pulido Díaz, F.J., Blanco Vaca, J.A., Imbert Rodríguez, J.B., Marañón, T., Castillo Martínez, F.J., Valladares Ros, F., 2008. Nuevas perspectivas en la conservación, restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo.
15. Decreto 104/1999, de 12 de mayo de 1999. Junta, C.y.L. Instrucciones generales para la ordenación de montes arbolados en Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente.
16. Modelos e indicadores de Gestión Sostenible para la Certificación de los terrenos adehesados en el marco del Proyecto de Cooperación Transfronteriza para la Valoración Integral de la Dehesa-Montado.2020 No publicado.
17. Manual para la conservación de la biodiversidad de las dehesas de forma compatible con las actividades ganaderas, forestales y cinegéticas. Proyecto Life Biodehesa. 2018 No publicado.



### Síntesis de las publicaciones revisadas

#### **1 Alejano, R., Domingo-Santos, J., Fernández, M., 2011. Manual para la Gestión sostenible de las dehesas andaluzas.**

Se trata de un completo manual que describe cada uno de los apartados de un proyecto de ordenación para la dehesa siguiendo la estructura que marcan las Instrucciones Generales de Ordenación de Andalucía. Cada apartado es descrito por un autor de referencia de la Universidad. De especial relevancia, en el apartado II de Inventario de la Dehesa, por lo novedoso no recogido en otros manuales temáticos sobre ordenaciones:

- La estimación de carbono, en la que se describen métodos sobre la estimación de biomasa de cada especie arbórea, los incrementos anuales de biomasa, estimación de la biomasa de matorral y carbono en suelo, donde se recogen estudios locales para la zona de Huelva. Asimismo, se realizan recomendaciones sobre un balance de carbono en la gestión agrosilvopastoral.
- El inventario de la biodiversidad, con especificaciones sobre diseño de inventario (nº de especies en la parcela, altura CAP (circunferencia a la altura del pecho), cobertura y altura medias del sotobosque, obtención de resultados, etc.

En cuanto al apartado III Planificación para un uso sostenible de las dehesas, lo más destacable:

- Los métodos de ordenación. En este apartado se hace un repaso de los métodos de ordenación clásicos por cabida, no obstante, en el método irregular describe las curvas de Liocourt y el modelo Di Berenguer, que reparte el área ocupada por la Fracción de Cabida Cubierta total entre el número de clases dimensionales consideradas para la masa y en se realiza una propuesta teórica sobre la ordenación de masas irregulares por área basimétrica.
- La ordenación de la ganadería, con referencias sobre valores de la carga global admisible por tipo de ganado y del sistema de producción ganadera.

#### **2 Ayanz, A.S.M., 2000. El pastoreo en la ordenación de los montes españoles del siglo XXI.**

El artículo hace una revisión histórica de los aprovechamientos pastorales en siete apartados:

- Carácter forestal del aprovechamiento pastoral de los montes: justifica la caracterización como forestal en que los sistemas pastorales son diversos y complejos, con una gran intensidad de cambios intra e interanuales y en que hay que manejar comunidades. Estas comunidades pascícolas son estables y estabilizadoras para todo el ecosistema natural y socioeconómico. Por otro lado, el ganado crea y perpetúa los pastos forestales, cuya técnica de



aprovechamiento es extensiva. En los pastos forestales, por problemas de distribución sólo se llega a consumir entre un 30 y un 60% de la producción primaria neta, siendo además la calidad nutritiva del pasto muy variable muy rápidamente.

- Área de los pastos forestales españoles: en este apartado hace una caracterización de las áreas pastables en España.
- Importancia económica y social del pastoreo en los montes: la ganadería extensiva y la caza son el primer producto directo, en términos económicos, de los montes mediterráneos, lo que se prevé que se incremente por la ampliación de la Unión Europea y la PAC. Esta importancia está creciendo además porque se demanda una ganadería extensiva de calidad y porque existe una demanda creciente de servicios de los montes (paisaje, recreo...).
- La cabaña ganadera española: actualmente el bovino ha crecido sustancialmente por las subvenciones y porque no necesita pastor. No obstante, tiene un impacto mayor sobre el medio y requiere de mayor suplemento. El ovino ha perdido relevancia frente al bovino por la escasez de pastores, pero posee una cabaña que es la mayor de su historia, aunque ha reducido su dependencia de los pastos forestales. El porcino se ha incrementado espectacularmente, con valores históricos. Se menciona que es imposible que se pueda mantener esta cabaña de primales ibéricos en las dehesas actuales. El equino mantiene su cabaña bajo mínimos por la escasa demanda de sus productos.
- Importancia ambiental del pastoreo: la actividad pastoral fomenta una gran diversidad genética, con mucha relevancia biológica en los ciclos de nutrientes, distribución de la fertilidad, dispersión de las especies vegetales, mantenimiento de especies de flora y fauna en peligro, conservación de las razas ganaderas autóctonas y reducción del riesgo de incendio.
- Problemática actual: la gran carga ganadera, mal repartida, con una mala política de subvenciones incluyendo como ganadería extensiva todo lo que no supera más de 1,4 UGM/ha (excesivo para los montes mediterráneos) ha provocado drásticas modificaciones en la ganadería extensiva tradicional y el abuso de la suplementación. El sector forestal no le ha dado la importancia requerida (con unas normas de ordenación del pastoreo de 1954).
- Ideas y propuestas para la ordenación del pastoreo en los montes españoles del siglo XXI: dar la importancia requerida a la ganadería extensiva y que las CCAA aborden los problemas de la ordenación del pastoreo.
- 

### **3 De la Hoz Rodríguez, F.M., Clavijo, J.A.R., Romero, J.S.G., 2004. Manual de ordenación de montes de Andalucía. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.**

En relación a los montes huecos y dehesas, en el Manual de las IGOMCA de Andalucía, las define como aquellas en que los árboles no interfieren entre sí, con una FCC superior al 5% (límite para definir las masas desarboladas).

- Inventario de dehesas: en los inventarios de la vegetación los parámetros del estrato arbóreo más interesante son la densidad y la fcc. Además, serán también importantes la edad, el estado sanitario y la regeneración (abundancia y



distribución). En el estrato inferior, los parámetros requeridos serán: el grado de cobertura, tipo y talla de la formación, estado vegetativo, grado deafección por herbivorismo, estado erosivo y presencia de especies protegidas. La variable de referencia para el inventario es la densidad del arbolado, con un error del 30% (probabilidad fiducial = 95 %). En cuanto a los inventarios de los recursos, en el caso del corcho la variable de referencia es la superficie de descorche, con errores máximos admitidos del 20 %, aunque en algunos casos la variable puede ser el número de pies. En el caso de la producción de pastos se describen los métodos para la estimación de esta producción con una probabilidad fiducial de entre el 80 y el 90%, con un error de estimación de un 30 %. Se analizan también los métodos para establecer la composición específica y el valor nutritivo del pasto. Es importante, asimismo, la relevancia que se le da a la descripción del aprovechamiento ganadero, donde debe describirse el sistema productivo (descripción de rebaños, tamaño, especies ganaderas, etc.), el tipo de pastoreo y la carga ganadera asociada, existiendo un apartado específico sobre el inventario de la Montanera, en la que se describen los métodos mediante la reposición conseguida por el ganado porcino en años anteriores y otros métodos mediante muestreos específicos llevados a cabo en la superficie productora.

- Planificación en la dehesa: en cuanto al Plan General, no existe mención especial a las dehesas, salvo para mencionar que la finalidad principal de los Planes Técnicos es la regeneración, recomendando el método de masas irregulares pie a pie para la dehesa, donde se sustituirían las cortas por las repoblaciones (por tramos o generalizadas). En cuanto al Plan Especial, en el Programa de Uso Ganadero, se describe que deben incluirse las áreas acotadas al pastoreo, la elección de especies y razas ganaderas, épocas de pastoreo, calendario y ritmo reproductivo del ganado, método de pastoreo, establecimiento de la carga ganadera admisible y calendario de pastoreo. Se describen también los cinco tipos de métodos para estimar la carga ganadera basados en la comparación de pastos, la producción primaria, la nutrición animal, la utilización del pasto y el valor pastoral.

#### **4 Gonzalez, J.M., Ibariz, P., 1998. Monte bajo irregular de encina: caracterización selvícola. 7, 95-108.**

Se caracterizan selvícolamente las masas de monte bajo irregular de encina (*Quercus ilex* L.) de la provincia de Gerona (NE España), diferenciándose tres estadios estructuralmente distintos: tras la corta de entresaca, en el intermedio entre dos intervenciones y justo antes de la corta. En la zona de estudio se replantearon 19 parcelas en las que se obtuvieron valores dasométricos y cualitativos con el fin de caracterizar la gestión realizada hasta el presente. Se constata la selección positiva de los tratamientos tradicionales, así como un alto porcentaje de pies con buena calidad de fuste, especialmente en el estrato dominante (33 %). A continuación, se determinan los valores de la constante de Liocourt, que en el caso de estas masas varían para cada uno de los estadios descritos (2,8- 1,6; 1,2-2,6; 1,7-2,8). A partir de estos valores se



modelizan 45 tipos de masas irregulares de encina variando la densidad inicial (900, 1.100 y 1.200 pies/ha) y los valores de  $q$  (CD 10: 2,5, 2,7, 2,8; CD>15: 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9) y manteniendo el diámetro máximo inicial en 25 cm, así como la rotación (30 años). La comparación de estos modelos no presenta diferencias significativas independientes de los valores iniciales, por lo que a partir de los datos medios obtenidos en las parcelas se modeliza una primera curva de equilibrio óptima para la gestión de estas masas. Por último, se resaltan las diferencias estructurales entre estas masas irregulares, las tradicionales centroeuropeas y las masas irregulares de pino laricio del Pirineo.

### **5 Madrigal Collazo, A., 2003. Ordenación de Montes arbolados. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino Parques Nacionales.**

El libro de referencia sobre la ordenación de montes, incluye en su capítulo 16, un monográfico sobre la ordenación de la dehesa, siguiendo el modelo de las Instrucciones Generales de Ordenación de Montes de 1970.

Cabe destacar que, en cuanto a la *Elección de tratamiento*, recomienda las cortas de entresaca por huroneo y turno físico, que conducirán a una masa irregular clara, extrayendo solo los árboles muertos o decrepitos. Incluye asimismo la posibilidad de utilizar el método de beneficio de monte bajo. Recomienda el pastoreo continuo, aunque haciendo rotación entre parcelas. Asimismo, recomienda el pastoreo diferido, incorporando al ganado en la parcela después de la maduración de los frutos o semillas, para así facilitar la diseminación por el ganado, lo que puede hacerse por rotación (la parcela que en un año se aproveche en primavera, al siguiente lo hará en verano y al siguiente en otoño-invierno). Pudiera ser conveniente, además, mantener un grupo de parcelas de reserva por si hubiera escasez de alimento y otro grupo de parcelas de regeneración del pastizal cuando se detecten problemas de persistencia de las especies de mayor valor.

En cuanto a la *Ordenación selvícola*, recomienda el acotamiento al ganado de 5-10 años para ovino y hasta 20-30 años para bovino y caprino, aunque refiere que según Montoya (1998) bastaría con tener el equivalente a 1/8 o 1/12 de la dehesa acotada, lo que es posible si se aprovecha en montanera con porcino y en primavera con ovino las parcelas con brinzales.

En cuanto a la *Ordenación pascícola*, dado que el número de parcelas que entran en rotación es de 4 a 5, la ordenación del periodo será también de 4 a 5 años.

Sobre el *Plan de aprovechamiento pastoral* refiere que deberán incluirse al menos los siguientes aspectos: acotamientos y dentro de ellos las parcelas de distintas producciones pascícolas, tipo de ganado, las épocas de pastoreo, la carga admisible, el sistema de regulación del pastoreo y el calendario del pastoreo.



**6 Molina, J.M.G., Nicolau, M.P., Vericat, P., Grau, P.V., Catalunya, C.T.F.d., Biodiversidad, F., Paisatge, F.T.i., 2006. Manual de ordenación por rodales: gestión multifuncional de los espacios forestales. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.**

Las principales características actuales de la ordenación por rodales:

- Se limita la planificación a un periodo mucho más corto que el correspondiente al turno (normalmente entre 10-20 años)
- La unidad dasocrática permanente mínima es el cantón, subdividido en rodales.
- El rodal es la unidad última de inventario, así como la unidad selvícola de cortas y es definido en cada ordenación.
- El Plan General viene constituido por la suma de las sucesivas ordenaciones, reduciéndose su relevancia definiendo un marco genérico de actuación.
- La permanencia del rendimiento sostenido se garantiza en función de la posibilidad, el balance de clases de edad y el rendimiento efectivo del período anterior.
- Un objetivo prioritario del Plan General es normalizar la evolución de las masas que conforman el monte (ya sean regulares o irregulares) y la distribución de edades en el conjunto. La normalidad de las existencias en valor absoluto es sólo una consecuencia de lo anterior.
- La planificación a corto plazo (Plan Especial) constituye el núcleo de la ordenación y su flexibilidad radica en la posibilidad de planificar de forma independiente para cada rodal en función de sus necesidades y/o potencialidad específica.

**7 Montero, G., Lopez-Senespleda, E., Campos, P., Sánchez, M., Sánchez, M., Ruiz-Peinado, R., Ovando, P., Caparros, A., Bachiller, A., 2005. Selvicultura de los alcornoques (*Quercus suber* L.) del macizo del Aljibe (Cádiz-Málaga).**

El artículo recoge conclusiones sobre montes altos densos de alcornocal. No obstante, es posible extraer conclusiones para las masas adehesadas.

En esta comunicación se presenta un modelo selvícola para las masas de alcornocal del Macizo del Aljibe (Cádiz-Málaga). Se ajustaron ecuaciones de Richards-Chapman para estimar el crecimiento en altura y en diámetro. Los datos empleados para el ajuste provenían del apeo y medición de 45 árboles, y el posterior análisis de tronco de 30 de ellos. Los datos se tomaron en los montes "El Robledal", "La Saucedá" y "Las Majadas de Ronda", en Cortes de la Frontera y Ronda. Para la estimación del calibre de bornizo y de corcho se ajustaron unas ecuaciones a partir de datos medidos en campo y en laboratorio. Con todo esto se simula la evolución de los parámetros de masa más importantes (altura, diámetro, calibres, densidad y área basimétrica), sometidos a un programa de tratamientos selvícolas definido.

Se ha comparado la evolución de la estructura y producción de una masa regular procedente de plantación artificial con el siguiente ciclo procedente de regeneración



natural asistida. La producción total estimada para todo el turno de la masa regular procedente de plantación artificial resultó en torno a 61.310 kg/ha, con 18 descorches desde el desbornizamiento (año 27) hasta la corta final y un turno de 180 años. La producción anual media es de 340,6 kg/ha y año. Resultó un máximo en la producción de 5.171 kg/ha y turno de descorche, con 155 pies productores de la clase diamétrica 40. La producción total estimada para todo el turno de la masa regular procedente de regeneración natural asistida resultó en torno a 59.993 kg/ha, con 17 descorches desde el desbornizamiento (año 36) hasta la corta final y un turno de 180 años. La producción anual media es de 333,3 kg/ha y año. Hubo un máximo en la producción de 5.257 kg/ha y turno para 135 pies productores de la clase diamétrica 45.

**8 Montero, G., López, E., Serrada, R., 2008. Selvicultura de *Quercus suber* L. In, Compendio de selvicultura aplicada en España, pp. 779-829.**

En el compendio, existen 3 artículos relacionados fundamentalmente con la dehesa. Este que relata la selvicultura del alcornoque, el de la encina y otro específico de la dehesa.

Sobre el apartado II "tipología de los alcornocales", se refiere en alguna de las comarcas mencionadas los alcornocales adeshados (Sierra de San Pedro, Centro y Sur de Badajoz, Sierra Norte de Sevilla y Sierra de Córdoba). En el apartado específico sobre *Regeneración de alcornocales adeshados*, insta a citar los siguientes aspectos cuando se pretende realizar una *Regeneración natural*: el turno o periodo de rotación ( $T$  = recomienda 140 años), periodo de tiempo en el que los tramos están acotados (periodo de regeneración  $r$ , 20 años), dividir la dehesa en  $T/r$  partes a regenerar (14,3 % de la superficie), seleccionar aquellas zonas más urgentes hasta completar esas zonas a regenerar y acotar al pastoreo esta zona (con ovino entre 5-6 años y con cabras o vacas hasta los 15-20 años).

