



Universidad de Valladolid

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS
AGRARIAS**

Máster Oficial de Investigación en Conservación y Uso
Sostenible de Sistemas Forestales

Diversificación de masas de *Pinus halepensis*
Mill. mediante siembra directa de bellotas de
Quercus ilex L.

Alumna: Marta Manrique Cobián

Tutor: Jose Reque Kilchenmann

Cotutor: Roberto San Martín Fernández

Junio 2014

INDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	4
1. ANTECEDENTES	5
2. OBJETIVO	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1. Zona de estudio y diseño experimental.....	7
3.2. Variables.....	9
3.2.1. Variables estudiadas	10
3.3. Análisis del estadístico	12
3.3.1. Análisis del establecimiento de la plántula.....	12
3.3.2. Análisis del crecimiento en altura de la plántula	13
4. RESULTADOS	14
4.1. Establecimiento de la plántula de encina.....	14
4.1.1. Establecimiento en función de los tratamientos en los tres primeros años de vida de la planta.	14
4.1.2. Establecimiento en función de las variables microambientales para cada año de siembra	17
4.2. Crecimiento en altura de la encina	21
4.2.1. Crecimiento en altura en función del tipo de cobertura en los tres primeros años de vida de la planta.....	21
4.2.2. Crecimiento en altura en función de las variables microambientales en los tres primeros años de vida de la planta	23
5. DISCUSIÓN.....	24
6. CONCLUSIONES	27
AGRADECIMIENTOS	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28

RESUMEN

La encina se considera una de las especies más emblemáticas de la Península Ibérica, pero su escasa regeneración natural y los escasos porcentajes de éxito en las repoblaciones han suscitado la necesidad de ampliar el conocimiento sobre los factores que condicionan su establecimiento.

En este estudio se pretendió conocer cuáles son los factores que condicionan la supervivencia y crecimiento de la planta de encina en sus primeras fases de desarrollo, a través de la siembra directa de bellotas, protegidas con un protector individual de semillas.

Las características que se dan en el punto de siembra tienen una influencia sobre el establecimiento de la planta, por ello se realizaron siembras en dos tipos de superficies, una masa forestal de pino carrasco y otra desarbolada. De esta forma se analizaron los tipos de cobertura y las características microambientales que se dan en el punto de siembra, que demostraron tener una influencia significativa en el establecimiento de la encina.

ABSTRACT

'*Quercus Ilex*' is considered as one of the most representative species all over the Iberian Peninsula. Nevertheless, there are two circumstances - its difficult regrowth and the low percentage in its repopulation success, that have attracted the need to enlarge the investigation of the factors that determine its settlements.

The aim of this research was to find out the reasons that affects the survival and growth of the Holm Oak in the first stages of its growing development through the direct sowing of the acorns, covered by individual seed protectors. The features of the sowing place are determinant in the settlement of the plant. This is the reason why different sowings were made onto two kinds of surfaces – one being sowed with allepo pine already and the other with no trees at all. So, the kind of canopies and microenvironmental features on the sowing place were deduced and it could be noticed that these two factors were key aspects in the Holm Oak settlement.

1. ANTECEDENTES

Según el último informe de la IPCC, los escenarios climáticos que se prevén para el futuro muestran un menor número de precipitaciones y un aumento de las temperaturas (IPCC, 2013). Es necesario conocer como influirán estas variaciones climáticas en el regenerado natural de las masas forestales y así desarrollar planes de gestión que fomente su adaptación y supervivencia. La relación que existe entre el regenerado natural y los factores ambientales que lo provocan o reducen es poco conocida. Uno de los principales objetivos en la gestión forestal sostenible es la consecución de la regeneración natural en los sistemas forestales que permita su mantenimiento en el tiempo, así como la conservación de la variabilidad genética de las masas. El ciclo de la reproducción sexual o regeneración natural de las especies vegetales leñosas es un proceso complejo que está formado por varias etapas consecutivas y además para que se produzca, deben darse las condiciones favorables de los factores ecológicos que definen la estación de la especie.

Una parte de la superficie forestal española está representada por pinares monoespecíficos procedentes de repoblación artificial. Este tipo de masas son altamente vulnerables frente a los escenarios previstos del cambio climático (plagas, incendios, etc). Para mitigar los daños que puedan causar estos escenarios, la gestión forestal sostenible pretende transformar algunas de estas masas forestales en masas mixtas que además de ser más resistentes a estos daños, albergan mayor diversidad (Pausas *et al.* 2004, Vallejo *et al.* 2006). Esta transición es posible mediante la introducción de forma natural o artificial (en los casos en los que no exista fuente de suministro de semilla), de especies de temperamento más delicado, como la encina (*Quercus ilex* subsp *ballota* L.). De forma generalizada, el estudio sobre la regeneración artificial de la encina se ha centrado principalmente bajo condiciones de campo abierto o matorral (Gómez-Aparicio *et al.* 2008; Palacios *et al.* 2009), pero pocas investigaciones desarrollan la mejora del establecimiento de esta especie bajo arbolado, como puede ser en los pinares de repoblación (Prevosto, 2011a, 2011b). Este último aspecto, puede representar una opción de gestión muy interesante para favorecer el paso hacia masas mixtas que en este momento se ve limitado, entre otros factores, por la falta de pies de encina en el sotobosque de los pinares o pies madres de encina muy próximos a dichas masas (Zabala, 2003).

La encina se considera una de las especies más emblemáticas y representativas de la Península Ibérica. En condiciones de clima Mediterráneo, la regeneración natural de la encina se ve limitada en muchas ocasiones, tanto por factores abióticos (estrés hídrico (Villar-Salvador *et al.*, 2004 a, b), altas temperaturas, excesiva radiación (Pausas *et al.*, 2004), como por factores bióticos (depredación de las bellotas o plántulas (Pulido y Díaz, 2005)). Estas

condiciones limitan mucho la regeneración y el establecimiento de la especie y si tenemos en cuenta los escenarios previstos por el cambio climático, con altas probabilidades de sequía extrema, la situación empeora. Tanto las circunstancias actuales como las futuras, generan la necesidad de profundizar en el estudio sobre la regeneración de esta especie y su aplicación en los programas de restauración forestal, mejorando las técnicas y procesos que deben aplicarse en nuestros montes para conseguir mayores porcentajes de éxito. Los resultados obtenidos hasta la fecha demuestran que las quercíneas presentan un mayor número de marras y un crecimiento más ralentizado que otras especies forestales (Ocaña *et al.*, 1996)

Actualmente, los programas de restauración forestal suelen promover la regeneración artificial de esta especie mediante el uso de plántulas procedentes de viveros forestales protegidos con malla comercial o tubos protectores. La técnica de implantación por siembra directa generalmente se desestima debido a las altas tasas de depredación por parte de los mamíferos, principalmente corzos, jabalíes, conejos y roedores, que comen la bellota y limitan el regenerado. Pero solventando el problema de la depredación, la siembra directa de semillas posee una serie de beneficios frente a la plantación, que puede aportar buenos resultados para la regeneración de la encina en los montes mediterráneos. A través de la regeneración sexual, la bellota, es el único mecanismo efectivo de reclutamiento de nuevos individuos y permite el mantenimiento de la variabilidad genética (García *et al.*, 2006), por lo que la implantación de semillas en el terreno puede aumentar la persistencia de las poblaciones en el tiempo. Además, las plántulas procedentes de siembra generan un sistema radicular pivotante muy profundo, que le aporta una ventaja para afrontar las condiciones de sequía típicas del clima mediterráneo. De esta forma, se aumentan las probabilidades de su establecimiento en campo (Allen *et al.*, 2004), que generalmente están condicionadas por las primeras fases de desarrollo de la planta. Asimismo, la siembra puede ser una herramienta de control en la introducción de patógenos en los montes, que frecuentemente proceden de los viveros forestales (Gadgil *et al.* 2000). Por último, un factor a tener en cuenta es que la siembra es más económica que otras técnicas comúnmente empleadas (Willoughby *et al.*, 2004). Además, reforestaciones realizadas en Norteamérica bajo condiciones de clima mediterráneo tendieron a dar mejores resultados que la plantación (McCrerary, 1995).

