



Buenas Prácticas en Regeneración de Alcornocal

SUBERVIN



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA

GOBIERNO DE EXTREMADURA



Buenas Prácticas en Regeneración de Alcornocal

Autor:

ADRIÁN J. MONTERO CALVO

Colaboradores:

RAÚL LANZO PALACIOS
JOSÉ BERDÓN BERDÓN
RAMÓN SANTIAGO BELTRÁN
MÓNICA MURILLO VILANOVA

SUBERVIN
www.subervin.eu



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA

GOBIERNO DE EXTREMADURA

Primera Edición: junio 2015
© Texto: los autores
© Edición: CICYTEX-Centro de Investigaciones
Científicas y Tecnológicas de Extremadura
Diseño Gráfico: Gráficas Borame
ISBN: 978-84-606-9491-5





Indice

Introducción	7
Regeneración natural	9
Regeneración artificial	11
Material de reproducción	17
Micorrización	20
Bibliografía	34



INTRODUCCIÓN

La dehesa es un sistema arbolado que mantiene funciones económicas, sociales y ambientales que la convierten en el elemento vertebrador fundamental del mundo rural en gran parte del territorio extremeño. La principal función económica de la dehesa es la explotación ganadera que sustentó en Extremadura algo más de un millón de UGM en el año 2014. Esta vocación ganadera ha modelado su paisaje, caracterizado por especies del género *Quercus*, fundamentalmente encina y alcornoque, en espesura en el entorno de los 40 pies/ha. El ganado vacuno, ovino y porcino son los principales actores de la ganadería extremeña que, como se ha dicho, dan valor a la dehesa pero a la vez condicionan su supervivencia.

El manejo inadecuado de las cargas ganaderas y de las rotaciones de las zonas pastables imposibilitan la regeneración del arbolado, hecho que, de mantenerse, provocaría a medio largo plazo la desaparición de la dehesa tal y como la conocemos.

En el caso de las dehesas de alcornoques, es el aprovechamiento corchero el que ha dado forma al ecosistema. Son, en general, dehesas más espesas, hasta de 120 pies por hectárea, pasando la actividad ganadera a un segundo plano. La morfología del árbol en estas situaciones es también diferente de la que se ha modelado en zonas con un aprovechamiento ganadero principal. Las copas son más cerradas, con la cruz elevada propiciando la operación de saca de corcho y el aumento de la longitud de las panas.

El aprovechamiento de las leñas como fuente de generación de calor y de alimento del ganado ha sido otro de los grandes factores condicionantes de la arquitectura de los sistemas adehesados. Es fácil ver cómo el interés por recoger de los árboles más leña que la que el árbol es capaz de generar en el período comprendido entre dos podas consecutivas, ha llevado a muchos árboles a situaciones sanitarias muy precarias y con unas expectativas de supervivencia muy inferiores a los que la especie puede alcanzar.

En la actualidad, patógenos como *Phytophthora cinnamomi* condicionan la supervivencia del arbolado. Los esfuerzos hechos en los últimos años en investigación han avanzado sobre todo en la comprensión de los mecanismos de propagación del hongo, su diagnóstico y en el establecimiento de medidas de prevención. Sin embargo, se han hecho avances poco significativos en la curación de la enfermedad, debido a la complejidad del problema y a la baja capacidad de respuesta del arbolado a los tratamientos experimentados.

El papel que juega el árbol en la dehesa tiene que ver con la estabilidad de la misma, su estructura, el favorecimiento de un microclima adecuado para la producción de pastos y sostenimiento del ganado, lucha contra la erosión, mantenimiento de los ciclos del agua y nutrientes, protección, fijación de carbono y mantenimiento de reservas de alimento para ganado y fauna silvestre (Olea and Miguel-Ayanz 2006).

Desde un punto de vista medioambiental, la dehesa contribuye al aumento de la biodiversidad vegetal en regiones templadas (García del Barrio et al. 2014).

Está incluida como hábitat natural de interés comunitario en el anexo 1 de la Directiva 92/43/CEE del Consejo Europeo de conservación de hábitats, siendo el único tipo de bosque en dicho anexo, al que se le reconoce funcionalidades de pastoreo. Por otro lado, gran parte del territorio con algún tipo de protección ambiental en Extremadura, está asentado en territorio de dehesa.

La dehesa es generadora de empleo en las zonas en las que se asienta, fijando de esta manera la población rural al territorio. La ganadería, el corcho, el carbón vegetal, la caza y otros aprovechamientos secundarios generan gran cantidad de empleos directos. Los servicios asociados y la transformación y comercialización de productos multiplican y diversifican los empleos directos. Todos ellos dependen de la existencia del árbol en la dehesa.

Valorada la importancia socioeconómica y ambiental de las dehesas en general y las del alcornoque en particular se hace necesario abordar los problemas que hacen peligrar el sistema.

Este manual no es un manual de repoblaciones en el que se detallen todos los aspectos relacionados con la regeneración del alcornocal. Se ha pretendido volcar la información menos conocida sobre regeneración del alcornocal, tanto la que procede del propio CYCITEX como de otras fuentes que, por su experiencia o novedad, merecen nuestra consideración, en lo que se adaptan al Código Internacional de Prácticas Suberícolas CIPS (ICMC and DGRF 2005).



REGENERACIÓN NATURAL

El CIPS considera la regeneración natural como la mejor opción de regeneración y aumento de la producción de corcho en buena parte del área natural del alcornoque, práctica que debe fomentarse, acompañada del favorecimiento de la fauna dispersora de bellota.

La regeneración natural presenta la ventaja de que los árboles que progresan están bien adaptados a las condiciones del territorio y crean un entorno más diverso y naturalizado del alcornocal. Sin embargo, los periodos en los que se consigue la regeneración son más elevados, con el consiguiente alargamiento del periodo de acotamiento al ganado y exige una gestión más complicada.



Imagen 1 Regenerado natural de *Q. suber*.

En suelos poco degradados, con una buena cobertura arbórea, buena producción frutera y, con la ayuda de la fauna dispersora de bellotas, aparecerá al cabo del tiempo un regenerado abundante de alcornoques que formará las bases para convertirse en un alcornocal.