Este procedimiento no suele ser suficiente para regenerar los grandes espacios, por lo que deberá recurrirse a la *Regeneración artificial*. Estos tratamientos los recomienda para menos de 20 – 25 árboles por hectárea y suelo compactado. Refiere que experiencias actuales han puesto de manifiesto que la siembras y plantaciones de alcornoque hechas en zonas desarboladas de la dehesa, sin protección de la copa ni de matorral, no son viables si no se hace una intensa preparación del terreno. Si la producción de pasto es muy alta, se puede recurrir con preparaciones puntuales, pero intensas con 75 – 100 plantas/ha y protección individual. Si se decide la repoblación por siembra, recomienda tratar la bellota con repelentes para roedores y que la bellota sea de la propia finca o de similares regiones de procedencia. Si la repoblación se hace con planta, recomienda que ésta sea de 1 savia, cultivada en envases que eviten la espiralización de la raíz. No deben tener un tallo muy largo, y las hojas a lo largo del tallo, deben estar juntas y ser lo más coriáceas posible. En dehesas con árboles muy viejos y aclarados se puede recurrir a una grada bajo de la copa de los árboles para promover la regeneración por chirpiales y favorece la germinación y arraigo de las bellotas.



En montes adehesados en masa irregular, propone los siguientes centros de clases diamétricas sobre corcho: CD 10 - 74 pies/ha, CD 20 - 47 pies/ha, CD 30 - 29 pies/ha, CD 40 - 18 pies/ha, CD 50 - 11 pies/ha y CD 60 - 7 pies/ha. La estructura ideal de la masa con un módulo de rotación de 12 años y una densidad inicial de 210 pies/ha con una edad de 8 a 12 años (altura > 1.30 m), plantea una densidad final para 65 cm de CD, de 3 pies/ha, una altura de descorche que varía de 1,20 a 2,85 m y una producción de corcho de reproducción de 571 kg/ha hasta 216 kg/ha.

**9 Murillo Vilanova, M., Montero Calvo, A.J., Cardillo Amo, E., Berdón Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., Santiago Beltrán, R., 2020. Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornoques en Extremadura. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Mérida, España**

En los primeros capítulos se hace una caracterización exhaustiva los alcornoques de Extremadura, principalmente. Entre las tipologías desarrolladas, las que corresponden con superficies adehesadas son el T1 (mixta con pendiente < 10%), el T2 (puro con pendiente < 10%), el T4 (mixto con pendiente de entre el 10 y el 20 %) y el T5 (puro con pendiente entre el 10 y el 20%). A estas tipologías se les asocian una serie de modelos culturales. En el caso de T1 y T4 el Modelo 4, cuyo objetivo principal es la producción ganadera. El modelo comienza con Dn < 20 cm con una densidad de 530, una FCC del 30 % y un AB de 4,1 m<sup>2</sup>/ha al final del turno, que se establece en 170 años. Con un Dn > 80 cm, se alcanzarán 50 pies/ha, una FCC del 10 % y un AB de 31,0 m<sup>2</sup>/ha. El periodo de regeneración se establece en 25 años para regeneración artificial y 40 años para la regeneración natural. Dentro de cada modelo se establecen los tratamientos por cada etapa (brinzales y chirpiales, macheros, bornizos, fustales jóvenes, maduros y viejos). Este modelo es el que más se aproxima a un monte adehesado convencional con un objetivo principal ganadero. El resto de modelos, al tener un objetivo principal corchero, llevan a formaciones densas. El Modelo 3, en el que específicamente considera compatibles los aprovechamientos cinegéticos y ganaderos, con espesuras al final del turno de 35 pies/ha y un AB de 22,3 m<sup>2</sup>/ha, pueden establecerse para un modelo de dehesa.

**10 Pita, F.M., Ayanz, A.S.M., Sánchez, A.R., 2007. La ordenación de masas irregulares aplicada a montes adehesados.**

La ordenación de las dehesas debe compatibilizar el aprovechamiento ganadero con la regeneración del arbolado. En este trabajo se propone una adaptación de los métodos de masas irregulares a las singularidades de las dehesas. En cada quinquenio debe formarse un tramo en regeneración cuya superficie sea aproximadamente igual a 1/8 de la superficie de la dehesa, acotándolo 5 años al pastoreo, con el fin de lograr que toda la dehesa haya entrado en regeneración en un periodo de 40 años sin dañar en exceso los intereses de la explotación ganadera. Cada quinquenio cambia el tramo en regeneración, siendo la rotación (periodo hasta que un mismo tramo vuelve a entrar en regeneración) de 40 años. La densidad a obtener por hectárea será el suficiente para lograr la densidad de las 2 primeras clases de edad de la curva de Liocourt



ajustada ( $1+a=1,31$ ). Tras los 5 años de acotamiento al pastoreo se puede proteger adecuadamente la regeneración conseguida o bien establecer un acotamiento parcial que impida la entrada del ganado en épocas de escasez de pasto para evitar daños al regenerado.

**11 Pulido, F.J., Campos, P., Montero, G. 2003. La gestión forestal en las dehesas. Historia, Ecología, Selvicultura y Economía. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Mérida.**

En los dos capítulos primeros se realiza una revisión histórica de la dehesa, su evolución y su situación actual. En el capítulo 3 se realiza un compendio cuantitativo de los procesos que llevan al reclutamiento de nuevos individuos reproductores con el fin de detectar las fases críticas para la regeneración. Se concluye que la producción de semilla no es un factor limitante en áreas adehesadas, donde la producción es hasta diez veces mayor que en manchas de bosque y hay un exceso de bellotas disponibles para su transporte lejos de los árboles productores. Considerando el conjunto de las fases estudiadas, se concluye que el reclutamiento está limitado por la ausencia de áreas de matorral que favorezcan la actividad de los animales diseminadores (dispersión) y evite la mortalidad por desecación de las plántulas en el primer verano (facilitación). Debido a la dependencia del reclutamiento con respecto a los procesos de dispersión y facilitación, la regeneración natural de las dehesas está en general condicionada por el acotamiento temporal y la consiguiente aparición de brinzales asociadas a la invasión del matorral.

**12 Sánchez, A.L., Aida, L.S., 2012. Proyecto de Ordenación Silvopastoral. Editorial Académica Española. In, Serrada, R., San Miguel, A., 2008. Compendio de Selvicultura Aplicada en España. INIA,, Madrid, pp. 861-887.**

La forma principal de masa más adecuada es la masa irregular tratada mediante entresaca por huroneo. De las propuestas se deduce que la densidad normal en la primera clase diamétrica de entre 10 y 15 cm de diámetro (32 años) debe estar entre 20 y 50 pies/ha, con proyecciones de copa de 18 m<sup>2</sup>/pie, con 32 cm (87 años), 5 pies/ha y 36 m<sup>2</sup>/ha de proyección de copas, y con 47 cm (142 años), 1 pie/ha y una proyección de copa de 60 m<sup>2</sup>/ha.

La duración del acotado será muy variable, entre 5 y 30 años (para bovino). La división del cuartel se puede hacer entre 12 y 16 parcelas de entresaca regularizada. La aplicación de cercas individualizadas reducirá los acotados, con densidades de 50 cercas/ha. Si el acotado es superficial se encontrará entre 1/6 de la superficie total en casos extremos y 1/16.

En cuanto a masas regulares se establece una espesura normal (300 msm – 600 msm) de entre 10 y 60 % de fcc. Comienza con 10 cm de diámetro, 1.000 pies/ha y 6 m<sup>2</sup>/ha de



fcc, regulando las densidades con clases diamétricas de amplitud de 2 cm, y un turno de 150 años (20 clases), y se finaliza con 150 pies/ha y una fcc de 6,3 m<sup>2</sup>/ha.

El capítulo también incluye datos generales sobre producción de las dehesas de encina:

- Ganado: 1 a 3 ovejas/ha, 1 UGM de vacuno por cada 1 a 4 ha, engordes de un primal de cerdo ibérico en montanera por cada 2-3 ha; 1 a 3 cabras/ha en dehesas con mucho ramón.
- Ramón: producción de entre 500 y 100 kg/ha y año.
- Cultivos agrícolas: entre 1.500 y 300 kg/ha.
- Bellota: entre 300 y 500 kg/ha y año de media.

**13 San Miguel Ayanz, A. 1994. La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión. Fundación Conde del Valle Salazar. Madrid.**

Libro publicado por la Fundación Conde del Valle Salazar en el año 1994. En él se desarrolla de forma teórica un Plan de Ordenación o Plan de Gestión.

Hace referencia a su concepto etológico de defensa y a su carácter multiproductivo relacionado con el carácter silvopastoral de la dehesa. También hace una revisión de su tipología, en relación a las especies presentes; su origen como consecuencia de tres fases, aclarado de bosques, estabilización del pastizal y mejora del mismo. Describe su estructura en base a dos estratos definidos, el arbóreo y el pastizal, donde el pastizal y su gestión/aprovechamiento no es entendido sin el pastoreo del ganado.

En relación a los aprovechamientos, se centra en los propios de la dehesa de encinas, como son la ganadería que aprovecha los pastos y frutos, y dos forestales como son el aprovechamiento de ramón y de leñas.

Describe las mejoras como podas, desbroces, rozas y limpiezas, rozas de regeneración, fertilización de pastos (dosis 40 – 50kg/ha de fosfatos y encalados (dosis entre 1.000 – 3.000 kg/ha para incrementar el pH hasta 6,5), redileo y drenajes. También cita las medidas de regeneración de monte bajo y monte alto.

En cuanto a ordenaciones, sienta las bases de los que son hoy en día las ordenaciones de las masas adehesadas, describe los contenidos de cada apartado de un Plan de Ordenación; Título I: inventarios con su estado legal, natural, forestal y económico. Título II Planificación con sus fundamentos, Plan general y Plan Especial.

**14 Zavala, M.A., Zamora Rodríguez, R., Pulido Díaz, F.J., Blanco Vaca, J.A., Imbert Rodríguez, J.B., Marañón, T., Castillo Martínez, F.J., Valladares Ros, F., 2008. Nuevas perspectivas en la conservación, restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo. En: Valladares, F. 2008. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo**



**cambiante (Segunda edición). Páginas 511-532. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 978-84-8014-738-5.**

El Capítulo resume los avances en ecología llevados a cabo en nuestro país durante las últimas décadas para permitir la formulación de una Selvicultura Mediterránea acorde con los objetivos actuales de sostenibilidad. En el apartado 3 sobre *Restauración del bosque mediterráneo*, refiere que el bosque mediterráneo no sigue su desarrollo natural de regeneración y se encuentra colapsado, por lo que se requiere una restauración forestal para acelerar los mecanismos naturales de sucesión. Las repoblaciones forestales han sufrido numerosas marras como consecuencia de la sequía estival, por lo que se han empleado técnicas como la apertura de hoyos de siembra de gran volumen con maquinaria pesada, construcción de microcuencas, utilización de geles en la zona radicular, protectores individuales, etc., incrementando muchas veces el coste de la repoblación. Recientes publicaciones avalan que la vegetación arbustiva puede ser beneficiosa en ambientes mediterráneos donde las plántulas se vean favorecidas por la sombra, la humedad del suelo y la menor temperatura, mejorando el estado hídrico de la planta, por lo que se recomienda el uso de matorrales como plantas nodrizas, reduciendo el coste económico antes mencionado.

En el apartado 4 sobre *Gestión sostenible del bosque mediterráneo: evidencias desde la ecología*, desarrolla la sostenibilidad demográfica de la dehesa, donde afirma que las tendencias actuales del aprovechamiento (intensificación de los usos ganaderos, agrícolas y sobre alcornocales, mecanización de las prácticas agrícolas, desatención sobre los encinares), cuestionan la sostenibilidad de la dehesa. Siguiendo lo que desarrollan muchos autores, refiere que muchos métodos de ordenación se basan en exclusiones al pastoreo rotatorias según divisiones de las fincas, asegurando que, una vez respetados los períodos específicos de acotamientos, las plántulas se producirán muy ampliamente (2.000- 3.000 plantas/ha). El autor considera que no existen experiencias que determinen qué mecanismos operan en esta exclusión. La utilización de matorrales como plantas nodrizas no puede descartarse.

Relata que, ante un posible escenario de intervención pública, el diseño de medidas agroambientales a escala de paisaje que favorezcan la coexistencia de zonas de alta diversidad y nula regeneración con zonas menos diversas pero claves para la regeneración natural se ajusta a los criterios de ordenación basados en la exclusión del pastoreo y/o matorralización. En cuanto a la repoblación artificial, reduce la incertidumbre en los resultados, pero indica que ha de realizarse periódicamente para obtener una estructura diversificada de edades. Las labores durante los primeros años reducirán la diversidad, problema que se puede extender si se obtiene una estructura homogénea del arbolado.

**15 Decreto 104/1999, de 12 de mayo de 1999. Junta, C.y.L. Instrucciones generales para la ordenación de montes arbolados en Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente.**



En relación al *Título I Inventario, Capítulo III. Estado forestal, SECCION 2. Estudio cuantitativo de las masas arbóreas* existe un apartado D) *Montes adehesados* (Art. 74 y ss). En él describe que la división del monte se basará en factores limitantes del pastoreo, y que, en el caso de ganado menor, el cuartel deberá tener las dimensiones necesarias para que sea aprovechado por un solo rebaño (250 cabras o 500 ovejas por rebaño, como cifras orientativas). Esta recomendación conducirá a cuarteles de 200 a 500 hectáreas, mientras que en el caso del ganado mayor los cuarteles podrán ser mayores. Estos cuarteles podrán dividirse en parcelas rectangulares o redondas, homogéneas en cuanto a arbolado y tipología pascícola, con superficies éstas de entre 10 y 50 hectáreas. En cuanto al inventario de la masa arbolada, podrá realizarse pie a pie (con anotaciones sobre el estado sanitario de los pies), o mediante conteo sobre ortofoto o planos recientes. En ambos casos se precisa disponer de datos que permitan estimar la fracción de cabida cubierta, el estado sanitario de la masa y la regeneración natural existente, precisando las condiciones en las que se logra. Se menciona que los volúmenes son de poca importancia, pero se requiere una muestra objetiva de árboles inventariados para la aplicación de tablas de cubicación, al igual que con las existencias de leñas. En cuanto a las existencias pastables podría hacerse en unidades forrajeras, pero, dadas las fluctuaciones estacionales e interanuales, podrá limitarse a la delimitación y cuantificación de las superficies ocupadas en cada rodal por los diferentes tipos de pastizal: Terofíticos, vivaces agostantes, vivaces no agostantes, pastizales artificiales, cultivos forrajeros, etc, incluyendo especies de matorral y accesibilidad al ramón.

En relación al *Título II Planificación, Capítulo I, sobre el Plan General* (Art. 185 y ss), D) *Montes adehesados*, menciona que la persistencia de la masa arbórea debe basarse en el acotamiento al ganado de las superficies a regenerar. Estas superficies podrán agruparse bajo esquemas dasocráticos parecidos a los del tramo único, el tramo móvil o la ordenación por rodales. Si se escoge un método de tramo  $s' = S/E \cdot p'$ , siendo  $S$  la superficie del cuartel), en la que  $p'$  puede llegar a valores mínimos por la producción de pastos, y que se fijará según el tipo de ganado. En cuanto al tramo móvil lo considera menos adecuado por implicar un mayor acotamiento. Sobre el método de ordenación por rodales, dice que complicaría la temática de las superficies a acotar, que estarían dispersas por el cuartel. No obstante, el método sería viable si se determinase que los rodales de regeneración inmediata ocupasen una superficie menor que la teórica de un tramo único.