Hace falta, por lo tanto, profundizar más en el estudio sobre el método de implantación de siembra directa de bellotas, así como ampliar el conocimiento relativo de las condiciones facilitadoras para la supervivencia de los brinzales de encina en nuestros montes.

2. OBJETIVO

El establecimiento de la encina está influenciado por las condiciones macroambientales que posee el punto de implantación, pero a su vez el micrositio tiene una importancia relevante en la supervivencia y desarrollo de la encina en sus estados juveniles. Por ello, se analizaron tanto las condiciones macroambientales de una superficie forestal y de una superficie desarbolada, como las condiciones de micrositio que se crean bajo arbolado en el punto de siembra para ver la influencia en el establecimiento de la especie.

Este estudio se realizó a través del protector A01G13/02 que impide la depredación de bellotas y plántulas y permite la regeneración de la encina mediante siembra directa en ambas superficies de estudio.

El objetivo principal de este estudio fue:

- Comprobar si el tipo de cobertura y las características del micrositio tienen influencia sobre la supervivencia y el crecimiento en altura de una planta de encina.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio y diseño experimental

La zona de estudio se sitúa en la provincia de Palencia (41 ° 53'0 .09 "N, 4 ° 36'1 .31" W y 41 ° 59'24 .03 " N, 4 ° 28'57 .62" W). El periodo de estudio estuvo comprendido entre octubre de 2010 y octubre de 2013. El clima es mediterráneo continental con una temperatura media anual es de 12.2 ° C y la precipitación media anual de 450 mm. Existe un periodo de sequía estival pronunciado, con un periodo seco de 4 – 5 meses con < 18% de precipitación anual. (aemet). El suelo que predomina en esta zona es Haplic Regosol (RGha).

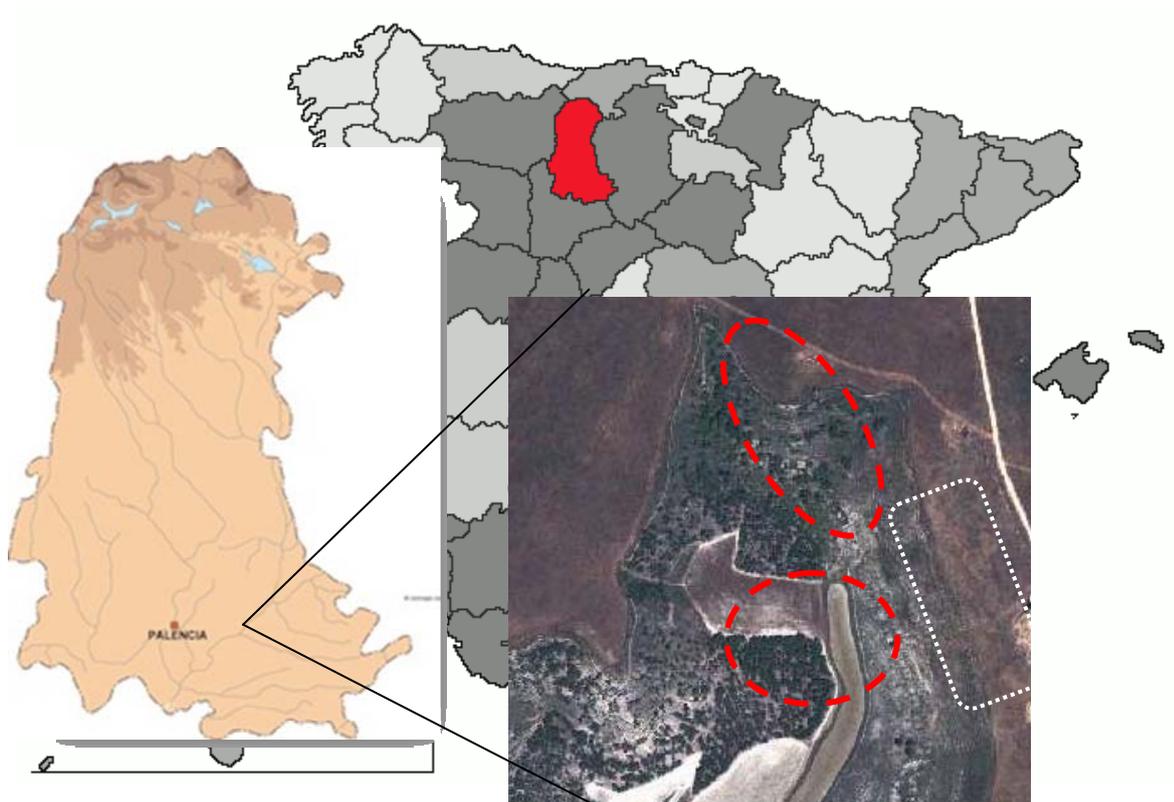


Figura 1: Localización de la zona de estudio y definición de los macroambientes considerados en el estudio. En rojo, las superficies arboladas de *Pinus halepensis* y en blanco la superficies sin vegetación arbórea.

En esta zona de estudio se definieron dos macroambientes diferentes, una superficie forestal y otra superficie desarbolada, en los cuales se aplicó la técnica de siembra directa de bellotas de encina con un protector de semillas. Estos macroambientes se localizan a una altitud de 780 m.s.n.m. (Figura1). A continuación, se describen las características principales de cada macroambiente

- **Macroambiente forestal:** Corresponde a una masa repoblada de *Pinus halepensis* de 45 años de edad, donde la reposición de marras se efectuó con *Pinus pinea* L.. La Fracción de Cabida Cubierta (FCC) de toda la masa es del 50-60 %, aunque a nivel de micrositio se observan ciertas diferencias. La vegetación del sotobosque es escasa, y está principalmente formada por vegetación leñosa y herbácea, con especies como tomillo (*Thymus vulgaris* L.), Hierba pincel, (*Stachelina dubia* L.) o Carrasquilla (*Lithodora fruticosa* (L.) Griseb).
- **Macroambiente desarbolado:** El único tipo de vegetación predominante es herbácea y tiene una cobertura de menos del 50%. La ausencia de arbolado en esta zona se debe a un incendio ocurrido en 2002. Posteriormente fue repoblada en 2003 con *Pinus pinea* (75 %) y *Quercus ilex* (25 %), aunque los porcentajes de éxito fueron escasos para ambas especies y esta superficie carece de vegetación arbórea en la actualidad.

La siembra se realizó manualmente colocando dos bellotas de encina en un protector

de semillas que impide la depredación de bellotas y plántulas por parte de los mamíferos, tanto roedores como ungulados (Patente A01G13/02, <http://patentados.com/patente/protector-semillas-siembra-trabajos-forestacion/>). Las semillas de encina no recibieron tratamientos pregerminativos o fitosanitarios previos y tampoco se realizaron riegos o control de malas hierbas sobre los puntos de siembra. El marco de implantación fue diferente para cada macroambiente, ya que se aprovecharon las preparaciones del terreno que se hicieron en el momento de las repoblaciones correspondientes. Para el macroambiente forestal, el marco de implantación fue de 25 x 25 m según la preparación del terreno realizado con banquetas con tracción animal y para el macroambiente desarbolado de 4 x 4 m aprovechando el ahoyado puntual realizado con bulldozer. La instalación del protector en el terreno fue mediante una casilla manual de 40x40 cm en cada punto de siembra.

El ensayo experimental atendió a un diseño por bloques, 6 bloques en la superficie forestal y 6 bloques en la superficie desarbolada. En cada una de estas superficies se realizaron tres siembras a finales del mes de octubre, una por cada año de estudio, en los años 2010, 2011 y 2012. En el macroambiente forestal se crearon dos bloques por año de siembra, (2 bloques en 2010, dos en 2011 y dos en 2102) y para la superficie desarbolada, 4 bloques en el primer año de siembra (2010) y 1 bloque por año en las siembras posteriores (Tabla 1). El número total de puntos de siembra de ambas superficies fue de 193 puntos, alrededor de 15 puntos de siembra por bloque, considerando cada punto como una unidad experimental individual.

3.2. Variables

Los datos disponibles para evaluar los efectos ambientales en el establecimiento y crecimiento de los brinzales de la encina consistieron en observaciones repetidas en el tiempo del mismo individuo sobre estas variables respuesta.