Existen varias estrategias para conseguir la regeneración natural:

- *Regeneración natural estricta*, que consiste en disminuir la presión ganadera en el territorio en el que se pretenda actuar y dejar que la naturaleza y el tiempo sigan su curso natural. Puede conseguirse mediante el acotamiento al ganado doméstico y la fauna cinegética o mediante el mantenimiento de islas de matorral que dificulten el acceso a las plántulas de dichos herbívoros.
- *Regeneración natural asistida*, en la que se identifican árboles de porvenir que, bien porque el matorral circundante ha permitido que se desarrollen fuera del alcance del diente de ganado y fauna o bien, que presentándose recomido por el mismo, decidimos proteger individualmente, aplicando además alguna poda de formación si es necesaria e incluso realizando cavas y desbroces puntuales alrededor del pie a proteger. En este caso el número de pies de porvenir estará limitado por el número y calidad de los pies existentes y por el presupuesto de la inversión prevista.

Hay que tener en cuenta que cuando protegemos un arbolillo o mata preexistente, realmente no vamos a saber si estamos protegiendo un brinzal o un chirpial. En el caso de ser chirpial estaremos protegiendo el brote de una raíz con una edad indeterminada que podría condicionar el futuro aprovechamiento corchero y frutero.

La realidad es que en las dehesas extremeñas de alcornoque apenas existe regeneración natural. Únicamente en aquellos lugares más inaccesibles para la acción del hombre y el ganado, se dan las condiciones para que se produzca.



Imagen 2 Protección del regenerado natural.

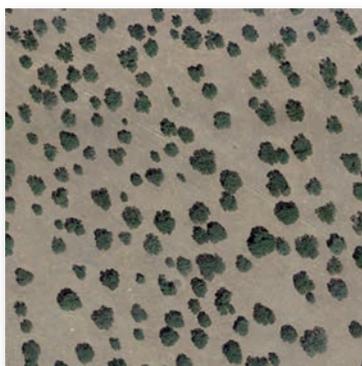
REGENERACIÓN ARTIFICIAL

Debido a las desventajas de la regeneración natural, considerando la existencia de programas de ayudas con financiación pública, que contemplan la repoblación artificial como única alternativa, es ésta la técnica que más se ha desarrollado en los últimos 20 años en Extremadura.

El CIPS, respecto a la densidad del arbolado (Imagen 3), establece que *«si el objetivo principal de gestión es el monte productor de corcho la espesura mínima deseable es el 0,6 de fracción de cabida cubierta. Si el objetivo principal de gestión es la dehesa la espesura mínima deseable es el 0,3 de fracción de cabida cubierta»*.

La fracción de cabida cubierta (FCC) es el término que se aplica a la parte de la superficie de un terreno que queda debajo de las copas del arbolado.

Por lo tanto, la primera decisión a la hora de abordar la regeneración del alcornoque es conocer el destino que se le quiere dar al territorio que ocupa. Esa es una decisión que corresponde al propietario del mismo, que tomará en función de sus intereses como empresario forestal, ganadero o agrario. Si la vocación es fundamentalmente corchera, lo cual no descarta aprovechamientos secundarios de ganado o caza, deberá tender a densidades en la madurez de unos 120 árboles en cada hectárea.



a.



b.

Imagen 3. Dehesas de alcornoque a) 30% de FCC. b) 60% de FCC

En general nos encontramos dos escenarios que van a condicionar las decisiones que vamos a tomar respecto al alcornocal que queremos y a los trabajos a realizar:

Alcornocales, con muy baja espesura y/o árboles muy envejecidos. En el lenguaje coloquial, influido por la terminología impuesta por los distintos programas de ayuda, se conocen las actuaciones para aumentar la densidad de arbolado en estas zonas como *densificaciones* (Gobierno de Extremadura 2015).

En estas superficies la densidad de plantación está condicionada por factores financieros y por razones técnicas. La densificación de una masa preexistente va a requerir varias introducciones que, en la mayoría de los casos, estarán condicionadas por la existencia de programas de ayuda. Este hecho conducirá, con el tiempo, al alcornocal a un estado de masa irregular¹, que ofrece una mejor habitación al alcornoque, probablemente mayor diversidad biológica y un incremento en la complejidad de la gestión.



Imagen 4. Densificación en dehesa mixta de alcornoque y encina.

¹ Masa irregular: aquella en la que la mayoría de los árboles pertenecen al menos a tres clases de edad bien diferenciadas.

Atendiendo al Manual de aplicación del CIPS (Instituto CMC 2007), las densidades de los alcornoques serían las que se detallan en la Tabla 2. Al igual que otros datos numéricos que se dan a lo largo de este documento, las cifras deben considerarse orientativas y deben interpretarse como órdenes de magnitud.

De esta manera, el número de árboles por hectárea presentes en una dehesa irregular de alcornoque en cualquier momento será de unos 100 árboles, con representación de todas las clases de circunferencia, algo más de la mitad de los existentes en un monte alcornocal irregular.

La primera clase, formada por los árboles con diámetros menores de 16 cm, son los árboles en regeneración y constituyen las densidades óptimas para regenerar en una densificación.



Imagen 5.
Alcornocal irregular.

Dehesa irregular de alcornoque								
<i>Intervalos de circunferencias (CAP2 en cm.)</i>								
	< 50	51-80	81-110	111-140	141-170	171-200	201-230	>230
Pies/ha	37	24	15	9	6	4	3	1
Monte alcornocal irregular								
<i>Intervalos de circunferencias (CAP en cm.)</i>								
	< 50	51-80	81-110	111-140	141-170	171-200	201-230	>230
Pies/ha	74	47	29	18	11	7	5	3

Tabla 1. Densidades ideales de los alcornoques con forma irregular. Recomendaciones del CIPS

² Circunferencia del árbol medida a 1,3 m del suelo. Literalmente Circunferencia a la Altura del Pecho.

La ejecución de densificaciones permite compatibilizar el aprovechamiento ganadero. Sin embargo la protección del arbolado tiene gran impacto económico tanto en el momento de la obra, por el coste de los elementos metálicos y su instalación, como a lo largo del periodo en el que se mantiene la protección por los costes de mantenimiento.

En este tipo de alcornocal, si atendemos a la las densidades propuestas tendremos poca capacidad de selección de pies por lo que sería aconsejable aumentar al menos un tercio las densidades del primer tramo de edad.

Alcornocales, con muy baja espesura o superficies completamente desarboladas. En estas situaciones podemos acudir a las repoblaciones forestales, también conocidas en el lenguaje de los programas de ayuda como reforestaciones.

Dehesa irregular de alcornoque									
<i>Edad en año</i>									
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	>160
Pies/ha	375-250	250-175	175-125	125-100	100-50	50-42	42-35	35-25	25-12

Monte alcornocal irregular									
<i>Edad en año</i>									
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121- 140	141-160	>160
Pies/ha	750-500	500-350	350-250	250-200	200-100	100-85	85-70	70-50	50-25

Tabla 2. Densidades ideales de los alcornocales regulares. Recomendaciones del CIPS.