Sobre las ordenaciones pascícolas, recomienda el pastoreo continuo dentro de cada rodal, o rotacional diferido, el establecimiento de las épocas de pastoreo de acuerdo con la fenología del pastizal, reservar manchas de matorral, y el control mediante desbroce, si procede, de comunidades pioneras (jarales, tomillares, etc.), ayudándose con el manejo del ganado.

**16 Modelos e indicadores de Gestión Sostenible para la Certificación de los terrenos adehesados en el marco del Proyecto de Cooperación Transfronteriza para la Valoración Integral de la Dehesa-Montado.2020 No publicado.**



El proyecto plantea dos Instrumentos de gestión simplificada para las dehesas, en función de si se trata de fincas de más superficie o menos, cuyo límite debe ser aún fijado por la Administración forestal de Extremadura. En el caso de fincas pequeñas, es el gestor el que mediante un informe selvícola establece los datos para realizar la regeneración, mientras que, en fincas de superficie mayor, se requiere un inventario sobre la masa arbolada. El número de parcelas deberá fijarse según el Coeficiente de Variación (%) en poblaciones similares, desde 10 parcelas con un 30% de CV hasta 125 parcelas, con 190 % de CV, con un radio mínimo de 10 y un máximo de 40. El inventario que se plantea innova fundamentalmente en la contabilidad del regenerado y pies mayores. En el primer caso, identificando los pies de futuro (posibles pies a más de 6 m de otros pies) establecido o no establecido (según el tipo de ganado pastante y la protección de que disponga). Además, durante el inventario se identificarán ya los recepes, los apostos de regenerado y jóvenes. En el caso de los pies mayores, se contabilizarán los pies por clase de CAP, con un apartado específico para los pies decrépitos o en mal estado.

En el apartado de Planificación, el parámetro fundamental es la urgencia en acometer la regeneración del estrato. Esta urgencia se clasifica en 3 valores, a la que se llega según el número de pies existentes según la CAP obtenida en el inventario. Tras la urgencia es necesario elegir entre 3 modelos de gestión para las dehesas de encina, 2 para las de alcornoque y otras 3 para mixtas. Los modelos (basados en masas irregulares), se eligen según el uso preferente del estrato y con ellos se determina el número de plantas a incorporar en las clases diamétricas inferiores. Si el estrato tiene una categoría de urgencia alta, deberá regenerar en el decenio la parte correspondiente al equivalente de la décima superficie de un tramo único, considerando también en dicha superficie aquella que ocupa el regenerado establecido.

**17 Manual para la conservación de la biodiversidad de las dehesas de forma compatible con las actividades ganaderas, forestales y cinegéticas. Proyecto Life Biodehesa. 2018 No opublicado.**

En este trabajo se documenta lo establecido para un Instrumento de Gestión Simplificado para las Dehesas. Uno de los objetivos del proyecto tenía el objetivo de realizar una aplicación integrando la información procedente de las Consejerías de Medio Ambiente y Agricultura, Pesca y Ganadería. En este sentido se pretendía realizar dichos proyectos de ordenación con información ya existentes en las bases de datos de ambas administraciones, evitando al gestor introducir la información ya existente sobre su finca. Se describen muy en detalle toda la *Descripción del Medio* necesaria en una dehesa, así como la *Caracterización de la ganadería existente*, con un apartado exclusivo sobre la *Gestión de cadáveres*.

La planificación o *Diagnóstico* se basa en este caso en una densidad objetivo por tipo de dehesa y producción para el estrato arbóreo (encina/ganadero 45 pies/ha, encina – cinegético/ganadero 60 pies/ha, alcornoque/corchero /ganadero 70 -100 pies/ha,



alcornoque/corchero 100 pies/ha). En cada una de ellas se marcan distintos periodos de rotación, obteniendo con ello las densidades de plantación requeridas.

En cuanto a la regulación de la superficie, se realiza asimismo una recomendación de realizar pequeñas rotaciones dentro de las grandes superficies a acometer (por ejemplo, en una finca de 180 hectáreas, y una periodo de 10 años, la superficie a plantar es de 45 hectáreas, con un periodo general de rotación de 40 años) .



# Resumen

## Contexto y ámbito legal

La importancia económica y social del pastoreo en los montes es innegable. La ganadería extensiva y la caza son el primer producto directo, en términos económicos de los montes mediterráneos, lo que se prevé que se incremente por la ampliación de la Unión Europea y la PAC. Esta importancia está creciendo además porque se demanda una ganadería extensiva de calidad y porque existe una demanda creciente de servicios de los montes (paisaje, recreo...). Existe una gran carga ganadera, mal repartida, con una mala política de subvenciones incluyendo como ganadería extensiva todo lo que no supera más de 1,4 UGM/ha (excesivo para los montes mediterráneos) lo que ha provocado drásticas modificaciones en la ganadería extensiva tradicional y el abuso de la suplementación (Ayanz, A.S.M., 2000).

No obstante, la ordenación de este recurso no tiene mucha relevancia en cuanto a actualización de las investigaciones y legislación al respecto, lo que queda demostrado por las escasas publicaciones recientes realizadas.

En la actualidad la Ordenación de Montes se rige en cada Comunidad Autónoma por unas Instrucciones de Ordenación, o en su defecto queda al amparo de las Instrucciones Generales de Ordenación de 1970. En las comunidades autónomas con mayor presencia de dehesas, Andalucía y Castilla y León poseen instrucciones propias (2004 y 1999 respectivamente) y en Extremadura y Castilla La Mancha se rigen por la norma estatal.

Las comunidades que han publicado su propia norma, han actualizado la normativa, adaptándola a los nuevos métodos de inventario, métodos de ordenación, etc. y también, lo que más aplica en este sentido, han incorporado un articulado más adaptado a otros productos no maderables, frente a las Instrucciones clásicas de 1970, donde prevalecía el producto madera frente a los demás.

## Inventarios

El proyecto *Modelos e Indicadores de Gestión Sostenible* plantea dos Instrumentos de Gestión Simplificado para las dehesas, en función de si se trata de fincas de más superficie o menos, cuyo límite debe ser aún fijado por la Administración forestal de Extremadura. En el caso de fincas pequeñas, es el gestor el que mediante un informe selvícola establece los datos para planificar la regeneración mientras que, en fincas de superficie mayor, se requiere un Inventario sobre la masa arbolada. El número de parcelas deberá fijarse según el Coeficiente de Variación (%) en poblaciones similares ó estratos, desde 10 parcelas con un 30% de CV hasta 125 parcelas, con 190 % de CV, con un radio mínimo de 10 y un máximo de 40. El inventario que se plantea innova fundamentalmente en la contabilidad del regenerado y pies mayores. En el primer caso, identificando los pies de futuro (posibles pies a más de 6 m de otros pies) establecido o no establecido (según el tipo de ganado pastante y la protección de que disponga). Además, durante el inventario se identificarán ya los recepes, los apostos



de regenerado y jóvenes. En el caso de los pies mayores, se contabilizarán los pies por clase de CAP, con un apartado específico para los pies decrepitos o en mal estado.

En Andalucía, según las IGOMCA el error es también del 30% en el número de pies, aunque insta a tomar datos de fcc, la edad, el estado sanitario y la regeneración (abundancia y distribución), así como la caracterización en la parcela del estrato inferior. En corcho, la variable requerida es la Superficie de Descorche con un error mínimo del 20%.

Por su parte, las Instrucciones de Castilla y León, dan referencia sobre el cuartel que debe tener las dimensiones necesarias para que sea aprovechado por un solo rebaño (250 cabras o 500 ovejas por rebaño, como cifras orientativas), lo que conlleva cuarteles de 200 a 500 hectáreas, mayores en ganado mayor. Estos cuarteles podrán dividirse en parcelas o redondas, homogéneas en cuanto a arbolado y tipología pascícola, con superficies éstas de entre 10 y 50 hectáreas.

### **Métodos de inventario de pastos y del sistema ganadero**

En Andalucía, en el caso de la producción de pastos se describen los métodos para la estimación de esta producción con una probabilidad fiducial de entre el 80y el 90% con un error de estimación de un 30%. Se analizan los métodos para establecer la composición específica y el valor nutritivo del pasto. Es importante, asimismo, la relevancia que se le da a la descripción del aprovechamiento ganadero, donde debe describirse el sistema productivo (descripción de rebaños, tamaño, especies ganaderas, etc.), el tipo de pastoreo y la carga ganadera asociada, existiendo un apartado específico sobre el Inventario de la Montanera, en la que se describen los métodos mediante la reposición conseguida por el ganado porcino en años anteriores y otros métodos mediante muestreos específicos llevados a cabo en la superficie productora.

El inventario en Castilla y León exige datos para estimar la fracción de cabida cubierta, el estado sanitario de la masa y la regeneración natural existente. Se requiere también una muestra objetiva de árboles inventariados para la aplicación de tablas de cubicación, al igual que con las existencias de leñas. En cuanto a las existencias pastables puede hacerse por unidades forrajeras y por cuantificación de las superficies ocupadas en cada rodal por los diferentes tipos de pastizal: Terófiticos, vivaces agostantes, vivaces no agostantes, pastizales artificiales, cultivos forrajeros, etc, incluyendo especies de matorral y accesibilidad al ramón.

### **Características dasocráticas y elección de tratamientos culturales**

La *Elección de tratamientos culturales* están muy condicionadas por las dificultades para la regeneración, por lo que se recomiendan cortas de entresaca por huroneo y turno físico, que conducirá a una masa irregular clara, extrayendo solo los árboles muertos o decrepitos. Incluye asimismo la posibilidad de utilizar el método de beneficio de monte bajo (Madrigal Collazo, A., 2003. ).

En el caso de los pastizales , se recomienda el pastoreo continuo, aunque haciendo rotación entre parcelas. Asimismo, recomienda el pastoreo diferido, incorporando al ganado en la parcela después de la maduración de los frutos ó semillas para así facilitar la diseminación



por el ganado, lo que puede hacerse por rotación (la parcela que en un año se aproveche en primavera, al siguiente lo hará en verano y al siguiente en otoño-invierno). Pudiera ser conveniente además mantener un grupo de parcelas de reserva por si hubiera escasez de alimento y otro grupo de parcelas de regeneración del pastizal cuando se detecten problemas de persistencia de las especies de mayor valor. (Madrigal Collazo, A., 2003. ).

### **Ordenación masas irregulares**

La adaptación en las dehesas de los métodos irregulares, se puede realizar mediante tramos en regeneración cuya superficie sea 1/8 de la superficie de la dehesa, acotándolo 5 años al pastoreo, con el fin de que la finca completa haya entrado en regeneración en un periodo de 40 años. Cada quinquenio cambia el tramo. El nº pies/ha a obtener será el suficiente para lograr la densidad de las 2 primeras clases de edad de la curva de Liocurt ajustada ( $1 + a = 1,31$ ) (Pita, F.M. et al. 2007).

De las curvas propuestas se deduce una primera clase diamétrica de entre 10 a 15 cm de diámetro (32 años) que debe tener entre 20 y 50 pies/ha, con proyecciones de copa de 18 m<sup>2</sup>/pie, con 32 cm (87 años) , 5 pies/ha y 36 m<sup>2</sup>/ha de proyección de copas, con 47 cm (142 años), 1 pie/ha y una proyección de copa de 60 m<sup>2</sup>/ha.

En cuanto otros ajustes de la curva de Liocurt, se utiliza el modelo de Di Berenguer que reparte el área ocupada por la Fracción de Cabida Cubierta total entre el número de clases dimensionales consideradas para la masa. En la publicación se realiza una propuesta teórica sobre la ordenación de masas irregulares por área basimétrica (Alejano et al. 2011).

En montes adehesados de alcornoque en masa irregular (Montero, G., López, E., Serrada, R., 2008) se propone una amplitud de clases diamétricas (CD) de 10 cm, comenzando por el centro de clase de 10 cm sobre corcho, con 74 pies/ha, con 20 cm 47 pies/ha, con 30 cm 29 pies/ha, con 40 cm pies/ha, 50 cm con 11 pies/ha y 60 cm con 7 pies/ha. La estructura ideal de la masa con un módulo de rotación de 12 años y una densidad inicial de 210 pies/ha con una edad de 8 a 12 años (altura > 1.30 m), plantea una densidad final para 65 cm de CD, de 3 pies/ha, una altura de descorche que varía de 1,20 a 2, 85 m y una producción de corcho de reproducción de 571 kg/ha hasta 216 kg/ha.

En el trabajo realizado para la Junta de Extremadura sobre los Modelos de Gestión de la dehesa, la ordenación se realiza para masas irregulares, pero partiendo de diversas premisas. Dado que las fincas particulares tienen un problema de renovación del arbolado, se ha evitado por completo los acotados al ser un hándicap que los gestores no quieren asumir. Se ha dado prioritariamente la urgencia a las zonas con pies más maduros (urgencias de 1 a 3), con un periodo corto de producción de bellota. El gestor debe elegir para cada estrato (según el uso preferente) entre 3 modelos de gestión para las dehesas de encina, 2 para las de alcornoque y otras 3 para mixtas con lo que se determina el número de plantas a incorporar en las clases diamétricas inferiores. Este regenerado se puede lograr protegiendo correctamente el existente o mediante plantación. Las superficies a regenerar en el decenio, deberá ser en urgencias muy altas las correspondientes a la regeneración del tramo.

En el trabajo realizado en el marco del proyecto Llife Biodehesa (Manual para la conservación de la biodiversidad,) la planificación se basa en este caso en una densidad objetivo por tipo



de dehesa y producción para el estrato arbóreo (encina-ganadero 45 pies/ha, encina – cinegético/ ganadero 60 pies/ha, alcornoque corchero /ganadero 70 -100 pies/ha, alcornoque corchero 100 pies/ha). En cada una de ellas se marcan distintos periodos de rotación, obteniendo con ello las densidades de plantación requeridas.

En cuanto a la regulación de la superficie se realiza asimismo una recomendación de realizar pequeñas rotaciones dentro de las grandes superficies a acometer (por ejemplo, en una finca de 180 hectáreas, y un periodo de 10 años, la superficie a plantar es de 45 hectáreas, con un periodo general de rotación de 40 años).

### **Ordenación masas regulares**

En el caso de estructuras regulares se han comparado situaciones en masas procedentes de repoblación de alcornocal y regenerado natural, que han dado como resultado similares para 17 – 18 descorches, con turnos de 180 años, se alcanzan producciones medias de 340 kg/ha· año y máximos de alrededor de 5.200 kg/ha para entre 130 y 155 pies de clases diamétricas entre 40 y 45 cm (Montero, G., et al. 2005).

Se considera importante también para el alcornocal adehesado si se pretende realizar una *Regeneración natural*: el turno o periodo de rotación ( $T = 140$  años), periodo de tiempo en el que los tramos están acotados (periodo de regeneración  $r$ , 20 años), dividir la dehesa en  $T/r$  partes a regenerar (14,3% de la superficie), seleccionar aquellas zonas más urgentes hasta completar esas zonas a regenerar y acotar al pastoreo esta zona (con ovino entre 5-6 años y con cabra o vacas hasta los 15-20 años).