La primera parte del trabajo corresponde al análisis del establecimiento de la planta y la segunda parte al estudio del crecimiento en altura. En ambos casos, las mediciones se realizaron para cada uno de los tres primeros años de vida de la planta. Tanto el establecimiento de la encina como el crecimiento en altura de las plántulas se analizaron en función de: a) año en que se realiza la siembra, b) tipo de cobertura aplicado sobre el punto de siembra y c) una selección de variables microambientales (Tabla 1) que se dan en el macroambiente forestal.

La época estival es crítica para el establecimiento de la encina, por lo que tanto el establecimiento como la altura de los brinzales se analizaron en función de los datos recopilados en el mes de septiembre, al final del período de sequía de cada año correspondiente.

Cada variable respuesta tuvo un tratamiento estadístico diferente según los factores a

considerar y los objetivos deseados. A continuación, se explica detalladamente cada uno de los tratamientos estadísticos aplicados. Todos los análisis se realizaron con el programa informático SAS versión 9.2 (SAS Institute Inc., USA).

3.2.1. Variables estudiadas

- Año de siembra (A_i): Año en que se siembran las bellotas. En nuestro estudio corresponden a los años 2010, 2011 y 2012. Entre estos años de estudio existieron diferencias climáticas significativas. Se presenta un breve resumen sobre las temperaturas y precipitaciones que se registraron:

De forma generalizada, los años de estudio se consideraron de carácter cálido, siendo el 2011 un año extremadamente cálido y muy seco, con valores de las precipitaciones muy por debajo de lo normal. El verano de 2012 también se considero un trimestre muy cálido siendo uno de los veranos más cálidos de la serie histórica desde 1961. Aunque este trimestre estival fue seco, el otoño de este año fue muy húmedo en lo referente a las precipitaciones.

- Tipo de cobertura (T_j): Esta variable hace referencia al tipo de cobertura que existe sobre el punto de siembra. Se definieron 3 tipos: 1) Forestal, 2) Desarbolado con ramaje y 3) Desarbolado sin ramaje.

1) Forestal: El punto de siembra se localiza en el macroambiente forestal, por lo que la cobertura es arbolada.

2) Desarbolado con ramaje: Se colocan 2 ó 3 ramas sobre el punto de siembra. Estas ramas tienen un diámetro inferior a 5 cm y proceden de los tratamientos silvícolas de clara efectuados en la masa forestal de la zona de estudio

3) Desarbolado sin ramaje: El punto de siembra está completamente desprotegido, no tienen ningún tipo de cobertura, ni de ramas ni arbolado.

- Variables microambientales en el macroambiente forestal: En las superficies forestales, se crean unas condiciones ambientales bajo arbolado a nivel de micrositio, que tienen influencia sobre la emergencia, supervivencia y crecimiento de las plántulas de encina. En la tabla 1 se definen las variables que se han considerado en el estudio.

Tabla 1: Resumen de las variables microambientales medidas en las superficies forestales.

Variable	Definición	Aparato de medición
Cobertura de copas (Co)	Cobertura arbolada sobre punto de siembra	Densímetro esférico DSM43
Distancia (D)	Distancia al árbol más próximo al punto de siembra	Cinta métrica (m)
Diámetro (Dn)	Diámetro normal del árbol más próximo al punto de siembra	Forcípula de brazo móvil
Altura (H)	Altura total del árbol más próximo al punto de siembra	Ht: Vertex III y Transponder T3

- Tiempo de supervivencia (t_k): Tiempo transcurrido desde la siembra de las bellotas hasta la observación de la supervivencia de la plántula; la primera medición se realiza a los 12 meses de la siembra, y las siguientes mediciones son anuales, a los 24 y 36 meses. Estas mediciones se realizaron a través de un análisis visual donde se consideró plántula viva aquella que al final del verano poseía hojas verdes y vigorosas y plántula muerta aquella con síntomas de mortalidad (hojas secas, tallos finos y débiles). De esta manera se estudió la evolución de la planta desde su emergencia hasta el final del estudio (Tabla 2). Los porcentajes de supervivencia utilizados para los diferentes años de estudio se establecieron basándose en el número inicial de protectores instalados por bloque.

- Altura de la plántula (H): Altura de la yema principal a los 12, 24 y 36 meses medida con un flexómetro (cm). La serie de datos no está completa para el año de siembra 2010, únicamente se dispone de las alturas a 24 y 36 meses. El diámetro de la plántula no se tuvo en cuenta en este estudio.

Tabla 2: Resumen del diseño experimental y del tipo de cobertura en cada uno de los bloques.

Año de siembra	Tipo de cobertura	Acrónimos	Bloques
	Forestal	Fc	F1, F2
2010	Desarbolado sin ramas	Ds	O1,O2,O3,O4
	Forestal	Dc	F3, F4
2011	Desarbolado con ramas	Dc	O5
	Forestal	Dc	F5, F6
2012	Desarbolado con ramas	Dc	O6

3.3. Análisis del estadístico

3.3.1. Análisis del establecimiento de la plántula

a) Establecimiento de la planta en cada año de estudio en función de los tipos de cobertura sobre el punto de siembra

El establecimiento de la planta se analizó a través de un modelo mixto con medidas repetidas de ecuación:

$$P_{ijkln} = \mu + A_i + T_j + t_k + A_i * t_k + T_j * t_k + \xi_{ijklmn}$$

Donde P_{ijkln} es la variable respuesta, que representa el porcentaje de establecimiento de las plantas de encina en cada bloque considerado, μ es el intercept del modelo que representa el efecto de media general, A_i es el efecto aditivo del año de siembra ($i=1 \rightarrow$ Año 2010, $i=2 \rightarrow$ Año 2011 e $i=3 \rightarrow$ Año 2012), T_j el efecto aditivo del tipo de cobertura sobre el punto de siembra ($j=1 \rightarrow$ Fc, $j=2 \rightarrow$ Dc y $j=3 \rightarrow$ Ds), t_k representa el factor de medidas repetidas del modelo, que indica el tiempo de supervivencia de las plantas ($k=1 \rightarrow$ Supervivencia a 1 año, $k=2 \rightarrow$ Supervivencia a los 2 años, $k=3 \rightarrow$ Supervivencia a los 3 años), $A_i * t_k$ la interacción entre el año de siembra y tiempo de supervivencia de la plántula, $T_j * t_k$ la interacción entre el tipo de cobertura y tiempo de supervivencia de la plántula y ξ_{ijklmn} es término de error aleatorio del modelo. Los errores presentan una distribución normal de media cero y con matriz de covarianzas tipo "Heterogeneous Compound Symmetry" (CSH), definida para cada tipo de cobertura y estimadas mediante máxima verosimilitud restringida (REML).

Para analizar las diferencias entre los diferentes tipos de cobertura se realizaron contrastes dos a dos y contrastes ortogonales.

b) Establecimiento de la encina en función de las variables microambientales durante los tres primeros años de vida de la planta

Este estudio se realizó para las siembras efectuadas bajo arbolado y fue llevado a cabo a través de regresiones logísticas. En primer lugar con un análisis univariante para estudiar el efecto de individual de cada una de las variables de micrositio sobre la supervivencia de las plántulas y posteriormente, tras la utilización de métodos de selección de variables (Score y Stepwise), se buscó el mejor modelo multivariante a partir de cuatro variables consideradas, altura, diámetro y distancia al árbol más cercano y cobertura del punto siembra (Tabla 1), además del año de siembra.