En la Tabla 2 se reflejan las densidades que deberían tener las masas de alcornoque a lo largo del tiempo. La densidad de plantación en repoblaciones es uno de los aspectos que generan más controversia entre profesionales forestales y propietarios.



Imagen 6. Dehesa regular de alcornoque.

Si bien el CIPS hace las recomendaciones que se han reflejado existen numerosas experiencias que aconsejan la utilización de densidades mayores.

Algunos ejemplos de densidades estudiadas y recomendadas son:

(Oliver and García 2000) 1111p/ha (3x3m).

(Natividade 1950) 800-1000 pies en el momento del primer descorche.

(Lamey 1893) 800-1200 pies para el primer descorche.

(Pimentel 1882) 400 pies para el primer descorche.

(Montoya Oliver 1988) 1100 pies/ha (450 pies con 15 cm)

Por las experiencias disponibles, en lo que se refiere a dehesas de alcornocal, las densidades recomendadas por el CIPS son excesivamente bajas, debiendo acercarnos e incluso superar los 500 pies/ha. Ello nos permitirá, en un futuro, realizar una adecuada selección de árboles por forma y por calidad de corcho, eliminando aquellos mal formados o que en las sucesivas peladas se compruebe que tienen un corcho de mala calidad.

El coste de la eliminación de pies a lo largo de la vida del alcornocal podrá ser sufragado por el aprovechamiento de sus leñas, para su utilización en bruto, como astilla o destinado a la producción de carbón vegetal, previa extracción del corcho.

Entre las **recomendaciones generales de regeneración del alcornoque** se encuentra:

Adecuar la intensidad de las actuaciones sobre la vegetación acompañante a su estado:

- Para la eliminación de matorral con medios mecanizados es preferible el uso de desbrozadoras de martillos y, en menor medida, de cadenas en lugar de labor directa con grada de disco o teja de tractor.
- En zonas con pendientes superiores al 10% las labores no se harán a hecho sino que se ceñirán exclusivamente a las líneas de plantación y a aquellos elementos auxiliares que se necesiten para la realización de los trabajos.

Realizar preparaciones del terreno con intensidad adecuada al estado del suelo:

- Tras los distintos programas de reforestación se ha convertido en una práctica habitual la realización de gradeos y subsolados con distintas alternancias. Este sistema, que permite una adecuada preparación del terreno en la mayoría de nuestros terrenos adhesionados, se practica de forma errónea en numerosas ocasiones. El subsolado debe hacerse con más de un rejón y preferiblemente en tiempo seco, lo que hace que el terreno entre rejones se rompa, facilitando la aireación del suelo y la rotura de la suela de labor en su caso, sin invertir horizontes. El gradeo posterior, no debe ser un gradeo intenso ya que su justificación es la de desterronar el terreno tras el subsolado y facilitar la labor de la plantación, eliminando además la vegetación herbácea. La utilización de gradas pesadas debe evitarse, ya que provoca un innecesario volteo del suelo en profundidad.
- La preparación del terreno nunca deberá incluir el laboreo del mismo bajo la copa de los árboles preexistentes.
- En el caso de existir árboles de pequeño porte, con copas estrechas, antes de realizar el laboreo es conveniente realizar un desbroce manual o mecanizado con motodesbrozadora en un radio de un metro alrededor de cada pie y respetarlo en el laboreo posterior.
- Las labores se realizarán por curvas de nivel cuando la pendiente sea superior al 10%.
- En terrenos con encharcamientos prolongados es conveniente la ejecución de acaballonados con plantación directa en caballón, aunque es preferible la elección de otras especies más adaptadas a esta situación.
- En terrenos con pendiente elevada realizar acaballonados y plantación en el fondo del surco o mediante subsolado puntual o, en última instancia, con retro excavadora de pequeño tamaño. En suelos bien estructurados es preferible no usar retroexcavadora para evitar la inversión de horizontes

MATERIAL DE REPRODUCCIÓN

En regeneración de alcornocal existen dos medios fundamentales para conseguirla, la siembra directa de bellota en campo y la plantación.

En ambos casos es recomendable acudir a material de reproducción seleccionado, es decir, procedente de rodales selectos aprobados de conformidad con el Real Decreto 289/2003 (Reino de España 2003). Esta recomendación se ha hecho obligatoria en Extremadura cuando se acude a los distintos programas de ayuda a la regeneración del alcornoque.

En Extremadura los rodales selectos son certificados por el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), siguiendo, entre otros, criterios de calidad y cantidad de corcho, que deben ser superiores al de la comarca en la que habitan.



Imagen 7. Muestreo de calidad como paso previo a la declaración de Rodal Selecto.

La siembra directa es el medio menos usado en la actualidad. A ello ha contribuido la posibilidad de predación sobre la bellota, la incertidumbre en su germinación y el retraso de un año respecto a la plantación. Por otro lado presenta la ventaja de una mejor adaptación al medio en el que se asienta y una mejor conformación de las raíces. En caso de acudir a la siembra debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La bellota de alcornoque presenta una capacidad germinativa entre el 80 y el 90% por lo que hay que tener en cuenta esta circunstancia al programar las dosis de siembra.
- Una vez recogida, es conveniente no conservarla durante mucho tiempo, por su carácter recalcitrante. En caso de ser necesario se deberá conservar durante poco tiempo en ambiente frío y húmedo.
- El estado sanitario de la bellota influye de forma significativa en la germinación de la semilla, aunque las diferencias existentes entre bellotas no parasitadas y otras parasitadas, pero con embrión viable, no justificaría por sí solo el sobrecosto que supone la selección de bellota por afectación de perforadores (Branco et al. 2002). Hay trabajos que cifran el impacto de los perforadores en dehesa en un 2,5% de reducción de la capacidad de germinación de las bellotas (Leiva and Fernández-Alés 2005).

Sin embargo, el desarrollo posterior de la planta se ve muy afectado por esta circunstancia, habiéndose reportado estudios en los que la relación de tamaño, evaluada en peso de la parte aérea, es de 5:1 y de la parte radicular de casi 4:1 entre plantas procedentes de bellotas totalmente sanas y plantas procedentes de bellotas que presentan perforaciones (Branco et al. 2002).

Por lo tanto, se hace imprescindible la selección previa de bellota, desechando aquellas que presenten signos de ataque de perforadores.