# Revisión bibliográfica

## Gestión y mejora de pastizales



Coordinado por:



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
DE EXTREMADURA

Fecha

Febrero de 2021

## Índice

Listado bibliográfico .....	1
Síntesis de las publicaciones revisadas .....	5
Resumen .....	26



## Listado bibliográfico

1. Almeida, M., Azeda, C., Guiomar, N., & Pinto-Correia, T. (2016). The effects of grazing management in montado fragmentation and heterogeneity. *Agroforestry Systems*, 90(1), 69-85. doi:10.1007/s10457-014-9778-2
2. Calvete Sogo, H. (2016). Productivity and quality of dehesa pastures in relation to global change: increasing tropospheric ozone and nitrogen deposition. *Agronomos*,
3. Castro, H., & Freitas, H. (2009). Above-ground biomass and productivity in the Montado: From herbaceous to shrub dominated communities. *Journal of Arid Environments*, 73(4), 506-511. doi:https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.12.009
4. Concostrina-Zubiri, L., Molla, I., Velizarova, E., & Branquinho, C. (2017). Grazing or Not Grazing: Implications for Ecosystem Services Provided by Biocrusts in Mediterranean Cork Oak Woodlands. *Land Degradation & Development*, 28(4), 1345-1353. doi:https://doi.org/10.1002/ldr.2573
5. de Prado, J. G. M., & Ambrona, C. G. H. D. (2012). Reflexiones sobre las técnicas de mejora de la dehesa extremeña. Paper presented at the Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción.
6. Díaz-Ambrona, C. H., Etienne, A., & Valderrama, J. M. (2011). Producciones potenciales de herbáceas, de bellota y carga ganadera en las dehesas de Extremadura. *Pastos*, 38(2), 243-258.
7. Díaz-Pereira, E., Romero-Díaz, A., & de Vente, J. (2020). Sustainable grazing land management to protect ecosystem services. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(8), 1461-1479. doi:10.1007/s11027-020-09931-4
8. Fernández-Moya, J., San Miguel-Ayanz, A., Cañellas, I., & Gea-Izquierdo, G. (2011). Variability in Mediterranean annual grassland diversity driven by small-scale changes in fertility and radiation. *Plant Ecology*, 212(5), 865-877. doi:10.1007/s11258-010-9869-8
9. García, A. M., Fernández, P., Muñoz, M. L., & Carbonero, M. D. (2016). Gestión de los Pastos en la dehesa. Retrieved from LIFE Biodehesa:
10. Godinho, S., Surovy, P., Sousa, A., & Gil, A. (2018). Advances in remote-sensing applications in silvo-pastoral systems. *International Journal of Remote Sensing*, 39(14), 4565-4571. doi:10.1080/01431161.2018.1476012
11. Gómez-Giráldez, P. J., Aguilar, C., Caño, A. B., García-Moreno, A., & González-Dugo, M. P. (2019). Remote sensing estimation of net primary production as monitoring indicator of



- holm oak savanna management. *Ecological Indicators*, 106, 105526. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105526>
12. González-Dugo, M. P., Chen, X., Andreu, A., Carpintero, E., Gómez-Giraldez, P. J., Carrara, A., & Su, Z. (2021). Long-term water stress and drought assessment of Mediterranean oak savanna vegetation using thermal remote sensing. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25(2), 755-768. doi:10.5194/hess-25-755-2021
  13. González, F., Schanabel, S., Prieto, P., Pulido Fernández, M., & Gragera Facundo, J. (2012). Producción de los pastos en la dehesa y su relación con la precipitación y el suelo.
  14. González López, F., & Maya Blanco, V. (2013). Los pastos y su importancia en la comunidad de Extremadura. métodos de mejora. *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, 83.
  15. González López, F., & Maya Blanco, V. (2015). Mejora de Pastos de secano en Extremadura. Retrieved from
  16. Hernández-Esteban, A., López-Díaz, M. L., Cáceres Y., J. E., & Moreno, G. (2017). Selección de leguminosas pratenses para la mitigación y adaptación al cambio climático en la dehesa. Paper presented at the 7º Congreso Forestal Español, Palencia, Cáceres.
  17. Iglesias, E., Báez, K., & Diaz-Ambrona, C. H. (2016). Assessing drought risk in Mediterranean Dehesa grazing lands. *Agricultural Systems*, 149, 65-74. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.07.017>
  18. Listopad, C. M. C. S., Köbel, M., Príncipe, A., Gonçalves, P., & Branquinho, C. (2018). The effect of grazing exclusion over time on structure, biodiversity, and regeneration of high nature value farmland ecosystems in Europe. *Science of The Total Environment*, 610-611, 926-936. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.018>
  19. López-Sánchez, A., San Miguel, A., López-Carrasco, C., & Roig, S. (2013). Tree and grazing influence on herbaceous pasture diversity in the Dehesa agroforestry system. *Borgarnes*.
  20. Mann, C., & Sherren, K. (2018). Holistic Management and Adaptive Grazing: A Trainers' View. 10(6), 1848.
  21. Martínez, T., Urquia, J., Tejerina, J., & Guerrero, A. (2014). Producción herbácea y calidad de pasto en un sistema silvopastoral adehesado de la Sierra de Madrid. 2014-2020.
  22. Maya, V., López, F., & Gragera Facundo, J. (2017). Producción y calidad de mezclas forrajeras cereal-leguminosa de secano en Extremadura.
  23. Moreno, G., Gonzalez-Bornay, G., Pulido, F., Lopez-Diaz, M. L., Bertomeu, M., Juárez, E., & Diaz, M. (2016). Exploring the causes of high biodiversity of Iberian dehesas: the importance of wood pastures and marginal habitats. *Agroforestry Systems*, 90(1), 87-105. doi:10.1007/s10457-015-9817-7



24. Murillo, M., & González, F. (2011). Gestión de la dehesa en Extremadura. Recursos pascícolas y mejoras. *Pastos*, 38(1), 5-17.
25. Nordborg, M. (2016). Holistic management—a critical review of Allan Savory's grazing method.
26. Olea, L., Poblaciones, M. J., Rodrigo, S. M., & Santamaría, O. (2013). Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades.
27. Ponti, L., Gutierrez, A. P., & Altieri, M. A. (2016). Preserving the Mediterranean Diet Through Holistic Strategies for the Conservation of Traditional Farming Systems. In M. Agnoletti & F. Emanuelli (Eds.), *Biocultural Diversity in Europe* (pp. 453-469). Cham: Springer International Publishing.
28. Rodríguez-Escribano, J. A., Díaz-Ambrona Hernández, C. G., & Alfonso-Tarquis, A. M. (2014). Selección de índices de vegetación para la estimación de la producción herbácea en dehesas. *Pastos*, 44(2), 6-18.
29. Rodríguez-Escribano, J., Gliga, A.-E., Martínez Llorente, J., & Díaz-Ambrona Hernández, C. G. (2012). Caracterización de la sequía en pastos anuales en dehesas. Paper presented at the *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*.
30. Rolo, V., & Moreno, G. (2019). Shrub encroachment and climate change increase the exposure to drought of Mediterranean wood-pastures. *Science of The Total Environment*, 660, 550-558. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.029>
31. Sales-Baptista, E., d'Abreu, M. C., & Ferraz-de-Oliveira, M. I. (2016). Overgrazing in the Montado? The need for monitoring grazing pressure at paddock scale. *Agroforestry Systems*, 90(1), 57-68. doi:10.1007/s10457-014-9785-3
32. Santamaría Becerril, Ó., Rodrigo, S., Poblaciones Suárez-Bárcena, M. J., & Olea Márquez de Prado, L. (2014). Fertilizer application (P, K, S, Ca and Mg) on pasture in calcareous dehesas: effects on herbage yield, botanical composition and nutritive value.
33. Serrano, J., Shahidian, S., Marques da Silva, J., & De Carvalho, M. (2018). A Holistic Approach to the Evaluation of the Montado Ecosystem Using Proximal Sensors. *Sensors*, 18(2). doi:10.3390/s18020570
34. Serrano, J., Shahidian, S., Marques Da Silva, J., Sales-Baptista, E., Ferraz De Oliveira, I., Lopes De Castro, J., . . . Carvalho, M. d. (2018). Tree influence on soil and pasture: contribution of proximal sensing to pasture productivity and quality estimation in montado ecosystems. *International Journal of Remote Sensing*, 39(14), 4801-4829. doi:10.1080/01431161.2017.1404166



35. von Keyserlingk, J., de Hoop, M., Mayor, A. G., Dekker, S. C., Rietkerk, M., & Foerster, S. (2021). Resilience of vegetation to drought: Studying the effect of grazing in a Mediterranean rangeland using satellite time series. *Remote Sensing of Environment*, 255, 112270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112270>
36. Walther, D. (2012). The effect of grazing and management measures on the vegetation of a dehesa—an agro-ecosystem formed during centuries by agro-sylvopastoral exploitation.



## Síntesis de las publicaciones revisadas

**1 Almeida, M., Azeda, C., Guiomar, N., & Pinto-Correia, T. (2016). The effects of grazing management in montado fragmentation and heterogeneity. *Agroforestry Systems*, 90(1), 69-85. doi:10.1007/s10457-014-9778-2**

La mayor parte de los montados (dehesas) portugueses están clasificados como sistema de alto valor (sistema High Nature Value (HNV) que mide la biodiversidad). No obstante, en las últimas décadas se ha producido un descenso tanto de la superficie total de la dehesa, como de la densidad de la cubierta arbórea dentro de la misma, debido sobre todo a la gestión. El pastoreo es un aspecto central que determina la sostenibilidad a largo plazo y tiene implicaciones también en la diversidad estructural de la dehesa, especialmente en la conectividad y la heterogeneidad, que es crucial para el mantenimiento de la HNV. En este proyecto se recogieron datos sobre factores biofísicos (27), factores de manejo (17) y factores espaciales (5) en 41 fincas del Alentejo portugués. Se realizó un análisis multivariante con modelos aditivos generalizados. Los resultados muestran que diferentes patrones de pastoreo, la densidad de pastoreo y el tipo de animal pastante, se correlacionan con variaciones en la fragmentación y heterogeneidad de la dehesa.

En particular, el pastoreo del ganado vacuno muestra tener efectos adversos en la fragmentación de la dehesa, mientras que el pastoreo de ovejas tiene un mayor impacto en la heterogeneidad dentro de las parcelas de una dehesa.

**2 Calvete Sogo, H. (2016). Productivity and quality of dehesa pastures in relation to global change: increasing tropospheric ozone and nitrogen deposition. *Agronomos*,**

El objetivo de esta tesis Doctoral fue estudiar la respuesta de las comunidades herbáceas anuales mediterráneas al incremento del O<sub>3</sub> y N atmosférico. Se analizaron dos ciclos de crecimiento de un pastizal experimental (*Trifolium*, *Birza*, *Ornithopus*, *Cynosorus*, *Silene*...), bajo distintos niveles de O<sub>3</sub> y N.

En cuanto al O<sub>3</sub> provocó una reducción de la producción del dosel del pasto, parcialmente mitigada por la fertilización nitrogenada. Además, este produjo una reducción de la eficiencia del fertilizante, lo que se relaciona con una reducción de la producción primaria neta.

A escala de especie, las leguminosas no reaccionaron al N pero fueron más sensibles al O<sub>3</sub>, con respuestas distintas por especie. Las no leguminosas, especialmente las gramíneas, mostraron una respuesta clara al N. Los resultados indican que tanto el O<sub>3</sub> como el N pueden afectar las relaciones de competencia entre las especies debido a su respuesta heterogénea.

**3 Castro, H., & Freitas, H. (2009). Above-ground biomass and productivity in the Montado: From herbaceous to shrub dominated communities. *Journal of Arid Environments*, 73(4), 506-511. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.12.009>**



El estudio se centró en el efecto del abandono del suelo sobre la biomasa aérea y la productividad primaria neta (PPN) en un montado del sur de Portugal. El Montado tiene una larga historia de gestión y del control de la invasión por arbustos mediante el desbroce, el arado y el pastoreo. Cuando éstos cesan, es invadido por especies de matorral mediterráneo. La hipótesis es que el abandono del suelo afectaría tanto a la biomasa como a la productividad, pero mientras que la biomasa total aumenta, los efectos sobre la PPN eran menos claros. Por lo que se estudiaron dichas variables para diferentes usos del suelo con ganadería extensiva hasta tierras con 20 años de abandono. Los resultados confirmaron que la biomasa aérea aumentó con el abandono, lo que se relacionó con el aumento de la cobertura arbustiva. Además, se encontró una disminución de la PPN herbácea que fue más que compensada por un aumento de la PPN de los arbustos en las parcelas abandonadas durante más tiempo, lo que dio lugar a un aumento significativo de la PPN total. Este incremento estuvo fuertemente relacionado con el aumento de la cobertura de *Cistus ladanifer*, una especie pionera que coloniza las áreas degradadas y constituye una de las primeras etapas de la sucesión de las comunidades leñosas.

**4 Concostrina-Zubiri, L., Molla, I., Velizarova, E., & Branquinho, C. (2017). Grazing or Not Grazing: Implications for Ecosystem Services Provided by Biocrusts in Mediterranean Cork Oak Woodlands. Land Degradation & Development, 28(4), 1345-1353. doi:<https://doi.org/10.1002/ldr.2573>**

En el trabajo se han evaluado los efectos del pastoreo sobre la abundancia y la composición funcional de líquenes y musgos del suelo de alcornocales, bajo pastoreo y después de 7 y 17 años de exclusión del pastoreo. Se han caracterizado cuatro grupos principales en relación a su "forma de crecimiento": líquenes fruticulosos y foliosos, y musgos cortos y altos. Cada grupo presentaba una capacidad de absorción y retención de agua diferente, y mostraron efectos distintos sobre la temperatura del suelo y el agua. Los líquenes fruticulosos fueron el grupo más sensible al pastoreo, disminuyendo drásticamente con el pastoreo (~7 veces). Además, este grupo absorbió menos agua, pero la retuvo mucho más tiempo (más de 19 h), junto con un efecto consistente de reducción en la temperatura del suelo a lo largo del gradiente de pastoreo (hasta 0.9 °C). El cambio en la abundancia y composición funcional del horizonte superficial del suelo bajo la presión del pastoreo tiene consecuencias directas en la regulación del microclima, y es probable que influya en otros procesos del ecosistema como la fijación de CO<sub>2</sub>, la protección frente a la erosión y de hábitat. En particular, la regulación del microclima puede afectar a los procesos de regeneración del alcornoque, que es una de las principales preocupaciones en los bosques gestionados.

**5 de Prado, J. G. M., & Ambrona, C. G. H. D. (2012). Reflexiones sobre las técnicas de mejora de la dehesa extremeña. Paper presented at the Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción.**

El objetivo de este estudio es presentar una reflexión sobre cuales han sido los resultados de las técnicas de mejora vegetal y la fertilización de los pastos herbáceos realizadas a partir de mediados del siglo veinte.



En cuanto a la mejora de los pastos se recomienda que la pradera sembrada se mantenga cinco o seis años, debido a que la flora natural es altamente competitiva y necesita al menos ese tiempo para que los cambios se produzcan. Se recalca asimismo la importancia de la buena implantación en el año de siembra, que deberá realizarse con una maquinaria adecuada para la preparación del terreno o para la siembra directa y preferiblemente en otoño, con una previsión adecuada de precipitaciones a corto y medio plazo. En los últimos años se está realizando exitosamente la introducción de trébol balansa (*Trifolium michelianum*) y raigrás italiano (*Lolium multiflorum*) en detrimento del trébol subterráneo. Este trébol balansa tiene una elevada producción de forraje e incrementa el nitrógeno fijado al suelo. Se recomienda alternar, en las dehesas, zonas de siembras de praderas con otras de pastos naturales fertilizados. En la actualidad, las investigaciones van en la línea de praderas polifitas, es decir con un gran número de especies y variedades. Entre las gramíneas destaca el raigrás italiano (*Lolium multiflorum*) que frena el desarrollo de gramíneas autóctonas de baja calidad y la introducción de praderas con especies perennes.

Por su parte las fertilizaciones aplicadas con superfosfato de cal (18%), aproximadamente 150 kg/ha año, aumentan entre un 30% y un 35% la comunidad de leguminosas, siempre que se acompañen de buenas condiciones meteorológicas. Con esta aplicación en la dehesa, se origina un complicado proceso que está formado por 5 fases, donde se comienza por un dominio claro de *Trifolium glomeratum* en la primera fase. Posteriormente continuando con la aplicación se observa un aumento en la proporción de las gramíneas anuales y otras leguminosas más productivas. En esta fase, el nitrógeno fijado favorece el desarrollo de las gramíneas más agresivas, fundamentalmente en otoño e invierno, que si no son consumidas rápidamente por el ganado pueden llegar a asfixiar a las leguminosas, por lo que se recomienda un adecuado pastoreo que fomente el desarrollo armónico de ambas familias. Posteriormente, se produce un incremento de las familias de leguminosas más productivas, otras nitrófilas y malas hierbas. Estos pastos tienen una productividad más estable. En la cuarta etapa, el sistema se mantiene estable con un manejo adecuado y sin necesidad de nuevas aportaciones. En esta fase el suelo alcanzaría niveles aceptables de fósforo (15-17 ppm Olsen) y de M.O (2 al 2,5%).