3.3.2. Análisis del crecimiento en altura de la plántula

a) Crecimiento en altura en función de los tipos de cobertura durante los tres primeros años de vida de la planta

En función de los datos disponibles se estudiaron las variables respuesta: altura al año de siembra, altura a los dos años de siembra y altura a los tres años de siembra mediante sendos modelos mixtos de ecuación:

$$Y_{tjn} = \mu + A_t + T_j + \xi_{tjn}$$

Donde Y_{ijn} es la variable respuesta, el crecimiento en altura de las plantas de encina a un año, dos y tres respectivamente, μ el intercept del modelo que representa el efecto de media general, A_i el efecto aditivo del año de siembra ($i=1 \rightarrow$ Año 2010, $i=2 \rightarrow$ Año 2011 e $i=3 \rightarrow$ Año 2012), T_j el efecto aditivo del tipo de cobertura aplicado en el punto de siembra ($j=1 \rightarrow$ Fc, $j=2 \rightarrow$ Dc y $j=3 \rightarrow$ Ds) y ξ_{ijkn} es término de error aleatorio del modelo. Los errores presentan una distribución normal de media cero, independientes y con varianzas diferentes para cada año de siembra y cada tipo de cobertura, estimadas mediante máxima verosimilitud restringida (REML).

b) Crecimiento en altura en función de las variables microambientales durante los tres primeros años de vida de la planta

Análogamente al caso anterior, y para los datos correspondientes al macroambiente forestal, se estudió el crecimiento en altura al año, a los dos años y a los tres años en función de las variables microambientales diámetro y distancia al árbol más cercano y cobertura del punto de siembra. A tal efecto, se realizaron sendas regresiones lineales múltiples considerando dichas variables, el efecto del año de siembra y su posible interacción con las

variables microambientales.

Cada una de las regresiones lineales múltiples se estableció en función de los datos disponibles para cada año de siembra. Además, no se consideró la variable altura total del árbol más cercano dado su fuerte correlación con la variable diámetro ($\rho=0.8489$, $p_valor=0.000$).

4. RESULTADOS

4.1. Establecimiento de la plántula de encina

4.1.1. Establecimiento en función de los tratamientos en los tres primeros años de vida de la planta.

En la tabla 3 se puede observar como los porcentajes de la supervivencia en las masas de pinos son elevados, excepto en el bloque F3 (Siembra 2011), y se mantienen prácticamente constantes para el segundo y tercer año de estudio. En cambio, la situación es diferente en las zonas desarboladas, ya que la supervivencia desciende considerablemente de un año a otro. No se observaron daños de depredación en ninguna de las plantas emergidas en los protectores.

Tabla 3: Porcentajes de supervivencia iniciales (%) a lo largo del tiempo del estudio, para cada bloque experimental y tipo de cobertura. F: Forestal; Ds: Desarbolado sin cobertura ramas; Dc: Desarbolado con cobertura ramas.

Año siembra	Cobertura	Bloque	Supervivencia	Supervivencia	Supervivencia
			1 año	2 años	3 años
2010	F	F1	81.25	81.25	81.25
	F	F2	72.22	72.22	72.22
	Ds	O1	71.43	57.14	42.86
	Ds	O2	37.5	12.5	12.5
	Ds	O3	26.67	13.33	0
	Ds	O4	46.15	38.46	23.08
2011	Fc	F3	29.41	23.53	
	Fc	F4	58.82	58.82	
	Dc	O5	61.9	38.1	
2012	Fc	F5	72.73		
	Fc	F6	46.67		
	Dc	O6	60		

Los resultados del modelo mixto con medidas repetidas ajustado muestran efectos significativos de los factores tipo de cobertura, tiempo de supervivencia y su interacción

(Tabla 4). Así pues, existen diferencias significativas en los porcentajes medios de supervivencia en los tipos de cobertura estudiados, dependiendo estas diferencias de los tiempos de supervivencia considerados (a uno, dos y tres años). Además, no existen efectos significativas entre los porcentajes medios de supervivencia relativos a los tres años de siembra.

Tabla 4: Tabla ANOVA con los resultados del ajuste del modelo mixto.

	F-valor	p-valor
Año de siembra	1.75	0.2427
Tipo de cobertura	4.41	0.0507 **
Tiempo supervivencia	48.51	<.0001 ***
Año de Siembra* Tiempo	0.73	0.4159
Tipo de cobertura* Tiempo	33.34	<.0001 ***

* $p_valor < 0.1$, ** $p_valor < 0.05$, *** $p_valor < 0.01$

De manera global, respecto a los tres tipos de cobertura, existe un efecto significativo entre los macroambientes forestal y desarbolado sin cobertura ($p_valor=0.0329$). Bajo la sombra de los pinos, bajo cobertura forestal, la supervivencia de los brinzales es un 31.22% superior a cuando la planta crece en terrenos desnudos sin protección. Además, no se aprecian diferencias significativas de los porcentajes de supervivencia obtenidos para el macroambiente desarbolado con protección de ramaje con respecto a los dos otros tipos de cobertura (Figura 2).

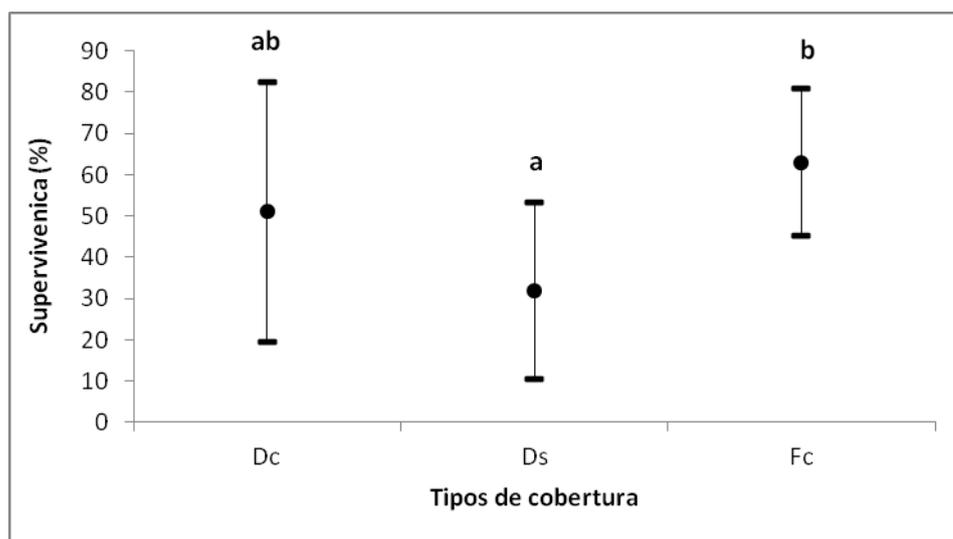


Figura 2: Gráfico de medias LS de la supervivencia de las plántulas de encina en función del tipo de cobertura. t-Test de diferencia de medias dos a dos, letras diferentes indican diferencias significativas con $\alpha=0.05$.

Entre los macroambientes desarbolados no hay resultados significativos, pero el suministro de ramas, en estas superficies, aumenta los porcentajes de supervivencia de la plántula en un 19.24 %.

Atendiendo al tiempo de supervivencia y a su interacción con el tipo de cobertura (Figura 3). Durante el primer año, los porcentajes de supervivencia obtenidos entre los tipos de cobertura no muestran diferencias significativas. En cambio, en el segundo y tercer año, los porcentajes de supervivencias tienen unas diferencias estadísticamente significativas entre los macroambientes forestal y desarbolado sin cobertura, con $p_valor=0.0551$ y $p_valor=0.0039$ respectivamente. Por tanto, a medida que la encina va creciendo, el efecto de la cobertura aumenta las probabilidades de supervivencia de las plántulas. Durante el tercer año de crecimiento, los brinzales que crecen sin protección reducen sus porcentajes de supervivencia en un 57 %, frente a aquellas que se desarrollan bajo cobertura forestal.