- El tamaño de la bellota también influye en el desarrollo posterior de la planta. La bellota de alcornoque procedente de territorios con sequías más intensas es de mayor tamaño que la procedente de lugares con menor intensidad de la sequía. Además del aumento del tamaño se inducen a la bellota cambios fisiológicos que mejoran su tasa de supervivencia (Ramírez-Valiente et al. 2009). Ese mayor tamaño incrementa, en general, la relación entre la raíz y el tallo, permitiendo a la planta un mayor acceso al agua en profundidad.
- En ausencia de coberturas de protección, los roedores prefieren preñar bellotas pequeñas que requieren menor energía y tiempo para ser transportadas. No es así en lugares en los que se ofrece protección frente a la acción de sus predadores. En este caso, los roedores prefieren tamaños grandes, que proveen de una mayor energía al ser consumidas (Perea et al. 2011).

Los roedores juegan un papel importante como dispersores de semilla. En el Parque Nacional de Doñana se encontró que en zonas espesas, cubiertas de matorral, donde los ungulados no consumieron la bellota, el 75% de la bellota dispersada llegó a producir plántula.

En el caso de las plantaciones, la planta de alcornoque debe cumplir los requisitos impuestos por 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. Además, se requiere que el aspecto general de la planta sea robusto, sin signos de padecer enfermedades o plagas. La planta debe cultivarse en viveros inscritos en el *Registro nacional de productores de semillas y plantas de vivero*.

La calidad de la planta influye sobre todo a medio y largo plazo. En condiciones normales una planta de calidad muy superior a otra va a proporcionar mejores crecimientos. En años especialmente secos, en los que se espera gran mortandad, se podrán producir marras independientemente de la calidad de la planta; en años buenos, con lluvias otoñales y primaverales abundantes, con plantaciones hechas a principios del otoño y en igualdad del resto de condiciones, las plantas de mala calidad van a sobrevivir perfectamente al primer verano.

No existe evidencia de que la supervivencia de la planta en los primeros años dependa de aspectos morfológicos, como por ejemplo, la relación entre el diámetro de la planta y su altura, o la relación entre el volumen de la parte aérea y de la parte radical. 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.

Un aspecto discutido respecto al cultivo del alcornoque es el endurecimiento de la planta en la fase de vivero. En líneas generales consiste en someter a las plantas a uno o varios periodos de estrés que provoque una mayor lignificación del tallo y un endurecimiento de las hojas. Este aspecto ha sido estudiado en algunos ensayos, en los que no han podido constatare las ventajas de esta práctica.

MICORRIZACIÓN

La micorrización es una asociación (simbiosis) que se establece entre una planta y un hongo de manera que ambas salen beneficiadas por dicha relación.

En los trabajos de regeneración artificial, las asociaciones simbióticas entre hongos y plantas se manifiestan como importantes herramientas. La micorrización constituye una simbiosis multifuncional; moviliza nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, proporciona resistencia a las enfermedades, al estrés hídrico y a la contaminación y ofrece protección a la planta frente a patógenos (Smith and Read 2010; Viñepla et al. 2006).



Imagen 8. Planta de alcornoque micorrizada con *Pisolithus tinctorius*.

La enorme trascendencia ecológica de estas asociaciones, que permiten el sostenimiento de nuestros ecosistemas forestales, es especialmente determinante en ecosistemas mediterráneos, en los que los hongos son grandes aliados de las plantas en la superación de situaciones de estrés hídrico o de carencias nutricionales (Zhang and Zak 1998; Finlay 2008). Si a estas condiciones difíciles de supervivencia, añadimos otras circunstancias extremas, en las que han existido alteraciones de estructuras y desequilibrios en suelos, como pueden darse en trabajos de revegetación de suelos pobres o degradados, las referidas asociaciones micorrícicas pueden considerarse elementos determinantes en el éxito o fracaso de la repoblación.



A pesar de que la micorrización ha sido ampliamente utilizada en especies forestales, ha sido poco empleada en la dehesa donde, para especies como la encina o el alcornoque, se incrementarían las posibilidades de supervivencia y desarrollo en las cada vez más necesarias repoblaciones y densificaciones, encaminadas a solventar los problemas derivados de la falta de regeneración del arbolado. Todas las especies de *Quercus* estudiadas dependen de los hongos ectomicorrícicos para su normal crecimiento y supervivencia en condiciones naturales y estudios previos han mostrado que normalmente albergan una gran diversidad de estos hongos.

En áreas de dehesa es escasa la información relativa a la relación entre la presencia y distribución de hongos y la variabilidad espacial asociada a las características del suelo y a las prácticas de manejo. Sin embargo existen sendos trabajos en Extremadura y Portugal, en los que se estudian las poblaciones de hongos en general y micorrícicos en particular, en dehesas (Corcobado et al. 2014; Barrico, Rodríguez-Echeverría, and Freitas 2010). En ambos trabajos se pone de manifiesto la importancia de los hongos micorrícicos en la supervivencia de nuestras dehesas y la gran biodiversidad de las comunidades de hongos asociadas al alcornoque.

El manejo tradicional de la dehesa, con sus rotaciones de cultivo cada 9 o 10 años produce un enriquecimiento de la diversidad micorrícica. Por el contrario cuando se inunda de matorral esa biodiversidad desaparece. También se ha observado que los alcornocales que presentan poca o nula mortalidad son los que mayor diversidad micorrícica presentan.

Las especies más utilizadas en micorrización de planta de alcornoque de vivero son *Pisolithus tinctorius*, *Scleroderma polyrrhizum*, *Scleroderma verrucosum* y *Hebeloma crustuliniforme*. Se detallan a continuación sus principales características:

Pisolithus tinctorius (Pers.) Coker & Couch



Carpóforo globoso de 3 a 15 cm de diámetro. A veces posee un pie largo (puede llegar a 30 cm). Color amarillo, crema o chocolate oscuro.

Al cortar el hongo se observan compartimentos globosos o cavidades internas en la gleba denominados falsos peridiolos. Las esporas son de color marrón chocolate a ocre. El micelio es amarillo oliváceo por lo que también las ectomicorrizas poseen un brillante color amarillento muy característico.

Se considera especie heliófila. En Extremadura se dan en primavera aunque, en general, brota con mayor profusión en otoño tras fuertes lluvias. Es muy tolerante en cuanto a tipos de suelo. Juega un importante papel como potenciador de la resistencia de las plantas frente a la sequía, terrenos tóxicos como los de las explotaciones mineras, suelos contaminados por las lluvias ácidas y los vertidos y tierras estériles. Tiene una elevada capacidad para micorrizar plantas tanto jóvenes como adultas.