**6 Díaz-Ambrona, C. H., Etienne, A., & Valderrama, J. M. (2011). Producciones potenciales de herbáceas, de bellota y carga ganadera en las dehesas de Extremadura. Pastos, 38(2), 243-258.**

El artículo presenta un software denominado Modelo Dehesa que calcula diariamente la acumulación de biomasa del pasto herbáceo y del encinar, por la necesidad establecida por el RD 1469/2007, para calcular la carga ganadera máxima de cerdos ibéricos para cada explotación. Este cálculo debe basarse en criterios agronómicos, medioambientales y orográficos, identificando esas parcelas a través del SIGPAC. La simulación del programa se hace a partir de las características del arbolado, el perfil del suelo y los valores de los parámetros meteorológicos diarios. Se han calculado las producciones potenciales de herbáceas y frutos (bellotas) en las dehesas extremeñas, y la carga ganadera correspondiente en términos de cerdo ibérico, vacas y ovejas. Previamente el Modelo Dehesa ha sido validado con datos de producción herbácea y estimada de bellotas. La



producción anual media total del pasto herbáceo fue de 2.522 kg/ha año de M.S. y la producción media de bellota fue de 220 kg/ha año de materia seca. La carga ganadera media anual simulada para cerdo ibérico en montanera varió entre 0.3 y 0.8 cerdos por hectárea, con un valor medio de 0.4 cerdos por hectárea lo que supone una carga total de 399.054 cerdos en montanera. Mientras en la dehesa pastarían entre 0.1 y 0.9 vacas/ha año, con un valor medio de 0.59 lo que supone un equivalente de 584.614 vacas.

**7 Díaz-Pereira, E., Romero-Díaz, A., & de Vente, J. (2020). Sustainable grazing land management to protect ecosystem services. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 25(8), 1461-1479. doi:10.1007/s11027-020-09931-4**

La gestión sostenible de las zonas de pastoreo (SGLM en sus siglas en inglés) es crucial para prevenir la degradación de la tierra, la seguridad alimentaria y el bienestar humano, y puede contribuir a la mitigación del climático y a la adaptación al mismo. El objetivo del estudio expuesto en el artículo era evaluar el potencial de las mediciones de SGLM para proteger servicios de los ecosistemas y contribuir al desarrollo sostenible, basándose en una evaluación de 30 tecnologías SGLM en regiones semiáridas documentadas en el World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) y otras bibliografías. En primer lugar, se analizaron (i) las características y condiciones ambientales, (ii) costes y beneficios, y (iii) los impactos socioeconómicos y medioambientales de la SGLM. Basándonos en este análisis, se describe cómo el SGLM afecta a los servicios de los ecosistemas y contribuye a un desarrollo sostenible. Los resultados muestran que el SGLM representa una amplia gama de prácticas destinadas a (1) aumentar la capacidad de carga mediante la mejora de la calidad del suelo y la cantidad y el tipo de vegetación o (2) evitar el sobrepastoreo reduciendo la presión de los animales. Los impactos positivos de la SGLM contribuyen directamente a la regulación y aprovisionamiento de los servicios ecosistémicos. Por otro lado, aunque los costes de gestión relacionados con la aplicación del SGLM suelen correr a cargo de los propietarios de las fincas, los beneficios indirectos que acarrearán tienen un impacto sobre la sociedad, por lo que se requiere apoyo político y regulación específica.

**8 Fernández-Moya, J., San Miguel-Ayanz, A., Cañellas, I., & Gea-Izquierdo, G. (2011). Variability in Mediterranean annual grassland diversity driven by small-scale changes in fertility and radiation. Plant Ecology, 212(5), 865-877. doi:10.1007/s11258-010-9869-8**

Utilizando los gradientes a pequeña escala de luz y fertilidad impuestos por la presencia de árboles en dehesas, se estudiaron las diferencias en la ecología, la diversidad florística y la composición de especies de un pastizal anual, y las relaciones de las plantas con las propiedades del suelo y la radiación. Para evitar que la fuerte variabilidad intra-anual en el pastizal anual que afectara a las estimaciones de la diversidad florística global, se muestreó al menos dos veces durante el periodo de crecimiento anual. Las hierbas se configuraron claramente como respuesta al gradiente ecológico creado por la influencia del árbol. Sin embargo, al analizar relaciones específicas, sólo unas pocas especies individuales respondieron directamente a los factores de disponibilidad de luz y suelo. Entre ellas, aquellas especies consideradas "ruderales" como *Carduus tenuiflorus*, *Echium plantagineum*, *Lolium rigidum*, *Rumex bucephalophorus* y *Tolpis barbata* mostraron una clara respuesta a algunos



nutrientes y a la disponibilidad de luz, pero no mostraron ninguna relación con el contenido de N del suelo. Los resultados del estudio sugieren que las especies individuales responden a una combinación de factores ecológicos. Por lo tanto, algunas de las suposiciones generalmente aceptadas sobre la ecología de determinados taxones pueden no ser tan sencillas como se consideraba tradicionalmente.

**9 García, A. M., Fernández, P., Muñoz, M. L., & Carbonero, M. D. (2016). Gestión de los Pastos en la dehesa. Retrieved from LIFE Biodehesa**

Se trata de un manual para divulgación que contiene cuatro unidades y dos anexos. En la primera Unidad, sobre los pastos en la dehesa, se concluye que éstos son el recurso forrajero de mayor valor en la dehesa y que se caracterizan por una producción media baja (1.500 - 3500 kg MS/ha año), con una alta variación interanual y estacional. Aunque poseen una calidad media, tienen una gran resistencia a efectos como incendios, sequías, pastoreos intensos, etc. En el manual se recomienda un manejo racional del pastoreo, con cargas ajustadas a la producción y época, y unas rotaciones que proporcionen descansos al pasto para su recuperación. En ocasiones los pastos pueden mejorarse mediante fertilizaciones (cuando las leguminosas alcanzan entorno al 10-15%). En otras ocasiones (matorral invasivo, pastos de muy baja calidad, etc.), la productividad se puede mejorar con siembras de prateras forrajeras. Esta actuación requiere de precipitaciones mínimas de 400 mm y una fertilización fosfórica adicional. Este tipo de mejoras, debe ser valorada porque supone un importante coste, pero mejora sustancialmente la calidad y cantidad del pasto.

En cuanto a la segunda unidad versa sobre los pastos leñosos de la dehesa, en el que se ahonda en el papel fundamental de la vegetación leñosa en la fertilidad del suelo, el control de la erosión, el refugio para la fauna, y la producción de fruto y forrajes en épocas de escasez de pastos herbáceos. Por ello se insiste en que el manejo del pastoreo debe estar dirigido a aprovechar sus posibilidades (fresnos en las vaguadas, acebuche en las solanas o quejigos y madroños en las umbrías), además de otras especies que pueden ser introducidas como el algarrobo, el almez o la higuera.

En la Unidad 3, se describen las prácticas para los cultivos forrajeros utilizados para alimentar al ganado y controlar la invasión de matorral. Los cultivos se realizan en rotaciones más o menos largas. Recomiendan reducir al mínimo las labores de cultivo para reducir los gastos de producción y que sean una alternativa viable a los suplementos alimenticios. Asimismo, también recomiendan unos turnos de rotación razonables para permitir la pervivencia de pastos de calidad y la conservación del arbolado.

**10 Godinho, S., Surovy, P., Sousa, A., & Gil, A. (2018). Advances in remote-sensing applications in silvo-pastoral systems. *International Journal of Remote Sensing*, 39(14), 4565-4571. doi:10.1080/01431161.2018.1476012**

En el artículo se detallan los avances relacionados con las tecnologías de sensores remotos que se han aplicado en estudios silvopastorales (SPS en sus siglas en inglés) detallando los avances de cinco grandes grupos:



- Aplicaciones basadas en imágenes satelitales
- Aplicaciones aerotransportadas
- Aplicaciones basadas en UAV
- Aplicaciones de sensores de proximidad sobre el suelo
- Aplicaciones de múltiples fuentes

Lo más interesante a destacar relacionado con el manejo de los pastos es lo que describe sobre sensores de proximidad sobre el suelo, puesto que concluyeron que el uso de herramientas rápidas y eficientes asociadas con sistemas georreferenciados puede simplificar enormemente el proceso de monitoreo de pastos.

**11 Gómez-Giráldez, P. J., Aguilar, C., Caño, A. B., García-Moreno, A., & González-Dugo, M. P. (2019). Remote sensing estimation of net primary production as monitoring indicator of holm oak savanna management. *Ecological Indicators*, 106, 105526. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105526>**

Este trabajo se centra en el seguimiento de la producción de pastos mediante sensores remotos. Se ha realizado una adaptación de un modelo de eficiencia en el uso de la luz (LUE en sus siglas en inglés) utilizando datos meteorológicos e imágenes de satélite a dos escalas: Regional la zona de la dehesa de Andalucía (sur de España) con datos MODIS (producto MOD09Q1) durante los años hidrológicos 2013/2104 y 2014/2015; a escala de campo – posterior a las mejoras, utilizando los satélites SENTINEL-2 durante los años hidrológicos años 2015-2016 y 2016-2017.

La adaptación del modelo propuesto en este trabajo presta especial atención a: la interpolación espacial y temporal de las variables meteorológicas; la presencia de una cubierta de árboles como parte del ecosistema que influye en los datos espectrales y que debe ser tenida en cuenta y sustraída en consecuencia; la estimación de la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por el pasto (fPAR); y la estimación empírica de la eficiencia de uso de la luz para los pastizales naturales, utilizando mediciones de campo de la biomasa.

Los resultados obtenidos presentaron un error de alrededor del 13%, considerado adecuado para las aplicaciones abordadas en este estudio, sugiriendo que esta aproximación puede ser útil como indicador para el seguimiento de la producción primaria neta en este ecosistema.

**12 González-Dugo, M. P., Chen, X., Andreu, A., Carpintero, E., Gómez-Giraldez, P. J., Carrara, A., & Su, Z. (2021). Long-term water stress and drought assessment of Mediterranean oak savanna vegetation using thermal remote sensing. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25(2), 755-768. doi:10.5194/hess-25-755-2021**

La sequía es un peligro natural devastador que es difícil de definir, detectar y cuantificar. La mayor disponibilidad de los datos meteorológicos y de teledetección proporciona una oportunidad para desarrollar nuevos métodos para identificar las condiciones de sequía y



caracterizar cómo cambia la sequía en el espacio y el tiempo. En este trabajo, aplicamos el modelo de balance energético superficial, SEBS (Surface Energy Balance System), para el 2001-2018, para estimar la evapotranspiración y otros flujos de energía sobre la zona de la dehesa de la Península Ibérica, con una resolución temporal mensual y un tamaño de píxel de 0,05. Se observó una relación entre los flujos modelados y las medidas obtenidas durante 3 años por dos torres de intercambio gaseoso situadas en lugares representativos (RMSDD =  $21\text{Wm}^{-2}$  y  $R^2 = 0.76$  de media, para todos los flujos de energía en ambas zonas de muestreo).

En las dos zonas de muestreo la Evapotranspiración (ET) estuvo muy cercana a la precipitación total, con la excepción de algunos años más húmedos, que produjeron una alta escorrentía. El análisis de las anomalías de la relación entre la ET a la ET de referencia ó potencial (ET<sub>o</sub>) se utilizó como indicador de la sequía agrícola a escala mensual y anual. Los años hidrológicos años 2004/2005 y 2011/2012 destacaron por sus valores negativos. El primero fue el más severo de la serie con el mayor impacto observado en la cobertura vegetal y en la producción de grano. A escala mensual, este evento también fue el más largo e intenso, con valores máximos negativos en enero-febrero y abril-mayo de 2005, lo que explica su gran impacto en la producción de cereales (hasta un 45% de reducción). Durante los periodos más secos, los cambios en la cobertura del suelo de las praderas y las quercíneas permitieron analizar por separado las estrategias adoptadas por los dos estratos para hacer frente al estrés hídrico. Estos resultados indican que los periodos de sequía analizados no causaron ningún daño permanente a la vegetación de los sistemas de la dehesa. El enfoque ensayado ha resultado útil para conocer las características de los periodos de sequía sobre este ecosistema y será útil para identificar áreas de interés para futuros estudios con mayor resolución.

**13 González, F., Schanabel, S., Prieto, P., Pulido Fernández, M., & Gragera Facundo, J. (2012). Producción de los pastos en la dehesa y su relación con la precipitación y el suelo.**

El trabajo analiza la relación entre la producción de los pastos y las condiciones pluviométricas y edáficas. Los trabajos se llevaron a cabo en 10 fincas de la dehesa extremeña. La producción del pasto se determinó durante 3 años mediante el método de jaulas de exclusión. Los resultados muestran una gran variabilidad en la producción de los pastos naturales, oscilando los valores medios anuales entre 200 y 5372 kg ha<sup>-1</sup>, diferencias que están relacionadas con la variabilidad de las precipitaciones y determinadas propiedades edáficas. La precipitación anual y la suma de las registradas en otoño-invierno y las precipitaciones estacionales de invierno y primavera resultaron positivamente correlacionadas con la materia seca de pasto total y de primavera. Las correlaciones entre materia seca total, materia seca de pastos de otoño e invierno y materia seca de primavera, y determinadas propiedades edáficas, como por ejemplo los contenidos en nitrógeno total, fósforo y potasio, resultaron también altamente significativas.

**14 González López, F., & Maya Blanco, V. (2013). Los pastos y su importancia en la comunidad de Extremadura. métodos de mejora. Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades, 83.**

Los pastos ocupan en Extremadura una superficie de 2 950 698 ha, lo que representa un 70,86% de su superficie geográfica total. De estos el 32% en dehesas (1 324 685 ha). El artículo



caracteriza el medio biofísico donde se asientan (pendientes suaves, con textura franco-arenosa, ácidos, poco profundos y de escasa fertilidad) así como su, gran diversidad y su buen estado de conservación.

En el artículo se realiza una revisión de la bibliografía relacionada con la producción de materia seca (MS) de los pastos, en las que se incide sobre las grandes variaciones según zonas e interanuales, así como la relación existente entre producción de MS en primavera y las precipitaciones de invierno y primavera. Otra correlación importante es la existente entre la producción de MS anual y la precipitación media anual. En cuanto al suelo, se referencia la estrecha relación entre la producción de MS y los niveles de potasio, fósforo y nitrógeno.

Por término medio, las producciones de los pastos naturales en Extremadura oscilan entre 2031 kg MS/ha y 2390 kg MS/ha. La mejora de estos pastos, implica normalmente la puesta en práctica de forma integrada de varias acciones, con el objetivo de controlar los factores que tienen mayor incidencia sobre la productividad y calidad. En el artículo se resumen: la mejora de pastos naturales mediante manejo y mediante fertilización y manejo, y, por otro lado, la mejora de pastos mediante introducción de especies, fertilización y manejo. Los métodos de mejora a emplear van a depender de la flora existente y del potencial productivo del suelo.

#### **15 González López, F., & Maya Blanco, V. (2015). Mejora de Pastos de secano en Extremadura.**

El libro constituye una ampliación de lo abordado en la publicación anterior (González López, F., & Maya Blanco, V., 2013). En este caso, se amplían los métodos sobre mejora de pastos mediante manejo, fertilización e introducción de especies, con la técnica, la ejecución y los costes asociados.

#### **16 Hernández-Esteban, A., López-Díaz, M. L., Cáceres Y., J. E., & Moreno, G. (2017). Selección de leguminosas pratenses para la mitigación y adaptación al cambio climático en la dehesa. Paper presented at the 7º Congreso Forestal Español, Palencia, Cáceres.**

En el artículo se presenta el estudio cuyos objetivos fueron evaluar la biodiversidad de las praderas permanentes (ricas en leguminosas), valorar la cobertura, implantación y el efecto de las leguminosas implantadas en las demás especies y, por último, cuantificar el contenido de carbono en suelo y su evolución.