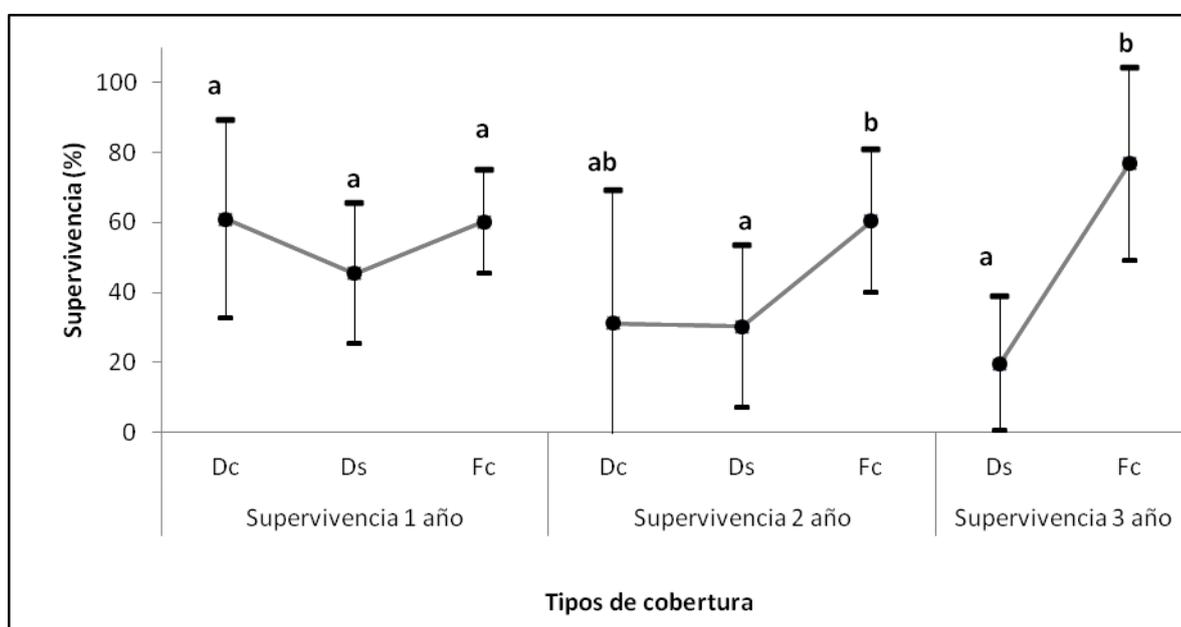


Figura 3: Gráfico de medias LS en función del tipo de cobertura y el tiempo de la supervivencia de la plántula. t-Test de diferencia de medias dos a dos para cada tiempo de supervivencia, letras diferentes indican diferencias significativas al $\alpha=0.05$

Los resultados de los contrastes ortogonales confirman la tendencia de que la cobertura aumenta los porcentajes de supervivencia de los brinzales (Tabla 5). La diferencia que existe entre el suministro de cobertura y su ausencia aumenta a medida que las plantas crecen, desde un 35.82 % para el primer año, un 39.92 % en el segundo, hasta un 57.10 % para el tercero.

Tabla 5: Tabla de contrastes ortogonales para la presencia/ausencia de cobertura sobre el punto de siembra.

Diferencia Cobertura	Tiempo de supervivencia	LS medias (%)	Error estándar	Valor t	p_valor
Con – sin	Primer año	35.818	16.140	2.22	0.0536 **
Con – sin	Segundo año	39.918	19.003	2.10	0.0651 *
Con – sin	Tercer año	57.100	14.808	3.86	0.0039 ***

4.1.2. Establecimiento en función de las variables microambientales para cada año de siembra

A la hora de modelizar los porcentajes de supervivencia a uno, dos y tres años respecto a las variables microambientales, se obtiene que estas variables, individualmente, no tienen un efecto significativo sobre la supervivencia de los brinzales (Tablas 6, 7 y 8).

En la mayoría de los casos considerados, el año de siembra es el único factor que resulta estadísticamente significativo sobre los porcentajes de supervivencia de las plantas. Parece que las variables no tienen relevancia sobre la supervivencia, de forma general, aunque aparecen resultados significativos en algunas interacciones con el año de siembra.

Tabla 6: Resultados del análisis univariante para la supervivencia a los 12 meses de la planta.

	Distancia		Dn		FCC		Altura	
	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor
Ratio verosimilitud	10.123	0.0718 *	12.7822	0.0255 **	13.1514	0.0220 **	11.499	0.0423 **
Siembra	0.8503	0.6537	8.1287	0.0172 **	8.2564	0.0161 **	5.3431	0.0691 *
Variable	0.0574	0.8106	0.0237	0.8776	0.3223	0.5702	0.5409	0.4621
Variable x Siembra	2.1868	0.3351	4.7092	0.0949 *	4.5685	0.1019	2.9723	0.2262
Test Hosmer-Lemeshow	7.5763	0.4759	10.5847	0.2264	6.6045	0.5798	9.9489	0.2686
R²	0.1379		0.1732		0.1779		0.1569	
Area ROC	0.6760		0.6792		0.7153		0.6864	

Tabla 7: Resultados del análisis univariante para la supervivencia a los 24 meses de la planta.

	Distancia		Dn		FCC		Altura	
	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor
Ratio verosimilitud	10.5142	0.0147 **	14.000	0.0029 ***	14.034	0.0029 ***	12.669	0.0054 ***
Siembra	0.0563	0.8125	8.2978	0.0040 ***	8.8332	0.0030 ***	4.6143	0.0317 **
Variable	0.1081	0.7424	0.0259	0.8722	0.0445	0.8329	1.0042	0.3163
Variable x Siembra	1.2857	0.2568	4.6617	0.0308 **	4.5000	0.0339 **	2.2186	0.1364
Test Hosmer-Lemeshow	3.6939	0.8143	11.096	0.1969	5.0380	0.7535	7.9074	0.3408
R²	0.1931		0.2508		0.2513		0.2291	
Area ROC	0.7121		0.7616		0.7598		0.7286	

Tabla 8: Resultados del análisis univariante para la supervivencia a los 36 meses de la planta. En este análisis, únicamente se dispone de los datos para el año de siembra 2010, por eso no se incluye la variable siembra.

	Distancia		Dn		FCC		Altura	
	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor	Chi 2 Wald	p-valor
Ratio verosimilitud	0.3427	0.5583	3.0155	0.0825 *	1.8767	0.1707	3.5876	0.0582 **
Variable	0.3190	0.5722	2.8751	0.0900 *	1.7472	0.1862	3.3081	0.0689 **
Test Hosmer-Lemeshow	6.8631	0.6514	5.3537	0.7192	11.7970	0.2250	6.0202	0.6450
R²	0.0151		0.1278		0.0809		0.1508	
Area ROC	0.5337		0.7764		0.6707		0.7356	

Tras utilizar los métodos de selección el mejor subconjunto de variables explicativas para modelizar la supervivencia en los tres tiempos considerados, estuvo formada por la distancia y el diámetro del árbol más cercano al punto de implantación junto con el año de siembra.

Se realizan tres regresiones logísticas con las variables seleccionadas, una regresión

para cada año de la planta, a 12, 24 y 36 meses de edad. Los resultados son aceptables para el test de ratio de verosimilitudes (resultados significativos), el test de falta de ajuste de Hosmer-Lemeshow, así como para el área bajo la curva de ROC (Tabla 9).

Tabla 9: Resumen del análisis de tipo logístico con las variables seleccionadas.

Edad planta	Ratio verosimilitud		Test Hosmer-Lemeshow		ROC
	Chi 2 Wald	<i>p-valor</i>	Chi 2 Wald	<i>p-valor</i>	
12 meses	19.4751	0.0125	7.6156	0.4719	0.7541
24 meses	18.3202	0.0026	10.4812	0.2329	0.7893
36 meses	5.2162	0.0737	8.8678	0.4496	0.7740

En el análisis ANOVA para las regresiones logísticas a uno y dos años (en el tercer año únicamente consideramos un año de siembra), observamos una diferencia significativa entre las variables estudiadas y el año de siembra (tabla 10). Esta interacción indica que las variables distancias y diámetro del árbol más cercano al punto de siembra dependen del año de siembra.

Tabla 10: Resumen ANOVA de las regresiones logísticas para las variables elegidas a 12 y 24 meses.