Scleroderma polyrhizum (J.F. Gmel.) Pers.



Su cuerpo de fructificación es globoso, de color marrón parduzco, con tamaño entre 5 y 25 cm. Al madurar se abre en forma de estrella permitiendo salir las esporas de su interior. La piel (peridio) es muy dura y gruesa. Crece semienterrado dejando grandes huecos al descomponerse. La carne es de color negruzco, consistente, con tonos morados de joven, al madurar se vuelve pulverulenta de color gris violáceo. Sus micorrizas son de color blanco. Este hongo se asocia a numerosas especies forestales, tanto de árboles como de arbustos. Así, es frecuente encontrarla en dehesas de encina y alcornoque y sus manchas de matorral asociadas. Su principal interés es el forestal, dado su potencial para micorrizar plantas jóvenes.

forestales, tanto de árboles como de arbustos. Así, es frecuente encontrarla en dehesas de encina y alcornoque y sus manchas de matorral asociadas. Su principal interés es el forestal, dado su potencial para micorrizar plantas jóvenes.

Scleroderma verrucosum (Bull.) Pers



Cuerpo globoso, achatado en la madurez, de 3 a 6 cm de diámetro y estrechado hacia la base. Peridio frágil, fino, y consistencia coriácea y dura, superficie lisa al principio y pronto finamente agrietada en finas escamas poligonales de color pardo rojizo sobre fondo amarillento. Al madurar el peridio se abre de forma irregular dejando libre la gleba, al final queda formando una copa estrellada con el margen enrollado hacia el exterior. El pie presenta en la base un pseudopie radicante y ramificado en múltiples

raicillas blanquecinas cubiertas de tierra. La carne (gleba), al madurar se vuelve pulverulenta de color pardo a grisácea. Sus micorrizas son de color blanco con abundante micelio. Crece en otoño y primavera formando grupos en dehesas de alcornoque, encina y rebollo entre otras especies. Su principal interés es el forestal, dado su potencial para micorrizar plantas jóvenes.

Hebeloma crustuliniforme (Bull. ex St. Amans.) Quéll.



Desarrolla un cuerpo fructífero con sombrero viscoso de 3-11 cm de diámetro, convexo, pronto abierto de color ocre pálido algo más oscuro por el centro. Láminas adnatas, numerosas, algo escotadas de color grisáceo y con el filo algo denticulado. En el borde de las láminas pueden observarse pequeñas gotitas que las recorren completamente. El pie de hasta 1 cm de diámetro es blanco, fibroso y finamente pruinoso con grumos harinosos en la parte superior. Tiene un olor característico a rábano y el sabor de la carne es amargo.

Sus micorrizas son de color blanco plateado muy brillante con abundante micelio que apenas deja ver las raíces. Especie muy común que aparece bajo árboles de muchas especies, entre ellas el alcornoque y en zonas de matorral formando corros o alineaciones. Su principal interés es el forestal, dado su potencial para micorrizar plantas jóvenes.

Las instalaciones óptimas para la producción de planta micorrizada de alcornoque con hongos no comestibles no difieren mucho de las de cualquier vivero forestal. Únicamente es necesario tener unas precauciones básicas para mantener las plantas en condiciones adecuadas y favorecer el adecuado desarrollo de los hongos en el sistema radical.

La colocación de las plantas debe ser elevada del suelo para evitar la entrada de otros hongos contaminantes. El óptimo es colocar los contenedores de planta en mesas de cultivo de 70 cm de alto. El suelo hormigonado evita contaminaciones y suciedad adicional.

Es interesante contar con un sistema que permita colocar un umbráculo en los meses de mayor insolación.

El momento en que la planta está preparada para la micorrización es uno de los puntos más críticos para la aplicación del inóculo. El sistema radical debe tener formadas una buena cantidad de raíces secundarias micorrizables. Esto ocurre normalmente entre 3 y 4 meses desde la siembra, dependiendo este dato de la especie de planta a micorrizar (el género *Quercus* puede tardar algo más).



Imagen 9. Inoculación de hongos micorrícicos.

Realizar una inoculación temprana supone asumir una posible pérdida de inóculo debido a que éste no encuentre un sistema radical al que asociarse.

Algunos autores prefieren que exista inóculo en el momento en el que las raíces colonizan el sustrato. Por tanto, puede ser adecuado hacer una inoculación en el sustrato antes de realizar el llenado de los contenedores. Por otra parte, realizar una inoculación tardía permite la entrada de hongos contaminantes al sistema radical antes que el hongo deseado, por lo que en el momento de la inoculación una parte del sistema radical micorrizable ya podría estar ocupado.

Los contenedores a utilizar pueden ser desechables o reutilizables. Es fundamental que si utilizamos contenedores desechables, éstos sean nuevos o si se utilizan contenedores reutilizables hayan pasado por un proceso de desinfección con hipoclorito. El tratamiento debe ser el siguiente:

1. Limpieza del sustrato retenido con agua.
2. Inmersión de los contenedores en agua con hipoclorito durante al menos 2 minutos.
3. La concentración de hipoclorito de sodio comercial (5%) será de 2 litros de producto por cada 100 litros de agua, con lo que la disolución contendrá 1000 ppm de hipoclorito.
4. Enjuagar los contenedores con agua.

El sustrato utilizado en el vivero debe adaptarse a la producción micorrizada. Normalmente, una mezcla de turba con vermiculita o perlita, son compatibles con la formación de micorrizas. Dado que no se encuentran diferencias en el porcentaje de plantas micorrizadas debido al tipo de sustrato utilizado y que con el sustrato de turba, el contenido de potasio es significativamente mayor, se recomienda el uso del sustrato de turba, debido a las ventajas que supone el aumento de potasio sobre la planta. Para la producción de alcornoque pueden utilizarse:

- Turba rubia (80%) con un 20% de vermiculita
- Turba rubia (60%) + Turba negra (20%) + vermiculita (20%).

La aplicación de desinfectantes del suelo, tratamientos fungicidas, así como de abonos con alto contenido de fósforo, pueden afectar o inhibir el desarrollo de la micorrización.

El sistema de riego debe ser controlado de manera que el cepellón se mantenga con unos niveles de humedad moderados. Es preferible mantener un riego bajo y corregir en función del ambiente que mantener un exceso de humedad en el cepellón.