Los resultados fueron que el carbono en suelo se incrementa significativamente con la edad de la siembra, siendo mayor su contenido bajo copa. La presencia de leguminosas, mejora el contenido de nitrógeno del resto de especies tanto bajo copa como fuera de copas. En cuanto a la biodiversidad natural, no se ve afectada de forma significativa. Se concluye, que la implantación de praderas de leguminosas podría reducir los costes económicos y optimizar las funciones ambientales y servicios ecosistémicos de la dehesa, así como su resiliencia ante el cambio climático. Se recomiendan la utilización de especies que muestren un mejor comportamiento bajo copa como *Trifolium stellatum* y *T. incarnatum*.



**17 Iglesias, E., Báez, K., & Diaz-Ambrona, C. H. (2016). Assessing drought risk in Mediterranean Dehesa grazing lands. *Agricultural Systems*, 149, 65-74. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.07.017>**

El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto económico de la sequía en las dehesas con un sistema de ganadería extensiva y valorar el potencial de estrategias de adaptación al cambio climático como la reducción de la carga ganadera. Se desarrolla un modelo bioeconómico dinámico y estocástico para dar cuenta de las complejas relaciones climáticas, ecológicas y económicas en juego durante la sequía.

Se trabajó con las series temporales de 1999-2010 para caracterizar los patrones estacionales y evaluar el riesgo causado por los periodos de sequía. Se evaluó las consecuencias de la sequía en términos de duración, frecuencia e intensidad, encontrando que las pérdidas económicas aumentan a un ritmo creciente con las sequías de larga duración. Nuestros resultados revelan diferentes patrones entre las variables de riesgo climático y económico. El riesgo de una perturbación climática se concentra en la primavera y el comienzo del otoño, mientras que el riesgo de sufrir pérdidas económicas se produce con un retraso de 3 a 4 semanas y se prolonga en el tiempo.

Los resultados de la simulación muestran que el agricultor puede tener que afrontar pérdidas económicas anuales superiores al 22,9% con una probabilidad del 5% en el escenario actual o de referencia. Por último, se utilizó el modelo como herramienta para evaluar el potencial de estrategias de adaptación como el aumento o la reducción de la carga ganadera. En particular, encontraron que el aumento de la tasa de carga ganadera en un 20% disminuía la probabilidad de incurrir en pérdidas moderadas, del 45,0% al 40,6%. Además, también este incremento de la carga, aumentaban la probabilidad de resultados favorables, del 50,0% al 52,0%. Sin embargo, esto se produce a expensas de un aumento significativo de la probabilidad de experimentar impactos económicos severos, del 5 al 6,9%. Por el contrario, la reducción de la carga ganadera en un 20% reduce la probabilidad de sufrir impactos graves del 5% al 3,7%, pero también conlleva un aumento de la probabilidad de sufrir pérdidas moderadas y un descenso significativo de la probabilidad de experimentar un resultado favorable.

**18 Listopad, C. M. C. S., Köbel, M., Príncipe, A., Gonçalves, P., & Branquinho, C. (2018). The effect of grazing exclusion over time on structure, biodiversity, and regeneration of high nature value farmland ecosystems in Europe. *Science of The Total Environ***

Este estudio ofrece desarrolla el impacto del pastoreo en la biodiversidad composicional y estructural examinando la cronosecuencia ecológica en un sitio de investigación ecológica a largo plazo, situado en Portugal, donde la exclusión del pastoreo fue controlada durante más de 15 años. Dado que la amenaza de la intensificación persiste, incluso en áreas donde los cambios climáticos son evidentes, existe una necesidad crítica de entender si la dehesa podría recuperarse, y cómo, al eliminar la presión del pastoreo. Se evaluaron la sucesión en la diversidad estructural y composicional tras la eliminación de la presión del pastoreo en el



paisaje a los 5, 10 y 15 años después de la exclusión del ganado y se contrastaron con las parcelas actualmente pastoreadas.

Para cuantificar el impacto de la exclusión del pastoreo sobre la estructura y la regeneración natural se utilizó el índice de diversidad estructural derivado de LiDAR (LDHI), un indicador de la estructura y funcionalidad del ecosistema desarrollado por primera vez para los sistemas de bosques de pinos y pastizales. La distribución de la vegetación, especialmente la de los estratos herbáceo y arbustivo ( $>10\leq 150\text{cm}$ ), presenta cambios estadísticamente significativos.

La LDHI reproduce fielmente la biodiversidad composicional de los arbustos, con un incremento de la diversidad al aumentar los años sin pastoreo. En las condiciones climáticas actuales, tanto la regeneración de los arbustos como el establecimiento de los brinzales fueron fuertemente favorecidos por la exclusión del pastoreo, lo que tiene importantes implicaciones de gestión para la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas montados o dehesas.

**19 López-Sánchez, A., San Miguel, A., López-Carrasco, C., & Roig, S. (2013). Tree and grazing influence on herbaceous pasture diversity in the Dehesa agroforestry system. *Borgarnes***

En este trabajo se estudió el aporte arbóreo y la influencia del pastoreo sobre la diversidad alfa de los pastos en una dehesa del centro de España. Se analizaron los índices de riqueza y de Shannon-Wiener (SW) en el estrato herbáceo bajo 16 encinas (64 unidades de muestreo distribuidas en dos direcciones y en dos distancias al tronco) distribuidas en cuatro zonas diferentes de gestión del pastoreo (según especie y carga ganadera).

Se analizó la composición florística por especies o morfoespecies y la abundancia de especies para cada unidad de muestreo. Se utilizaron modelos lineales mixtos (LMM) y modelos lineales mixtos generalizados (GLMM) para estudiar las relaciones entre las medidas de diversidad alfa y los factores independientes. La influencia de las copas de los bordes mostró los valores más altos de la riqueza y del índice SW. No se encontraron diferencias significativas entre las orientaciones bajo la influencia de las copas de los árboles. La gestión del pastoreo tuvo un efecto significativo sobre las medidas de Riqueza y SW, especialmente la especie de pastoreo (vacuno u ovino). Se cuantificó y analizó preliminarmente la interacción del estrato arbóreo y la gestión del pastoreo sobre la diversidad herbácea en un año de condiciones climáticas extremas.

**20 Mann, C., & Sherren, K. (2018). Holistic Management and Adaptive Grazing: A Trainers' View. *10(6)*, 1848.**

El manejo holístico (MH) es una práctica de pastoreo que suele utilizar una rotación de alta intensidad de los animales a través de muchas zonas de pastos, que se adaptan continuamente mediante la planificación y el seguimiento intensivo.

Los autores consideran importante comprender la transmisión de estas habilidades en manejo holístico por lo que se analiza la formación en esta materia. En el estudio, se entrevistaron a veinticinco formadores de pastoreo adaptativo canadienses y estadounidenses para saber



más sobre cómo se enseñan este tipo de pensamiento sistémico y cómo reflexionan sobre sus alumnos como aprendices y potenciales usuarios de los sistemas holísticos. Todos los formadores consideran que la toma de decisiones es el componente más importante de sus clases.

Los formadores consideraron que los contenidos de esta formación incluían tanto el concepto de "paradigma" (cambiar la forma en que los participantes ven el mundo, a sí mismos o a su explotación), y contenidos relacionados con "concepto/habilidades". Los cambios de paradigma se percibieron como el mayor reto para los participantes. Los formadores tuvieron dificultades para estimar las tasas de adopción de los usuarios en materia holística, porque no existía un consenso sobre lo que constituía un usuario de MH. Se concluyó que (1) el énfasis de los formadores en los paradigmas y la toma de decisiones confirma que MH es un pensamiento sistémico en la práctica; (2) los componentes de la planificación y la toma de decisiones son distintos de los métodos de pastoreo; y (3) MH es un concepto fluido y heterogéneo que es difícil de definir y evaluar.

## **21 Martínez, T., Urquia, J., Tejerina, J., & Guerrero, A. (2014). Producción herbácea y calidad de pasto en un sistema silvopastoral adhesionado de la Sierra de Madrid. 2014-2020.**

Los tipos de pastos que se evaluaron en el estudio son principalmente xero-mesofíticos y mesofíticos pastados por vacas avileñas. Se analizaron los pastos en cuatro zonas de una finca de la Sierra de Guadarrama. Tres de ellas se pastorean de forma rotacional y la otra se emplea para la obtención de heno y posterior pastoreo otoñal e invernal. Se evaluaron la biomasa total y de los grupos funcionales (graminoides (gramíneas y ciperáceas-juncáceas), leguminosa y otras familias). La mayor cantidad de biomasa se produjo en las zonas donde abundaban los pastos mesofíticos, por el contrario, los pastos de mayor calidad (mayor contenido en proteína y menos cantidad de fibra y lignina) fueron los de las zonas donde abundaban los pastos xero-mesofíticos.

Se sugiere que, para un aprovechamiento más eficiente de los recursos, sería conveniente introducir cambios en la gestión de la explotación para evitar pérdida de calidad en diferentes comunidades herbáceas en el periodo de pastoreo.

## **22 Maya, V., López, F., & Gragera Facundo, J. (2017). Producción y calidad de mezclas forrajeras cereal-leguminosa de secano en Extremadura**

En el presente trabajo se resume un estudio que aborda la evaluación de cuatro mezclas forrajeras en diferentes estadios fenológicos y con diferentes proporciones de cereal y leguminosas: avena (*Avena sativa* L.) y veza (*Vicia sativa* L.), guisante (*Pisum sativum* L.) y triticale (x *Triticosecale* Witim).

El estudio analiza la producción (kg MS, % proteína, % cenizas, etc...) como ya se ha mencionado distintas proporciones de esas semillas y la época de recolección (al inicio y final de la floración).



En Extremadura, la producción de forrajes en la propia explotación es una práctica muy extendida cuyo objetivo es poder alimentar el ganado en épocas de escasez de pastos.

Lo más común es la mezcla de avena (*Avena sativa* L.) y veza (*Vicia sativa* L.), siendo también corriente la avena en cultivo puro. La práctica más común de conservación es el henificado, aunque el ensilado en microsilo se está extendiendo rápidamente.

Aunque existen numerosos estudios comparativos de producción y calidad de forrajes considerando el tipo de mezcla, la proporción de especies en la misma y la época de corte (Castro y Piñeiro, 1998; Suárez et al., 2002; Martínez et al., 2002; Maresma et al., 2014) hay pocos desarrollados en condiciones de secano en Extremadura.

Se concluye además lo siguiente:

- 1.- En los cortes tempranos la producción es mucho menor y la calidad es mayor que en los cortes tardíos.
- 2.- En los cortes más tempranos hay diferencias de calidad a favor de las mezclas de guisante.
- 3.- En los cortes más tardíos se observan diferencias productivas a favor de las mezclas con triticale.
- 4.- La proporción más alta de leguminosa en las mezclas puede contribuir a la mejora de calidad del forraje en los cortes tempranos, pero no en los tardíos.

**23 Moreno, G., Gonzalez-Bornay, G., Pulido, F., Lopez-Diaz, M. L., Bertomeu, M., Juárez, E., & Diaz, M. (2016). Exploring the causes of high biodiversity of Iberian dehesas: the importance of wood pastures and marginal habitats. *Agroforestry Systems*, 90(1),**

En la agricultura extensiva con bajos insumos y en sistemas agroforestales, en las fincas gestionadas es poco conocida la importancia para la biodiversidad de las zonas marginales no gestionadas que ocupan una baja proporción de la superficie de la explotación. En el estudio se analizó la importancia de los pastos abiertos y boscosos y los hábitats marginales para la riqueza de especies de dehesas en el centro-oeste de España. Se muestrearon 155 parcelas clasificadas en 9 categorías generales de hábitat: pastos de madera (n = 41 parcelas); pastos abiertos dominados por plantas anuales (n = 11), por plantas perennes (n = 15) y co-dominados por plantas anuales y plantas perennes (n = 16); matorrales (n = 19); cultivos agrícolas (n = 12); franjas herbáceas (n = 10); franjas boscosas (n = 11); y masas de agua (n = 10). En cada parcela se midió la abundancia y la riqueza de especies de cuatro grupos taxonómicos: plantas vasculares, abejas, arañas y lombrices de tierra. Se detectaron 431 especies de plantas ( $37 \pm 2,5$  CI95 en 100 m<sup>2</sup> de media), 60 especies de abejas ( $3,1 \pm 1,1$  en 600 m<sup>2</sup>), 128 especies de arañas ( $7,4 \pm 1,2$  en 1,5 m<sup>2</sup>) y 18 especies de lombrices ( $2,5 \pm 1,0$  en 0,27 m<sup>2</sup>) en 145 parcelas de muestreo. Los pastos de madera albergaban menos especies de arañas y lombrices en la parcela, pero más especies de plantas y lombrices a nivel de paisaje que las existentes en los pastos abiertos. La baja proporción de especies compartidas entre hábitats y entre parcelas dentro de cada tipo de hábitat, y la alta proporción de



especies encontradas en parcelas o hábitats únicos indican que todos los hábitats contribuyen a la biodiversidad de la finca. En general, el estudio confirma la hipótesis de que la elevada diversidad de las dehesas depende de la coexistencia en las explotaciones de un amplio mosaico de hábitats, incluidos los marginales, que parecen albergar un número desproporcionadamente alto en número de especies en comparación con su escasa extensión.

Los resultados apoyan las medidas políticas para el mantenimiento de las estructuras clave de las explotaciones, como las características lineales pequeños parches de madera/arbustos y estanques, y revelan que estas medidas no deberían aplicarse exclusivamente a sistemas agrícolas más intensivos.

**24 Murillo, M., & González, F. (2011). Gestión de la dehesa en Extremadura. Recursos pascícolas y mejoras. Pastos, 38(1), 5-17.**

Se trata de una revisión científica que aborda el estudio de los recursos fitogenéticos y la recuperación y mejora de los pastos de la dehesa.

La dehesa, ecosistema multiproductivo creado por la acción del hombre, es el modelo de explotación más recomendable en áreas donde el clima mediterráneo y los suelos pobres y poco profundos son factores limitantes para otros muchos sistemas de explotación agrícola. La larga historia de aprovechamientos de este ecosistema se ha traducido en impactos muy diversos. El manejo inapropiado, el pastoreo abusivo, las talas incontroladas y las labores agrícolas inadecuadas han sido, y son, las principales causas de degradación de los pastos de este ecosistema. La recuperación de estos pastos implica actuaciones diversas, desde la recolección y conservación de las especies vegetales autóctonas aún existentes, hasta la selección y obtención de variedades más productivas y adaptadas a las condiciones edafoclimáticas y de manejo. Los objetivos de la recuperación y mejora de los pastos de la dehesa incluyen el aumento de la producción, incremento de la calidad y persistencia en el tiempo. Las prácticas de mejora incluyen siempre el manejo racional y, dependiendo de la composición botánica del pasto y de su potencial productivo, deberá complementarse con la fertilización adecuada y, en los casos necesarios, con la introducción de leguminosas mediante siembra.

**25 Nordborg, M. (2016). Holistic management—a critical review of Allan Savory's grazing method.**

Esta publicación hace una crítica sobre la gestión holística y los estudios en los que se basan las afirmaciones del biólogo Allan Savory fundador del manejo holístico y su Instituto Savory.

Un elemento central del pastoreo holístico es la gestión holística; un marco para la toma de decisiones y una herramienta de planificación aplicada principalmente a los sistemas de pastoreo. Se basa en la fijación de objetivos globales centrados en el tipo de vida que los pastores desean tener. La gestión holística pretende utilizar los recursos disponibles localmente



para alcanzar objetivos fijados mediante la supervisión y el ajuste continuos de las operaciones. El pastoreo holístico practicado dentro de la gestión holística es un enfoque que hace que la gestión pastoral sea flexible y adaptativa.

El objetivo del estudio es revisar algunos de los fundamentos científicos de los efectos del pastoreo y la gestión holística.

Hay relativamente pocos (11) estudios revisados por pares sobre los efectos del pastoreo holístico que están "aprobados" por el Instituto Savory, es decir, incluidos en su cartera de investigación. Estos estudios muestran efectos positivos del pastoreo holístico en términos de productividad de los pastizales y del ganado y las condiciones del suelo sobre el pastoreo convencional o continuo, pero son bastante limitados, con escasez de toma de datos de campo. No son concluyentes en cuanto a las ventajas del pastoreo holístico frente al pastoreo convencional o continuo.