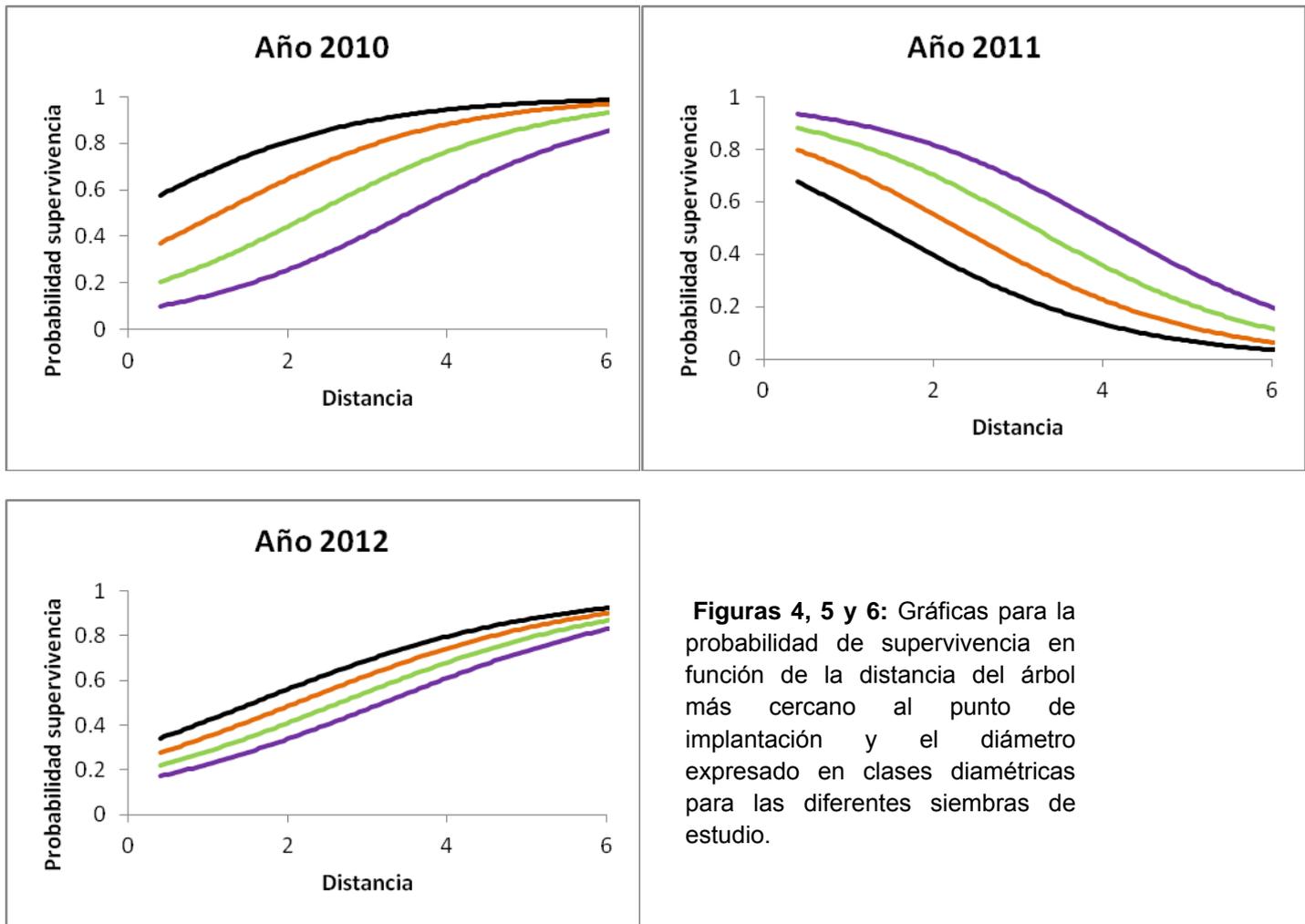
Edad planta	Año siembra (A)		Distancia		Dn		Distancia x A		Dn x A	
	Chi 2 Wald	<i>p-valor</i>	Chi 2 Wald	<i>p-valor</i>	Chi 2 Wald	<i>p-valor</i>	Chi 2 Wald	<i>p-valor</i>	Chi 2 Wald	<i>p-valor</i>
12 meses	1.3949	0.4979	0.4122	0.5209	0.5361	0.4640	5.7007	0.0578 *	7.4097	0.0246 **
24 meses	1.2853	0.2569	0.0303	0.8619	0.1767	0.6742	3.6707	0.0554 *	6.8813	0.0087 ***

Los resultados de las regresiones logísticas multivariantes a los 12, 24 y 36 meses, muestran un comportamiento diferente de las variables en función del año de siembra (Tabla 11). Los estimadores de la variable distancia al árbol más cercano son positivos para los años de siembra 2010 y 2012, esto indica que cuanto mayor sea esta variable, mayores serán los porcentajes de supervivencia. Si analizamos la variable diámetro normal del árbol más cercano, el estimador toma valor negativo, por lo que la supervivencia de las plántulas de encina aumenta cuando los diámetros son más pequeños. En cambio, los resultados para el año de siembra del año 2011 muestran unas probabilidades de supervivencia muy diferentes a las resultantes de los otros dos años de implantación, los estimadores de las variables han cambiado de signo. Esto indica que la supervivencia aumenta cuando las distancias se reducen y los diámetros de los árboles más cercanos son mayores.

Tabla 11: Resultados estimador para el análisis multivariante para los años de siembra de estudio.

Edad	Año de siembra		Estimador	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	P-valor
12 meses	2010	Intercepto	1.6998	1.3824	1.5119	0.2189
		Distancia	0.7046	0.5238	1.8095	0.1786
		Dn	-0.1671	0.0808	4.2748	0.0387 **
	2011	Intercepto	-0.2569	1.5719	0.0267	0.8702
		Distancia	-0.7228	0.4391	2.7090	0.0998
		Dn	0.1279	0.0753	2.8827	0.0895 *
	2012	Intercepto	-0.2708	1.1479	0.0557	0.8135
		Distancia	0.5606	0.4964	1.2752	0.2588
		Dn	-0.0608	0.0803	0.5728	0.4491
24 meses	2010	Intercepto	1.6998	1.3824	1.5119	0.2189
		Distancia	0.7046	0.5238	1.8095	0.1786
		Dn	-0.1671	0.0808	4.2748	0.0387 **
	2011	Intercepto	-0.6741	1.5728	0.1837	0.6682
		Distancia	-0.5873	0.4246	1.9129	0.1666
		Dn	0.1210	0.0743	2.6473	0.1037
36 meses	2010	Intercepto	1.6998	1.3824	1.5119	0.2189
		Distancia	0.7046	0.5238	1.8095	0.1786
		Dn	-0.1671	0.0808	4.2748	0.0387 **

El resultado de los contrastes ortogonales para las variables Distancia y Dn, en función de los años de siembra, muestran estas diferencias significativas. Para el análisis a los 12 meses de la siembra, los contrastes de la variable Distancia en los años 2010 y 2012 son estadísticamente significativos con respecto al año de siembra 2011, con $p_valor=0.0368$ y $p_valor=0.0508$, respectivamente. Sucede lo mismo con la variable Dn, donde se obtiene un $p_valor=0.0076$ entre los años 2010 y 2011, y de $p_valor=0.086$ si se compara la siembra de 2011 con el año 2012. A los 24 meses de edad de la planta, únicamente disponemos de los datos para los años de siembra 2010 y 2011, y en esta ocasión, también se encuentran diferencias significativas entre las variables ($p_valor=0.0554$ para la variable Distancia y de $p_valor=0.0087$ en el caso del Dn).



Figuras 4, 5 y 6: Gráficas para la probabilidad de supervivencia en función de la distancia del árbol más cercano al punto de implantación y el diámetro expresado en clases diamétricas para las diferentes siembras de estudio.

4.2. Crecimiento en altura de la encina

4.2.1. Crecimiento en altura en función del tipo de cobertura en los tres primeros años de vida de la planta

Los resultados del análisis de la varianza a los 12, 24 y 36 meses del brinzal muestran que el tipo de cobertura tiene un efecto significativo en el crecimiento en altura de la encina, ($p_valor = 0.0830$; $p_valor < .0001$; $p_valor < .0001$ respectivamente). Con respecto a la variable año de siembra, únicamente se obtiene un resultado significativo para el crecimiento en altura a los 12 meses de la planta ($p_valor < .0001$).

De forma general, respecto a los tres tipos de cobertura, existe una diferencia significativa entre el macroambiente forestal y los otros dos casos estudiados, $p_valor < .0001$ para el desarbolado sin cobertura y $p_valor = 0.0825$ en el caso de las superficies desarboladas con protección de ramas (Figura 8). Cuando el brinzal se encuentra bajo cobertura forestal, su altura es superior en 5.17 cm y 7.4 cm para las edades de 24 y 36 meses respectivamente, a cuando la encina crece en superficies desarboladas sin cobertura

de ramas. Si tenemos en cuenta únicamente la cobertura forestal en los pinares y la de ramaje en las superficies abiertas, el crecimiento de la plántula bajo el arbolado es superior en 3.11 cm. Esto indica que en aquellos lugares donde no existan masas forestales de pinos, el sombreado de las ramas también permite a la encina encontrar unas condiciones favorables para su desarrollo en altura.