Las concentraciones de fósforo y nitrógeno en el suelo influyen directamente en el desarrollo de las micorrizas. Varios experimentos, en los que se compararon diferentes niveles de fertilización en plántulas producidas en contenedor, muestran que la formación de micorrizas está relacionada con los niveles de nitrógeno y fósforo añadidos al cultivo. Con diferentes niveles de N:P:K, en la etapa de crecimiento, los niveles de fertilización bajos en nitrógeno y fósforo, producen un mayor porcentaje de micorrización.

Para la producción de *Quercus suber*, no se realizarán abonados durante la producción, y solo se incluirá un abonado de liberación lenta en el sustrato inicial.

Las características de este abonado será el producto comercial con el menor porcentaje de fósforo posible. Se realizará una aplicación de dosis media ya que no se realizarán abonados durante la producción.

Los productos aplicables serán:

NPK: 8-5-8, Dosis: 4-5 kg por m³ de sustrato.

NPK: 15-5-8, Dosis: 4-5 kg por m³ de sustrato.

Los fungicidas afectan al hongo micorrícico y a la formación de micorrizas, por lo que puede influir en la productividad del vivero mejorándola o empeorándola. El alcornoque es moderadamente sensible a los ataques de hongos en el vivero, por lo que si es necesario el uso de fungicidas puede usarse:

- Propamocarb: Aplicación preventiva mensual a dosis recomendadas por el fabricante en cada caso.
- Thiram: Aplicación preventiva mensual a dosis recomendadas por el fabricante en cada caso.

El inóculo vendrá directamente del laboratorio con la concentración adecuada y la dosis calculada, por lo que únicamente se debe disponer del sistema de inoculación más adecuado al número de plantas que se quiera inocular.

Generalmente se utiliza una concentración de entre 5×10^5 y 5×10^6 esporas/ml, dependiendo de la dosis de riego, esto es, del número de ml a dispensar por planta. Para las plantas de *Quercus suber a micorrizar con Pisolithus tinctorius, Hebeloma sp.* y *Scleroderma sp.* se prepararan concentraciones de 1×10^6 esporas/ml. En el caso de que se inoculen con el agua de riego es conveniente subir hasta 5×10^6 esporas/ml.

Para una pequeña cantidad de plantas, la inoculación puede realizarse con un dosificador ajustable a la dosis calculada, o mediante el uso de un vaso de volumen conocido. Si se quieren inocular un número moderado de planta, se puede utilizar una regadera, aunque en este caso la dosis no es controlable ya que la aplicación se hace a mano.

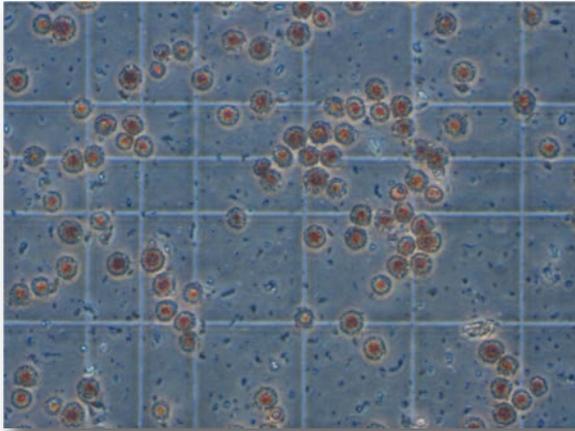


Imagen 10. Esporas de *Pisolithus tinctorius*.

Para grandes producciones, lo más adecuado es la aplicación con el sistema de fertirrigación del vivero. De esta manera se utiliza el sistema de riego existente. Para el cálculo de la dosis aplicada es necesario colocar de forma aleatoria una serie de pluviómetros que nos permitan conocer el volumen de agua aplicado y, además, poder analizar las muestras de agua recogida para corroborar el nº de esporas/ml aplicado.

Una variable fundamental a tener en cuenta a la hora de la inoculación, es la humedad existente en el cepellón de la planta. Se recomienda realizar la inoculación en sustitución de un riego habitual, es decir, en un momento en el que el cepellón está más o menos seco. Por otra parte, se recomienda no regar en los 2 días posteriores a la inoculación, o hacerlo con riegos de poco volumen, con el fin de evitar el lavado de esporas hacia el exterior del contenedor.

El calendario más adecuado para la inoculación con hongos ectomicorrícicos no comestibles es realizar la inoculación en primavera y la evaluación de la micorrización en otoño, antes de que la planta sea vendida o plantada. La época puede estar afectada por la época de lluvias, que en cultivos sin cubierta puede producir un lavado de las esporas.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		Inoculación								Evaluación de la Micorrización	

Tabla 3. Ciclo de la micorrización en vivero.

La inoculación con riego esporal es recomendable repetirla 1 o 2 veces más con una separación en el tiempo de aproximadamente 15 días.

Protectores contra insolación.

La colocación de protectores contra insolación es una práctica muy extendida en repoblaciones de alcornoque. Su utilidad radica en mantener un ambiente menos agresivo para la planta en la atmósfera que la rodea, evitando temperaturas extremas y protegiéndola del ataque de herbívoros.

Su utilización masiva comenzó con los programas de reforestación de tierras agrarias, con una tipología muy variada pero que puede agruparse en tres clases principales y tres tamaños. Atendiendo a su aireación son lisos, sin ninguna ventilación, microperforados, con pequeñas puntaduras o de malla, que permiten una mayor aireación. Entre los tamaños los más habituales son de 60 cm, destinados a evitar el diente de roedores, 120 cm, instalados sobre todo en zonas de ovino y por último de 180 cm, que se han instalado fundamentalmente en densificaciones de fincas con ganado vacuno o caza mayor.

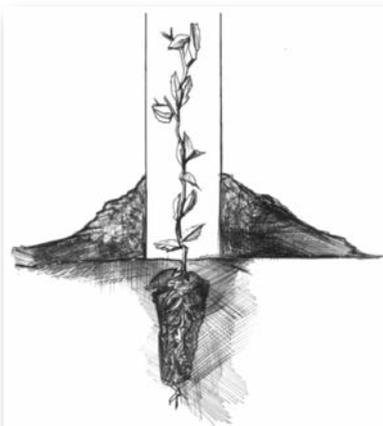


Imagen 11. Colocación correcta de un protector

Es conocido que el primer año de la plantación las plantas sin protección sufren menor estrés hídrico que las plantas con protección y que los crecimientos son en general mejores en protectores no ventilados durante el primer año igualándose al segundo año.