Está comprobado que el pastoreo excesivo y continuado, o el pastoreo incontrolado aumenta los riesgos de desertificación. Sin embargo, aunque el pastoreo en la mayoría de los casos da lugar al crecimiento de la vegetación, bajo ciertas condiciones (una larga historia evolutiva de pastoreo, una presión de pastoreo durante períodos cortos y una baja producción primaria neta) el pastoreo puede dar como resultado el crecimiento de la vegetación. También está aceptado que una mejor gestión del pastoreo puede mejorar las condiciones de muchas tierras degradadas. Según en esta revisión, el pastoreo holístico podría ser un ejemplo de buena gestión del pastoreo, pero nada sugiere que sea mejor que otros métodos de pastoreo bien gestionados.

Otro punto que se analiza es la fijación de C que supondría el manejo holístico y su influencia en la mitigación del cambio climático. El estudio afirma que una mejor gestión del pastoreo puede almacenar una media de aproximadamente 0,35 toneladas de C por hectárea y año, tasa muy inferior a la que maneja el Instituto. El potencial total de almacenamiento de carbono en los pastos no supera las 0,8 toneladas de C por ha y año, o 27.000 millones de toneladas de C a nivel mundial, según una estimación de este informe basada en hipótesis muy optimistas. Lo que supone apenas un 5% desde el inicio de la revolución industrial.

## **26 Olea, L., Poblaciones, M. J., Rodrigo, S. M., & Santamaría, O. (2013). Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades**

Se trata de un artículo que resume las conclusiones en la Revista Pastos de la reunión científica nº52 de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

La diversidad genética de los microorganismos del suelo responsables de su actividad biológica es elevada en los sistemas pastorales y depende del tipo de hábitat y de su gestión. Asimismo, también son diversos los hongos endófitos presentes en los pastos y esta diversidad está influenciada, en gran medida, por la especie hospedante presentando en general las leguminosas mayor riqueza que las gramíneas. Aunque los efectos de los hongos endófitos aún no están del todo esclarecidos, se han constatado incrementos en la concentración de



nutrientes en planta, lo que abre vías novedosas en la mejora de los pastos y de los sistemas pastorales.

Los cultivos forrajeros constituyen una piedra angular de muchos sistemas ganaderos y pastorales, permitiendo a la vez un pastoreo más extensivo en algunos espacios de la explotación y por tanto su conservación. Los trabajos encaminados a mejorar el conocimiento sobre la producción, la calidad, la adaptación a diferentes ambientes o sobre las técnicas de cultivo óptimas de especies, variedades o ecotipos de interés pastoral, ya sean tradicionales o novedosas, permiten avanzar en la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas y en el mantenimiento de los paisajes que genera esta actividad.

La inclusión de la dehesa en la Red Natura 2000 como tipo de hábitat de interés comunitario, implica su protección legal, la obligación de mantenerla en un estado de conservación favorable y la de emitir informes periódicos sobre su situación. La definición de "estado de conservación favorable" para la dehesa y su medida no son tareas sencillas. Entre los indicadores deberían contemplarse algunos que hagan referencia a la actividad ganadera y no sólo a la estructura vegetal del sistema.

El ganado constituye una potente herramienta para el control eficaz de la vegetación que debe ser considerado tanto en el mantenimiento de los sistemas forestales –como es el caso de la defensa frente a los incendios forestales mediante el pastoreo de las áreas cortafuego– como en el de los sistemas agrícolas –como el control de la vegetación herbácea en las plantaciones frutales–. La integración en estos sistemas del pastoreo reduce en muchos casos los costes de gestión.

La conservación de la cubierta vegetal y la naturaleza en su conjunto requiere la presencia de una población suficiente en el medio rural, con un nivel adecuado de servicios e ingresos.

**27 Ponti, L., Gutierrez, A. P., & Altieri, M. A. (2016). Preserving the Mediterranean Diet Through Holistic Strategies for the Conservation of Traditional Farming Systems. In M. Agnoletti & F. Emanuelli (Eds.), Biocultural Diversity in Europe (pp. 453-469).**

La dieta mediterránea se describe en el sitio web del Patrimonio Cultural de la de la Humanidad (<http://www.unesco.org/culture/ich/en/RL/00884>) como algo que abarca algo más que los alimentos de las distintas culturas. Estas dietas están integradas en paisajes bioculturales que están en peligro por los mercados globales, la agricultura industrial, las especies invasoras y el cambio climático y, sin embargo, se están llevando a cabo pocas investigaciones dirigidas a la conservación de este patrimonio agrícola mediterráneo.

El artículo realiza un modelo holístico de análisis GIS, tomando como ejemplo los cultivos de olivar, aunque menciona que este sistema de análisis debería aplicarse a todos los sistemas tradicionales de agricultura mediterránea como las dehesas o montados.

Se desarrollan los principios de los modelos demográficos con base fisiológicas (PBDM), donde la adquisición de recursos (es decir, la oferta, S) es un proceso de búsqueda impulsado por la



demanda del organismo (D), siendo la ratio  $s/D$  mayor o igual a 0. En niveles con alta disponibilidad de recursos  $S/D$  tiene a 1.

El análisis demostró que comprender las interacciones del olivo y las plagas, como la mosca del olivo, es fundamental para estimar los efectos ecológicos y bioeconómicos del cambio climático en la olivicultura de la cuenca mediterránea, y proporciona un modelo para evaluar de los impactos del clima en otros sistemas agrícolas tradicionales del Mediterráneo, como la uva, con plagas invasivas existentes y potenciales. El estudio sugiere que el calentamiento del clima podría tener un impacto mucho mayor en los sistemas de cultivo menos tolerantes al calor y a la sequía, como la uva y el trigo.

**28 Rodríguez Escribano, J., Gliga, A.-E., Martínez Llorente, J., & Díaz-Ambrona Hernández, C. G. (2012). Caracterización de la sequía en pastos anuales en dehesas. Paper presented at the Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción**

Se trata de un artículo que expone el análisis realizado sobre la caracterización de la sequía en pastos anuales de la dehesa (en 3 dehesas de distintas provincias) y su relación con el índice de vegetación (NDVI) normalizado para seguros de sequía determinado por Agroseguros.

El artículo menciona la existencia de 3 patrones de sequía: El primer caso es el más común y el que determina el comportamiento de los pastos herbáceos anuales. Se produce después del período de crecimiento más importante durante el cual el abastecimiento de agua ha sido el adecuado y termina con la senescencia de la planta. En pastos anuales, la supervivencia o persistencia de las plantas se consigue a través de la semilla. El segundo caso viene determinado por una gran incertidumbre en el comienzo de la estación lluviosa. Esa sequía inicial prolonga el estado de latencia seminal y por tanto retrasa el inicio del crecimiento que sucederá más tarde, cuando las temperaturas sean más bajas. En este caso el crecimiento inicial se retrasa, impidiendo que haya una buena otoñada, e incluso favoreciendo una mala germinación, por lo que se produce una reducción en la producción de otoño e invierno. Por último, el tercer caso es característico de muchas zonas (húmedas y semiáridas), en los que los totales de precipitación estacional pueden ser adecuados, pero la variabilidad durante la estación de crecimiento es alta. Las sequías pueden ocurrir en cualquier momento a lo largo de esta estación cuando, por otra parte, la temperatura y la radiación son propicias para el crecimiento del cultivo. La incidencia sobre el crecimiento es variable y sobre la persistencia también, dependiendo del momento en que éstas sucedan.

Se midió la producción herbácea y se caracterizó botánicamente cada zona, además se midió mensualmente la variación del contenido de agua en el suelo mediante un TDR y la precipitación. Los resultados mostraron un retardo entre la acumulación de agua en el suelo y el crecimiento del pasto, que se transfiere a las medidas del índice de vegetación por teledetección. En los dos años de estudio los periodos de sequía sucedieron al inicio de crecimiento, justo después de la sequía estacional típica del verano.



**29 Rodríguez-Escribano, J. A., Díaz-Ambrona Hernández, C. G., & Alfonso-Tarquis, A. M. (2014). Selección de índices de vegetación para la estimación de la producción herbácea en dehesas. Pastos, 44(2), 6-18.**

Este artículo publicado en la revista Pastos de la SEEP, continúa y profundiza en el estudio expuesto en la publicación anterior. El objetivo del trabajo es obtener funciones de producción de biomasa de los pastos mediante índices de vegetación que utilicen las bandas espectrales del rojo y del infrarrojo cercano. Se midió mensualmente la producción de biomasa del pasto y los índices de vegetación obtenidos del satélite DEIMOS-1 con una resolución de 22 m por 22 m. Con los datos de 2010 y 2011 se estableció la función de producción de biomasa del pasto (fresco y seco) a partir del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI), del Índice de Vegetación Renormalizado (RDVI), de la Proporción Modificada Simple (MSR) y del Índice de Proporción Simple (SR).

Fue el NDVI el índice que mejor coeficiente de determinación mostró, 0,85 y 0,89 para pasto fresco y seco respectivamente. Los datos obtenidos en 2012 y 2013 se han utilizado para validar las funciones de producción de pasto fresco y seco. El NDVI fue el que mostró la mejor relación con la cantidad de pasto en pie tanto fresco como seco. La validación de las funciones de producción, de pasto fresco y seco, ha mostrado unos coeficientes de correlación de 0,84 y 0,67 respectivamente entre los valores observados y estimados. Estos resultados sugieren que el NDVI puede ser un buen estimador de la producción de biomasa de los pastos en dehesas.

**30 Rolo, V., & Moreno, fG. (2019). Shrub encroachment and climate change increase the exposure to drought of Mediterranean wood-pastures. Science of The Total Environment, 660, 550-558. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.029>**

En el estudio expuesto se combinan mediciones de la humedad del suelo y un modelo de balance hídrico basado en procesos para evaluar el efecto de los arbustos, uno de raíz superficial y otro de raíz profunda, sobre la humedad del suelo en condiciones meteorológicas actuales (2009-2012) y el clima futuro (es decir, RCP4.5 y RCP8.5). Se midió y predijo la humedad del suelo en seis lugares, tres para cada tipo de arbustos, donde se seleccionaron dos parcelas adyacentes, una de control y otra de invasión. Durante 2009-2012, las parcelas invadidas tuvieron sequías más prolongadas (29 y 48 días más en los sitios invadidos con arbustos de raíces superficiales y arbustos poco profundos y profundos, respectivamente) y un mayor uso del agua profunda (~30%) que las parcelas de control. Según las proyecciones climáticas futuras, nuestros resultados muestran un aumento constante de la duración, un inicio más temprano de la sequía y una mayor dependencia del agua superficial con el tiempo, especialmente en el peor escenario climático. Las parcelas invadidas mostraron mayor variabilidad interanual que las parcelas de control, especialmente en las parcelas invadidas por el arbusto de raíces profundas.

Los resultados indican que la presencia de arbustos incrementa el efecto del clima. Esto sugiere un probable aumento de exposición de los pastos mediterráneos a la sequía si los procesos de invasión de arbustos persisten en un contexto de cambios climáticos en los que las sequías más tempranas y prolongadas serán más frecuentes.



**31 Sales-Baptista, E., d'Abreu, M. C., & Ferraz-de-Oliveira, M. I. (2016). Overgrazing in the Montado? The need for monitoring grazing pressure at paddock scale. *Agroforestry Systems*, 90(1), 57-68. doi:10.1007/s10457-014-9785-3**

Los montados se enfrentan actualmente a la amenaza de abandono o intensificación, y se sospecha que el sobrepastoreo contribuye a la reducción de la regeneración natural y la biodiversidad. Sin embargo, se carece de datos fiables. Para evitar los riesgos potenciales del sobrepastoreo, es esencial una gestión adaptativa y una gestión adaptable y eficaz. En el presente documento revisa las principales fuentes de complejidad para la gestión del pastoreo (variabilidad de la producción primaria - oferta, variabilidad de la demanda – búsqueda de alimentos, variabilidad de las interacciones – impactos del ganado y variabilidad de las decisiones- factores antrópicos).

El estudio defiende que, para afrontar estas variabilidades en el análisis del pastoreo y sobrepastoreo, sólo puede realizarse mediante un estrecho seguimiento a escala de parcela de pastoreo (tanto la disponibilidad de biomasa como la presencia de animales), produciendo indicadores clave para aclarar las relaciones entre el ganado y la vegetación. Dichos indicadores podrían actuar como señales de alerta.

Para realizar el seguimiento se propone la metodología WSN (mobile phones and Wireless sensor networks), utilizando fotografías geolocalizadas para evaluar la cobertura del suelo y usarse como indicador de alarma del sobrepastoreo. Su propuesta es utilizar estas imágenes junto con otros sensores de proximidad del suelo y el ganado.

**32 Santamaría Becerril, Ó., Rodrigo, S., Poblaciones Suárez-Bárcena, M. J., & Olea Márquez de Prado, L. (2014). Fertilizer application (P, K, S, Ca and Mg) on pasture in calcareous dehesas: effects on herbage yield, botanical composition and nutritive value.**

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de P, Ca, S y/o K y/o Mg a diferentes dosis sobre la composición botánica, el rendimiento de la hierba y su valor nutritivo en dehesas desarrolladas en suelos calcáreos. En dos temporadas de cultivo, 2009/10 y 2010/11, se aplicaron cinco tratamientos de fertilización en superficie una vez en otoño. Se simularon dos periodos de pastoreo cortando el pasto a mediados y a finales de primavera. El tratamiento K1, con la mayor cantidad de Ca y sin K en su composición, proporcionó mayores valores de proteína bruta en la hierba que los controles en 2009/10. Cuando se analizó el efecto de cada nutriente por separado, se registró una respuesta fuerte y altamente positiva de la aplicación de Mg sobre la producción de hierba. Una aplicación superficial de fertilizantes con 25 kg de Mg/ha en otoño pudo aumentar la producción de hierba en un 40% en las condiciones estudiadas. Sin embargo, dado que el Mg no se aplicó solo, ese incremento podría deberse a un efecto del Mg por sí mismo o a un efecto sinérgico entre el Mg y otros nutrientes aplicados. La aplicación de Ca, P y Mg también puede favorecer la producción de forraje de alta calidad al producir una mayor cobertura de leguminosas y proteína digerible.



**33 Serrano, J., Shahidian, S., Marques da Silva, J., & De Carvalho, M. (2018). A Holistic Approach to the Evaluation of the Montado Ecosystem Using Proximal Sensors. *Sensors*, 18(2). doi:10.3390/s18020570**

Los objetivos de este estudio fueron presentar varios sensores de proximidad con potencial para monitorizar variables relevantes en el complejo ecosistema de la dehesa y demostrar su aplicación en un estudio de caso diseñado para evaluar el efecto de los árboles sobre el pasto. Este trabajo utiliza datos recogidos entre marzo y junio de 2016, en el pico de producción de pastos de secano en condiciones típicas mediterráneas, en veinticuatro puntos de muestreo la mitad bajo el dosel de los árboles (UTC) y la mitad fuera del dosel de los árboles (OTC). Se establecieron correlaciones entre la biomasa de los pastos y la capacitancia medida por una sonda comercial y entre la calidad de los pastos calidad de los pastos y el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) medido por un sensor óptico activo comercial.

El uso de sensores de proximidad para controlar el contenido de humedad del suelo, la radiación fotosintéticamente activa de los pastos y la temperatura ayudó a explicar la influencia de los árboles en la productividad y la calidad de los pastos. Las correlaciones significativas y sólidas obtenidas entre la capacitancia y la biomasa de los pastos y entre el NDVI y el valor nutritivo de los pastos (en términos de proteína bruta, PC y fibra detergente neutra, FDN) pueden suponer una contribución importante a la determinación de los componentes clave de la productividad y la calidad de los pastos y la aplicación de una gestión de los pastos específica para cada lugar.

Por otro lado, el rastreo de animales demostró su potencial para una herramienta importante para entender la interacción entre varios factores y componentes que se interrelacionan en el ecosistema de la dehesa y para apoyar las decisiones de gestión del pastoreo.