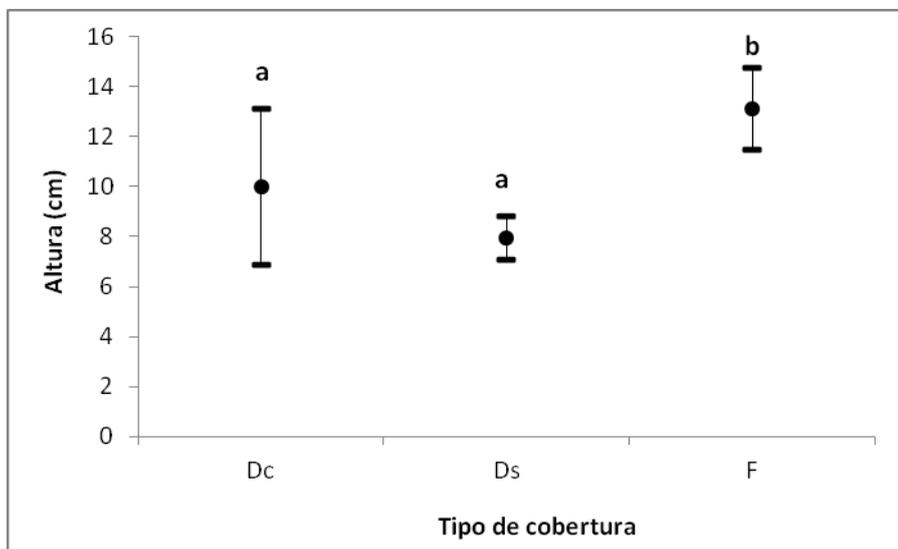


Figura 8: Gráfico de LS medias para los tipos de coberturas sobre el punto de siembra a los 24 meses de edad de la planta. t-Test de diferencia de medias dos a dos para cada tiempo de supervivencia, letras diferentes indican diferencias significativas al $\alpha=0.05$

Los contrastes ortogonales muestran un resultado estadísticamente significativo en el análisis de la presencia/ausencia de cobertura forestal ($p_valor = 0.0007$), en cambio no se observa si únicamente analizamos la aplicación de cobertura de ramas ($p_valor = 0.6549$).

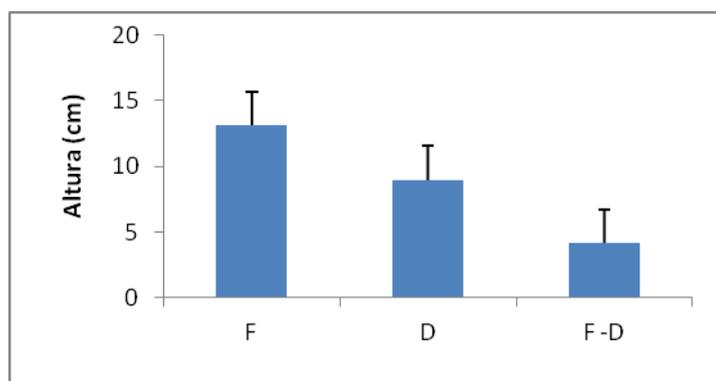


Figura 9: Gráfico de contrastes para los macroambientes de estudio. F: macroambiente forestal, D: macroambiente desarbolado, F-D: Diferencia entre los macroambientes

4.2.2. Crecimiento en altura en función de las variables microambientales en los tres primeros años de vida de la planta

Se realizan tres regresiones lineales múltiples con las variables para año de la planta, a 12, 24 y 36 meses de edad. Los resultados para el test de ratio de verosimilitudes no son aceptables a las edades de 12 y 36 meses ($p_valor= 0.9106$ y $p_valor=1$).

El análisis ANOVA de estas regresiones lineales múltiples considerando las variables microambientales (Cobertura, Diámetro y Distancia al árbol más cercano al punto de siembra), el efecto del año de siembra y su posible interacción con las variables microambientales, únicamente muestra resultados significativos para las variables cobertura y diámetro del árbol más cercano al punto de siembra a los 36 meses de la implantación (Tabla 12).

Tabla 12: Resultados del análisis de la varianza para cada una de las variables estudiadas durante los primeros años de vida de la planta.

Edad planta		Distancia	Dn	Cobertura
12 meses	F-valor	0.28 (n.s.)	0.21 (n.s.)	0.64 (n.s.)
24 meses	F-valor	0.45 (n.s.)	0.11 (n.s.)	0.11 (n.s.)
36 meses	F-valor	2.8 (n.s.)	6.48 **	11.46 ***

Tabla 13: Regresión lineal múltiple estimado: estimador, error estándar y valor t de Student.

Año de siembra	Edad planta		Estimador	Error estándar	Valor t	P valor
2010	2 año	Intercepto	10.3833	3.0949	3.35	0.0021
		Distancia	0.5839	0.8834	0.66	0.5134
		Dn	-0.251	0.1578	-1.59	0.1215
		Cobertura	0.09635	0.03968	2.43	0.0210 **
	3 año	Intercepto	11.5369	3.0295	3.81	0.0010
		Distancia	1.4471	0.8647	1.67	0.1084
		Dn	-0.3931	0.1544	-2.55	0.0184 **
		Cobertura	0.1315	0.03884	3.38	0.0027 ***
2011	1 año	Intercepto	4.2804	8.4112	0.51	0.6167
		Distancia	0.1443	1.8475	0.08	0.9386
		Dn	0.165	0.2484	0.66	0.5146
		Cobertura	-0.02006	0.06541	-0.31	0.7624
	2 año	Intercepto	5.1294	12.8073	0.4	0.6914
		Distancia	1.3983	2.824	0.5	0.6239
		Dn	0.3892	0.3822	1.02	0.3161
		Cobertura	-0.06049	0.1013	-0.6	0.5548
2012	1 año	Intercepto	18.76	3.4981	5.36	<.0001 ***
		Distancia	-1.36	1.3328	-1.02	0.3204
		Dn	-0.01563	0.2113	-0.07	0.9418
		Cobertura	-0.04917	0.05687	-0.86	0.3981

Los resultados de las regresiones lineales múltiples muestran un comportamiento diferente de las variables en función del año de siembra analizado (Tabla 13). En los datos relativos a la siembra 2010 encontramos que los estimadores positivos residen en las variables distancia y cobertura, es decir a medida que aumenten estas variables, el crecimiento en altura será mayor. De forma contraria, ocurre con la variable diámetro, donde la altura será mayor a medida que los diámetros de los árboles cercanos a la plántula sean menores. Si analizamos la siembra de 2011, en esta ocasión el estimador de la variable cobertura es el que toma valor negativo, la altura aumenta a medida que la cobertura disminuye. En cambio, los estimadores de las variables distancia y diámetro normal son positivos. Por último, en el análisis del año de siembra 2012, los estimadores toman valores completamente diferentes a los anteriores, donde el signo de todas las variables es negativo. La interpretación de los estimadores nos indica que el crecimiento en altura de las plantas de encina será mayor a medida que la cobertura forestal, las distancias y el diámetro de los árboles cercanos sean menores.

5. DISCUSIÓN

Los resultados aportados en este trabajo ponen claramente de manifiesto la significativa relación que existe entre el grado y el tipo de cobertura que tiene un punto de siembra y la regeneración artificial de encina en los macroambientes estudiados. El establecimiento y el crecimiento en altura de los brinzales de encina alcanzan valores superiores a medida que la cobertura es mayor. Tal como hemos visto en este estudio, la cobertura forestal, en este caso de las masas de pino carrasco, proporciona unas condiciones favorables para el establecimiento y crecimiento en altura de la planta de encina. Los porcentajes de supervivencia de los brinzales se duplican bajo la cobertura de los pinos, y en las superficies abiertas los porcentajes también aumentan cuando los puntos de siembra están protegidos con ramas, aunque en menor proporción. Del mismo modo, la cobertura arbolada favorece el crecimiento en altura de la plántula con una diferencia significativa con respecto a los espacios desarbolados. En publicaciones anteriores a este trabajo, como Broncano *et al.* (1998), llegó a las mismas conclusiones, donde se encontró que la bellota de encina germinaba y se desarrollaba mejor en condiciones de sombra que con plena radiación y Puerta-Piñero *et al.* (2007), que encontraron un resultado positivo del efecto protector del arbolado para las plántulas.