En años posteriores la situación se revierte a favor de las plantas protegidas mejorando el comportamiento con protectores con mayor grado de ventilación. Asimismo las plantas con protectores no ventilados tienen mayor tendencia a curvarse una vez eliminado. Por otro lado los crecimientos son superiores en plantas con protectores de 120 cm que de 180 cm, probablemente debido a un mayor desarrollo del sistema radicular.

Sin embargo los protectores inducen algunos efectos negativos. En zonas especialmente ventosas las perforaciones practicadas en los protectores inducen una corriente de aire que puede desecar de forma terminal a la planta. En sitios muy expuestos, de gran insolación y con temperaturas elevadas, la temperatura interior del protector puede elevarse muy por encima de la temperatura del ambiente que la rodea.

La mejor opción en estudios existentes para alcornoque y atendiendo únicamente al desarrollo de la planta, sin considerar la acción de los herbívoros de la zona es la del uso de protectores de 120 cm ventilados. Esta opción forma árboles con un buen balance entre diámetro y altura, son fáciles de colocar y en el tiempo transcurrido desde la plantación hasta que ocurre el crecimiento por encima del protector, la planta se ha aclimatado perfectamente al medio en el que crece.

Protectores para ganado.

En las densificaciones, para garantizar el éxito de la regeneración hay que asegurarse de que el ganado presente en la finca no va a afectar negativamente al desarrollo de las plantas, tanto si procede de implantación artificial como si son matas preexistentes. Por ello se hace necesario el uso de jaulones que pongan a la planta a salvo del diente del ganado y que permitan la compatibilidad con el uso ganadero.

Existen modelos de jaulones que cumplen perfectamente la función de protección, pero su elevado precio hace que sea necesario investigar nuevos modelos que permitan asegurar la protección de la planta y reduzcan el precio de manera considerable. El tipo básico de jaulón que se viene usando corresponde al siguiente esquema y presenta en campo una eficacia del 80%.

Jaulón tipo O

Se trata de un jaulón con una altura total de 200 cm y un diámetro de 60 cm, compuesto por tres tutores metálicos que soportan una malla electrosoldada acerada con 5x5 cm de luz y grosor de 3 mm.

Tutores

Número: 3

Tipo: Metálico, redondo, corrugado.

Diámetro: 16 mm.

Longitud: 250 cm.

Enterrado: 50 cm.

Malla

Altura: 200 cm.

Diámetro: 51 cm.

Desarrollo: 160 cm.

Tipo: Malla electrosoldada galvanizada.

Luz: 5x5 cm.

Diámetro del alambre: 3 mm.

Sujeción al tutor: Alambre galvanizado.

Refuerzos

Posición: 45 cm – 145 cm

Tipo: Acero corrugado de 6 mm

Precio del material por unidad de jaulón:

19,80€.



Desde el año 2012 CICYTEX a través de su centro Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal, ha desarrollado nuevos tipos de jaulón que permiten reducir los costes del mismo, manteniendo la necesaria función de protección. De entre todas las propuestas realizadas se han seleccionado dos para mostrar en este manual.

Jaulón tipo G

Se trata de un jaulón con una altura total de 200 cm, de sección triangular de 18 cm de lado, compuesto por tres tutores metálicos que soportan una malla electrosoldada acerada con 5x5 cm de luz y grosor de 3 mm.

Tutores

Número: 3
Tipo: Metálico, redondo, corrugado.
Diámetro: 12 mm.
Longitud: 150 cm.
Enterrado: 35 cm.

Malla

Altura: 200 cm.
Desarrollo: 53 cm.
Tipo: Malla electrosoldada galvanizada.
Luz: 5x5 cm
Luz superior: 5x5 cm.
Diámetro del alambre: 3 mm.
Sujeción al tutor: Alambre galvanizado.

Refuerzos

Posición: 110 cm
Tipo: Acero corrugado de 6 mm
Precio del material por unidad de jaulón: 5,76€.



El jaulón tipo G presenta una eficacia del 90%. Presenta la ventaja de que el mantenimiento, si es necesario, puede ejecutarse sin levantar el protector, con el consecuente abaratamiento de costes. Los protectores contra insolación de 180 cm producen árboles muy ahilados, si decidimos eliminarlo antes del que el propio árbol lo rompa, el jaulón hará funciones de sostén, manteniendo la verticalidad del alcornoque hasta que desarrolle el diámetro suficiente.

Este tipo de jaulón es muy adecuado para fincas en las que la fauna cinegética comprometa el futuro de la densificación.

Jaulón tipo A2

Se trata de un jaulón con una altura total de 1,70 cm, de sección triangular de 53 cm de lado, compuesto por tres tutores metálicos que soportan una malla electrosoldada acerada con 5x5 cm de luz y grosor de 3 mm. La parte inferior está elevada 20 cm de tal manera que puede accederse para realizar un descolinado si fuera necesario.

Tutores

Número: 3

Tipo: Metálico, redondo, corrugado.

Diámetro: 12 mm.

Longitud: 200 cm.

Enterrado: 50 cm.

Malla

Altura: 150 cm.

Desarrollo: 160 cm.

Tipo: Malla electrosoldada galvanizada.

Luz: 5x5 cm

Luz superior: 5x5 cm.

Diámetro del alambre: 3 mm.

Sujeción al tutor: Alambre galvanizado.

Refuerzos

Posición: 115 cm

Tipo: Acero corrugado de 6 mm

Precio del material por unidad de jaulón:

11,29€.



El jaulón tipo A2 presenta una eficacia del 80 % y está especialmente indicado para su uso en fincas con ganado vacuno. Exige la colocación de un protector contra insolación para evitar la acción del ganado vacuno con lengua sobre la planta.

Estos jaulones podrían aceptar variaciones que, casi con seguridad, mantendrían su función de protección y abaratarían aún más sus costes. Algunas de estas variaciones sería la utilización de malla electrosoldada con diámetro de alambre de 2,4 mm o incluso 2 mm, acerada y luces de malla de 5x10 cm o incluso 10x10 cm.

En Extremadura, el último Decreto de ayudas (Junta de Extremadura 2013) que financiaba la colocación de jaulones en la densificaciones, contemplaba la unidad de obra completa entre 31,95€ y 37,33€, incluyendo planta, protector contra insolación, jaulón, planta, preparación del terreno y mano de obra. El precio de la planta de vivero de alcornoque a la fecha de redacción de este manual varía entre 0,30 € y 0,40€, por lo tanto, alrededor del 1% del coste total de la unidad de obra.