**34 Serrano, J., Shahidian, S., Marques Da Silva, J., Sales-Baptista, E., Ferraz De Oliveira, I., Lopes De Castro, J., . . . Carvalho, M. d. (2018). Tree influence on soil and pasture: contribution of proximal sensing to pasture productivity and quality estim**

Los principales objetivos de este trabajo fueron (1) evaluar la influencia de los árboles en los parámetros del suelo y los pastos y (2) evaluar el uso de técnicas con sensores de proximidad que tienen potencial para monitorear aspectos relacionados con la variabilidad espacial y temporal de la productividad y calidad de los pastos en los ecosistemas de montaña.

En una finca en Portugal en octubre de 2015, se tomaron 24 muestras de suelo georreferenciadas (12 bajo copa de los árboles y 12 fuera de copa) recogidas de la capa de suelo de 0,0-0,3 m. Se analizó su textura (contenido de arena, limo y arcilla), el contenido de humedad, pH, materia orgánica, nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y manganeso (Mn).



Por otro lado, la evolución del pasto se registró en los 24 puntos de muestreo en cinco fechas de seguimiento: al final del otoño (diciembre de 2015), al final del invierno (marzo de 2016), y luego mensualmente durante la primavera de 2016 (abril, mayo y junio). Se midieron los siguientes parámetros de los pastos: índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), conductividad, temperatura, materia verde y seca, cenizas, proteína bruta (PC) y fibra en detergente neutro.

El suelo bajo el dosel de los árboles tenía niveles significativamente significativamente mayores de materia orgánica, N, P, K y Mg, y una mejor calidad de los pastos, mientras que la productividad de los pastos fue mayor fuera de las copas de los árboles.

La correlación entre las mediciones directas de los pastos y los parámetros de los sensores fue más consistente entre la conductividad y la productividad de los pastos y entre el NDVI y la proteína bruta. El uso de herramientas rápidas y eficaces asociadas a los SIG puede simplificar en gran medida el proceso de seguimiento de los pastos, que es la base para estimar la disponibilidad de alimento en el campo.

### **35 von Keyserlingk, J., de Hoop, M., Mayor, A. G., Dekker, S. C., Rietkerk, M., & Foerster, S. (2021). Resilience of vegetation to drought: Studying the effect of grazing in a Mediterranean rangeland using satellite time series. Remote Sensing of Environment**

El objetivo de este estudio fue investigar dos aspectos de la resiliencia ecológica de los pastos, a saber, la resistencia a la variabilidad climática y la recuperación de la sequía, aplicando un método de detección de cambios (Breaks For Additive Seasonal and Trend; BFAST) espacialmente en una serie temporal Landsat NDVI de 28 años en un pastizal seco del sur de Chipre.

En primer lugar, se utilizó el número de puntos de ruptura ajustados por el modelo BFAST para determinar la resistencia de la vegetación (la capacidad de soportar el cambio durante una perturbación reduce la probabilidad de desencadenar un punto de ruptura en la serie temporal). En segundo lugar, se utilizó la pendiente lineal del modelo BFAST, tras una sequía conocida, como input para modelizar y analizar la tendencia de la vegetación.

Los resultados muestran que un NDVI alto y una orientación norte (es decir, condiciones ambientales favorables) se asociaron con un sistema altamente resiliente, debido a la alta resistencia a la variabilidad climática y a la rápida recuperación tras la sequía.

Las condiciones intermedias se asociaron con una baja resistencia de la vegetación. Las condiciones desfavorables y las intensidades de pastoreo elevadas se asociaron con un estado del ecosistema sin capacidad de respuesta, caracterizado por una alta resistencia y una lenta recuperación después de un evento de sequía. Las bajas intensidades de pastoreo afectaron positivamente a la tendencia de recuperación del NDVI, pero no mejoraron la resistencia.

En las laderas del norte, la pendiente del terreno tuvo un efecto positivo en la tendencia de recuperación del NDVI, mientras que en las laderas del sur tuvo un efecto negativo. La



información satelital permite realizar estudios de resiliencia basadas en dos parámetros la resistencia y la tasa de recuperación.

### **36 Walther, D. (2012). The effect of grazing and management measures on the vegetation of a dehesa—an agro-ecosystem formed during centuries by agro-**

El capítulo 3 se comparó el pastoreo tradicional de cerdos con otros tipos de gestión con vacuno y cerdo y con el abandono. Además, se realizaron mediciones por separado en zonas altas y bajas dentro de la dehesa. Al cabo de cuatro años, el número de especies era mayor en los pastos para cerdos, seguido de los pastos para ganado y cerdos, siendo el más bajo en el barbecho. Además, la rotación de especies, que se eligió como indicador de la diversidad, fue mayor en el barbecho. Por otro lado, mientras que la composición de especies cambió con el tiempo en los dos sistemas de pastoreo, la influencia de la pendiente siguió siendo claramente visible a lo largo de los años con ambas gestiones.

El capítulo 4 trata de los efectos de los tratamientos tradicionales (quema y arado contra la invasión de arbustos) sobre la composición de las especies. Tanto en la composición de especies como el número de especies fue diferente en todas las zonas con diferente gestión. Se concluyó que la gestión tiene una gran influencia en la capacidad hídrica del suelo, así como en la composición y el número de especies. Por otro lado, especies del género *Cistus* spp. mostraron un aumento en las zonas quemadas, y quemadas y aradas en comparación con los pastos arados y únicamente pastoreados, lo que indica los problemas de gestión de invasión de estos arbustos no deseados después del fuego.

En el capítulo 5 se analizó la dispersión y posterior germinación de semilla a través de los excrementos del ganado bovino y porcino. El número de plántulas germinadas en estiércol de porcino fue un 30% menor que en el de vacuno, no obstante, en porcino se presentó una mayor variedad de especies en proporción. Se concluye asimismo que tanto el ganado vacuno como el porcino suponen un importante vector de dispersión en la dehesa.

En el capítulo 7 se analiza los efectos del fuego. Éste es conocido como un filtro en la germinación, siendo la temperatura y el humo responsables de la germinación de muchas especies. De las 27 especies germinadas tras el fuego, 9 especies mostraron una mayor tasa de germinación tras el choque térmico (por ejemplo, *Cistus ladanifer*, *Psoralea bituminosa*) y cuatro especies tras la aplicación de humo (por ejemplo, *Diptotaxis catholica*, *Sesamoides caniscens*). En conjunto, las especies probadas en este experimento mostraron una amplia respuesta a los tratamientos de calor y humo, lo que supone que, si sigue utilizando el fuego como herramienta de gestión, afectará en gran manera a la composición de las praderas.



# Resumen

## **Influencia del abandono del pastoreo sobre el estrato herbáceo y arbustivo**

Se ha evaluado el efecto del abandono de los pastos sobre la costra biológica del suelo y se ha detectado que modifica sustancialmente los grupos de líquenes existentes, siendo los más favorecidos los líquenes fruticulosos (Concostrina-Zubiri, L. et al, 2017). Los efectos sobre los líquenes inciden directamente sobre la temperatura y la capacidad de retención de agua en el suelo.

Los efectos del abandono de los pastos son también patentes sobre la producción de herbáceas. La Producción Primaria Neta (PPN) de los arbustos se incrementa, dándose un decrecimiento en la PPN herbácea, lo que dio lugar a un aumento de la PPN total, aumentando sobre todo la cobertura de la especie *Cistus ladanifer* (Castro, H., & Freitas, H. (2009). En la bibliografía consultada, se han utilizado sobre todo métodos de inventario directo sobre los pastos (cortas) para evaluar dicho abandono, pero también se han utilizado métodos más novedosos, usando Lidar terrestre y un indicador de estructura (LDHI), que reproduce los resultados de los indicadores de biodiversidad en los pastos (Listopad, C. M. C. S., et al. , 2018).

Por otro lado, la consecuencia del abandono y la presencia de arbustos magnifica el efecto del clima sobre los pastos (Rolo, V., & Moreno, fG. (2019). Esto sugiere un probable aumento de exposición de los pastos mediterráneos a la sequía si los procesos de invasión de arbustos persisten en un contexto de cambios climáticos en los que las sequías más tempranas y prolongadas serán más frecuentes.

Los arbustos pese a tener estas consecuencias negativas sobre la sequía, poseen un papel fundamental en la fertilidad del suelo, el control de la erosión, el refugio para la fauna, y la producción de fruto y forrajes en épocas de escasez de pastos herbáceos. Se recomienda que el manejo del pastoreo se dirija a aprovechar sus posibilidades (fresnos en las vaguadas, acebuche en las solanas o quejigos y madroños en las umbrías), además de otras especies que pueden ser introducidas como el algarrobo, el almez o la higuera (García, A. M., et al. 2016).

## **Efecto de las técnicas de mejora de pastos: siembras y cultivos**

Tradicionalmente se han realizado una serie de técnicas de mejora que han consistido sobre todo en siembras de pastizales y fertilizaciones o encalados. Recientemente las investigaciones van en la línea de crear praderas polifitas con un gran número de especies y variedades. Se han obtenido buenos resultados con el trébol balansa (*Trifolium michelianum*) y raigrás italiano (*Lolium multiflorum*). Se recomienda alternar estos pastizales en la dehesa con pastos naturales fertilizados (de Prado, J. G. M., & Ambrona, C. G. H. D. (2012)). Además, con la siembra de leguminosas, se incrementa significativamente la fijación de carbono en suelo (mayor bajo copa) y mejora el contenido de nitrógeno en el resto de especies, mientras que la biodiversidad no se ve afectada. Se recomiendan también la utilización de otras especies que muestren mejor comportamiento bajo copas (*Trifolium stellatum* y *T. incarnatum*) (Hernández-Esteban, A. et al, (2017) ).



En relación a los henificados en Maya, V., López, F., & Gragera Facundo, J. (2017), se detallan las implicaciones de la temporalidad de los cortes y las distintas composiciones de la siembras con su producción y calidad. En García, A. M, et al. 2016, se incide además en que los cultivos forrajeros pueden además usarse para el control de la invasión del matorral. Éstos deben realizarse en rotaciones más o menos largas. Recomiendan reducir al mínimo las labores de cultivo para reducir los gastos de producción y que sean una alternativa viable a los suplementos alimenticios. Asimismo, también recomiendan unos turnos de rotación razonables para permitir la pervivencia de pastos de calidad y la conservación del arbolado.

### **Efecto de las técnicas de mejora de pastos: fertilizaciones**

En cuanto a las fertilizaciones, se recomienda (de Prado, J. G. M., & Ambrona, C. G. H. D. , 2012 )aplicarlas con superfosfato de cal (18%), con aproximadamente 150 kg/ha año, aumentan entre un 30% y un 35% más la comunidad de leguminosas, siempre que se acompañen de buenas condiciones meteorológicas. Se ha evaluado el efecto de la aplicación de P, Ca, S y/o K y/o Mg a diferentes dosis. Cuando se analizó el efecto de cada nutriente por separado, se registró una respuesta fuerte y altamente positiva de la aplicación de Mg sobre la producción de hierba. Una aplicación superficial de fertilizantes con 25 kg de Mg/ha en otoño pudo aumentar la producción de hierba en un 40% en las condiciones estudiadas. Sin embargo, dado que el Mg no se aplicó solo, ese incremento podría deberse a un efecto del Mg por sí mismo o a un efecto sinérgico entre el Mg y otros nutrientes aplicados. La aplicación de Ca, P y Mg también puede favorecer la producción de forraje de alta calidad al producir una mayor cobertura de leguminosas y proteína digerible (Santamaría Beceril, Ó. et al., ( 2014)).

Por su parte en García, A. M., et al. , 2016, recomienda las fertilizaciones sólo cuando las leguminosas alcanzan entorno al 10-15%. Recalca que esta actuación requiere de precipitaciones mínimas de 400 mm y una fertilización fosfórica adicional. En otras ocasiones (matorral invasivo, pastos de muy baja calidad, etc.), recomienda ya la mejora con siembras de pratenses forrajeras antes mencionadas.

### **Estimación de biomasa por métodos directos y mediante indicadores de teledetección**

Existe un interés científico en evaluar la producción de biomasa herbácea. Por término medio, las producciones de los pastos naturales en Extremadura oscilan entre 2031 kg MS/ha y 2390 kg MS/ha (González López, F., & Maya Blanco, V. ,2013). Otros autores amplían los rangos de la dehesa entre 1.500 -3500 kg MS/ha año (García, A. M., et al. , 2016).

La mayor cantidad de biomasa se produce en las zonas donde abundaban los pastos mesoófiticos, por el contrario, los pastos de mayor calidad (mayor contenido en proteína y menos cantidad de fibra y lignina) fueron los de las zonas donde abundaban los pastos xero-mesofíticos (Martínez, T., Urquia, J., Tejerina, J., & Guerrero, A. (2014)).

En cuanto a las estimaciones realizadas con teledetección el índice NDVI parece ser un buen indicador, puesto que entre otros estudiados con teledetección, es el mejor para la estimación de la producción de pasto fresco y seco (En García, A. M., et al. , 2016). Se ha utilizado este índice también para estudiar los retrasos que dicha producción sufría por efectos de la sequía. Los resultados mostraron un retardo entre la acumulación de agua en



el suelo y el crecimiento del pasto, que se transfiere a las medidas del índice de vegetación por teledetección. El índice NDVI fue más consistente en las estimaciones de productividad y conductividad que para estimaciones de proteína bruta (Serrano J. et al, 2018).

### **Gestión de pastoreo**

La influencia de la gestión del pastoreo y la especie de ganado (ovino frente a vacuno por ejemplo) sobre la biodiversidad es alta (López-Sánchez, A., et. Al, 2013), lo que se traduce en medidas sobre la Riqueza y el índice SW.

Se recomienda un manejo racional del pastoreo, con cargas ajustadas a la producción y época, y unas rotaciones que proporcionen descansos al pasto para su recuperación (García, A. M., et al. , 2016 ).

### **Efectos de la sequía sobre el pasto**

Existe 3 patrones de sequía (Rodríguez Escribano, J., et al. , 2012):

- El primer caso es el más común y el que determina el comportamiento de los pastos herbáceos anuales. Se produce después del período de crecimiento más importante durante el cual el abastecimiento de agua ha sido el adecuado y termina con la senescencia de la planta. En pastos anuales, la supervivencia o persistencia de las plantas se consigue a través de la semilla.
- El segundo caso viene determinado por una gran incertidumbre en el comienzo de la estación lluviosa. Esa sequía inicial prolonga el estado de latencia seminal y por tanto retrasa el inicio del crecimiento que sucederá más tarde, cuando las temperaturas sean más bajas. En este caso el crecimiento inicial se retrasa, impidiendo que haya una buena otoñada, e incluso favoreciendo una mala germinación, por lo que se produce una reducción en la producción de otoño e invierno.
- el tercer caso es característico de muchas zonas (húmedas y semiáridas), en los que los totales de precipitación estacional pueden ser adecuados, pero la variabilidad durante la estación de crecimiento es alta. Las sequías pueden ocurrir en cualquier momento a lo largo de esta estación cuando, por otra parte, la temperatura y la radiación son propicias para el crecimiento del cultivo. La incidencia sobre el crecimiento es variable y sobre la persistencia también, dependiendo del momento en que éstas sucedan.

El régimen de precipitaciones condiciona la producción de los pastos. Tanto precipitación anual como la suma de las precipitaciones en otoño-invierno y las precipitaciones estacionales de invierno y primavera se correlacionan directamente con la materia seca de pasto total y de primavera. Las correlaciones entre materia seca total, materia seca de pastos de otoño e invierno y materia seca de primavera, y determinadas propiedades edáficas, como por ejemplo los contenidos en nitrógeno total, fósforo y potasio, resultaron también altamente significativas (González, F., et al. 2012 ). Este régimen climático tiene cada vez un mayor riesgo de una perturbaciones en primavera y el comienzo del otoño (Iglesias, E., et al, 2016). Estas perturbaciones conllevan un riesgo de sufrir pérdidas económicas que se produce con un retraso de 3 a 4 semanas y se prolongan en el tiempo.