Siendo la planta de alcornoque la pieza fundamental de la densificación debemos ajustar el impacto económico del resto de los componentes del precio de cada unidad de obra, de manera que, con la misma inversión total seamos capaces de colocar mucha más planta. En la cantidad y calidad de planta instalada reside el éxito de la densificación y la capacidad de seleccionar en el futuro los mejores árboles.

BIBLIOGRAFÍA

Barrico, Lurdes, Susana Rodríguez-Echeverría, and Helena Freitas. 2010. "Diversity of Soil Basidiomycete Communities Associated with *Quercus Suber* L. in Portuguese Montados." *European Journal of Soil Biology* 46 (5). Elsevier Masson SAS: 280–87. doi:10.1016/j.ejsobi.2010.05.001. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1164556310000294>.

Branco, Manuela, Carmen Branco, Hachemi Merouani, and Maria Helena Almeida. 2002. "Germination Success, Survival and Seedling Vigour of *Quercus Suber* Acorns in Relation to Insect Damage." *Forest Ecology and Management* 166: 159–64. doi:10.1016/S0378-1127(01)00669-7.

Corcobado, Tamara, María Vivas, Gerardo Moreno, and Alejandro Solla. 2014. "Ectomycorrhizal Symbiosis in Declining and Non-Declining *Quercus Ilex* Trees Infected with or Free of *Phytophthora Cinnamomi*." *Forest Ecology and Management* 324. Elsevier B.V.: 72–80. doi:10.1016/j.foreco.2014.03.040. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.040>.

Finlay, Roger D. 2008. "Ecological Aspects of Mycorrhizal Symbiosis: With Special Emphasis on the Functional Diversity of Interactions Involving the Extraradical Mycelium." *Journal of Experimental Botany* 59 (5): 1115–26. doi:10.1093/jxb/ern059. <http://jxb.oxfordjournals.org/content/59/5/1115.short>.

García del Barrio, José M., Rafael Alonso Ponce, Raquel Benavides, and Sonia Roig. 2014. "Species Richness and Similarity of Vascular Plants in the Spanish Dehesas at Two Spatial Scales." *Forest Systems* 23 (1): 111–19. doi:10.5424/fs/2014231-04521.

Gobierno de Extremadura. 2015. *Ley Agraria de Extremadura. Diario Oficial de Extremadura*.

ICMC, and DGRF. 2005. "Código Internacional de Prácticas Suberícolas." Mérida y Évora, Spain, Portugal: Proyecto SUBERNOVA (INTERREG IIIA, FEDER).

Instituto CMC. 2007. "SUBERCODE: Manual de Aplicación Del CIPS." Mérida: Unpublished.

Junta de Extremadura. 2013. *Decreto 22/2013, de 5 de Marzo, Por El Que Se Establecen Las Bases Reguladoras de Las Subvenciones a La Regeneración y Otras Mejoras En Terrenos Adehesados*. Diario Oficial de Extremadura. Extremadura (España).

Lamey, A. 1893. *Le Chêne-Liège: Sa Culture et Son Exploitation*. Berger-Levrault et cie. <https://books.google.com/books?id=YsceAAAAIAAJ&pgis=1>.

Leiva, M. J., and Rocío Fernández-Alés. 2005. "Holm-Oak (*Quercus Ilex* Subsp. *Ballota*) Acorns Infestation by Insects in Mediterranean Dehesas and Shrublands: Its Effect on Acorn Germination and Seedling Emergence." *Forest Ecology and Management* 212: 221–29. doi:10.1016/j.foreco.2005.03.036.

Montoya Oliver, Jose Miguel. 1988. *Los Alcornocales*. Min. de Agr., Pesca Y Alim. Madrid.

Natividade, Joaquim Vieira. 1950. *Subericultura*. Ministerio de Economía, Dirección general de los Servicios Agrícolas y Forestales. http://books.google.com/books?id=0_AGAQAAIAAJ&pgis=1.

Olea, L, and a San Miguel-Ayanz. 2006. "The Spanish Dehesa. A Traditional Mediterranean Silvopastoral System Linking Production and Nature Conservation." *21st General Meeting of the European Grassland Federation*, no. April: 1–15.

Oliver, José Miguel Montoya, and Marisa Mesón García. 2000. *Guía Práctica Del Alcornocal*.

Perea, Ramón, Rocío González, Alfonso San Miguel, and Luis Gil. 2011. "Moonlight and Shelter Cause Differential Seed Selection and Removal by Rodents." *Animal Behaviour* 82 (4). Elsevier Ltd: 717–23. doi:10.1016/j.anbehav.2011.07.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.07.001>.

Pimentel, Carlos Augusto de Sousa. 1882. *Pinhaes, Soutos et Montados: Cultura, Tratamento E Exploração D'estas Mattas*. http://books.google.es/books/about/Pinhaes_soutos_et_montados.html?id=JDdztwAACAAJ&pgis=1.

Ramírez-Valiente, J. a., F. Valladares, L. Gil, and I. Aranda. 2009. "Population Differences in Juvenile Survival under Increasing Drought Are Mediated by Seed Size in Cork Oak (*Quercus Suber* L.)." *Forest Ecology and Management* 257: 1676–83. doi:10.1016/j.foreco.2009.01.024.

Reino de España. 2003. *Real Decreto 289/2003 de 7 de Marzo Sobre Comercialización de Los Materiales Forestales de Reproducción*. Boletín Oficial Del Estado. Vol. 58. Spain.

<http://www.boe.es/boe/dias/2003/03/08/pdfs/A09262-09299.pdf>.

Smith, Sally E., and David J. Read. 2010. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. <https://books.google.com/books?id=qLciOJaG0C4C&pgis=1>.

Viñebla, Benjamín, Roberto García-Ruiz, José Liétor, Victoria Ochoa, and José Antonio Carreira. 2006. "Soil Phosphorus Availability and Transformation Rates in Relictic Pinsapo Fir Forests from Southern Spain." *Biogeochemistry* 78 (2): 151–72. doi:10.1007/s10533-005-3698-1.

Zhang, Q., and J.C. Zak. 1998. "Potential Physiological Activities of Fungi and Bacteria in Relation to Plant Litter Decomposition along a Gap Size Gradient in a Natural Subtropical Forest." *Microbial Ecology* 35 (2): 172–79. doi:10.1007/s002489900071.

<http://link.springer.com/10.1007/s002489900071>.



Transferencia de Tecnología y Mejora de la Competitividad del Sector Corchero

SOE4/PI/E797