En los primeros estadios, los brinzales de encina se consideran de media luz pudiendo desarrollarse durante los 2-3 años bajo el amparo de la sombra que poseen los ejemplares

adultos de encina, y una vez superado este periodo de tiempo pueden quedar en situación despejada, sometido al sol, temperaturas elevadas y prolongadas sequías (Ceballos & Ruiz de la Torre, 1971). Por lo que, tanto la cobertura del arbolado como la cobertura de ramas proporcionan las condiciones necesarias para aguantar los veranos de altas temperaturas y escasas precipitaciones propias de estas latitudes y permitir su asentamiento. Por esta premisa, la supervivencia en el macroambiente desarbolado desciende considerablemente durante el segundo y tercer año en nuestro estudio.

Con este trabajo se pretende obtener unos resultados iniciales que expliquen, el comportamiento de los primeros estadios de la encina en estas latitudes, en función de los factores incluidos en los modelos de estudio. Esta investigación ha sido diseñada a nivel macroambiental, pero debido a que el establecimiento de la encina, en condiciones de clima mediterráneo, está condicionado por muchos factores abióticos como puede ser el estrés hídrico, la insolación, las características del suelo, etc, queda pendiente incluir este tipo de variables en próximas investigaciones para mejorar los modelos. De esta forma, se podrá ampliar el conocimiento relativo a la supervivencia de los brinzales de encina en nuestros montes. La gran heterogeneidad ambiental que se crea en las zonas de clima mediterráneo puede que provoque diferentes comportamientos en el regenerado, tanto artificial como natural. Del mismo modo, los micrositios que se crean en los sistemas forestales son un factor más que afecta al establecimiento de la planta, jugando un papel importante en la regeneración, supervivencia y crecimiento de las plantas de encina (Maestre & Cortina, 2002). A este nivel, los resultados de nuestro estudio muestran como las plántulas que crecieron bajo las masas de pinos presentaron tasas más altas de supervivencia cuando se encontraban más lejos del árbol. El crecimiento de la parte aérea de un brinzal de encina es muy lento, siendo el crecimiento activo en el sistema radical (Ceballos & Ruiz de la Torre, 1971). Esto le permite aumentar las probabilidades de su establecimiento en campo (Allen *et al.*, 2004), que generalmente están condicionadas por las primeras fases de desarrollo de la planta. Presumiblemente, con este sistema radicular pivotante los brinzales pueden aprovechar mejor la humedad edáfica existente en las capas profundas del suelo cuando se sitúan lejos de los árboles (Cubera & Moreno, 2007). Estas plantas, en ausencia de tal recurso hídrico, y probablemente con mayor stress hídrico, en cambio, se ven beneficiadas por la sombra del árbol frente a la excesiva demanda evaporativa de la atmósfera, tal como ocurre con las probabilidades de supervivencia de los brinzales procedentes del año de siembra 2011, que sufrieron uno de los veranos más secos y calurosos desde 1961. El patrón de supervivencia para las plantas procedentes de esta siembra cambió y las mayores probabilidades se encontraron cuando la distancia al árbol más cercano se reducía y los diámetros normales de dicho árbol eran superiores. Además, las plántulas que se sitúan más cerca de los pinos pueden ver aumentadas sus probabilidades de captación de agua, a través del agua de trascolación que queda retenida en las copas de los árboles tras la precipitación

vertical (Martinez & Navarro, 1995).

Los resultados estadísticos para las variables microambientales estudiadas en las superficies forestales, no permiten sacar unas conclusiones concluyentes para el crecimiento en altura de los brinzales de encina, debido a la variedad de los resultados con respecto a los años de siembra de estudio y la edad de las plantas. Aunque a través de los mismos, se intuye un efecto beneficioso de la cobertura forestal en el crecimiento en altura, así como en el establecimiento de la encina, aumentando la supervivencia de las plántulas.

Con respecto al tipo de cobertura que proporcionan las ramas sobre el punto de siembra, este sombreado también favorece el establecimiento de la encina, sobre todo en superficies desarboladas. Este efecto puede equipararse, parcialmente, al que especies arbustivas o de matorral provocan sobre el regenerado de encina. De forma generalizada, la presencia de matorral resulta positiva para la regeneración de plántulas de muchas especies arbóreas, independientemente del tipo de matorral. El fenómeno facilitador del matorral, denominado 'planta nodriza' (Nurse plants), está ampliamente extendido para las especies de *Quercus* mediterráneas que crecen en ambientes con déficit hídrico (Gómez-Aparicio *et al.*, 2004). Incluso en ausencia de un efecto facilitador claro de la especie de matorral hacia la plántula de encina, la presencia del matorral puede llegar a favorecer la regeneración. En el caso de la encina, es más determinante la cobertura que el tipo de matorral (Moreno *et al.*, 2009), por ello, el sombreado de las ramas facilita la supervivencia y desarrollo de los brinzales en la zona de estudio. Además, mediante esta técnica de suministro de ramas sobre el punto de siembra se elimina el problema de la competencia por la luz o los recursos edáficos entre el matorral y las plántulas emergidas (Leiva & Fernández-Alés, 2004; Rolo *et al.*, 2013).

Las altas tasas de depredación de semilla y de plántulas por parte de los mamíferos obligan en muchas ocasiones, a la retirada de matorral o de especies arbustivas en los montes, ya que este tipo de estructuras proporcionan cobijo, protección y alimento a los depredadores y por tanto limitan el regenerado natural o artificial de la encina. En este sentido, la cobertura de ramas puede implicar mayor predación de las semillas por parte de los roedores, ya que este suministro les proporciona un refugio seguro, pero la siembra de bellotas protegidas por el protector obstaculiza esta predación y permite la regeneración artificial de la planta de encina.

Globalmente, las tasas de supervivencia registradas en el estudio fueron elevadas, con una media para todo el periodo de estudio de 60% en el macroambiente forestal y del 56% para las superficies desarboladas. Estos porcentajes son sorprendentemente altos en comparación con lo descrito por otros autores (Pulido & Díaz, 2005; Leiva & Fernández-Alés, 2004; Rolo *et al.*, 2013).

Por tanto, a raíz de los resultados obtenidos en este trabajo, la siembra de bellotas siendo un método más barato, que conserva la arquitectura radical original de estas especies y que proporciona una serie de beneficios frente a la plantación, puede resultar una alternativa interesante que permita la diversificación de los pinares de *Pinus halepensis* hacia masas mixtas con *Quercus ilex* subsp *ballota*.

6. CONCLUSIONES

1. La cobertura, ya sea arbórea o de matorral favorece tanto el establecimiento como el crecimiento en altura de la planta de encina.
2. El año de siembra tiene una influencia significativa en la supervivencia de las semillas. Se detectaron comportamientos diferentes de la supervivencia de las plántulas en función del año de siembra y su interacción con variables microambientales, como son la distancia y el diámetro.
3. Con los resultados obtenidos para el crecimiento en altura en función de las variables microambientales no se pueden sacar conclusiones debido a la variedad de los datos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la oportunidad que me ha dado mi tutor Jose A. Reque Killchermann y la labor de Roberto San Martin Fernández, sin su ayuda, paciencia y dedicación no hubiera sido posible este trabajo.

Del mismo modo, agradezco todo el apoyo a las personas que han estado conmigo en todo momento, especialmente a mi familia.

Los datos meteorológicos han sido recopilados a través de Aemet (Agencia Española de Meteorología). Este trabajo forma parte del proyecto "Estrategias selvícolas para la adaptación y mitigación del cambio climático en repoblaciones de pinares. Subproyecto 2" del Plan Nacional de I+D+i (Código: AGL2011-29701-C02-02) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

BIBLIOGRAFÍA

Allen J A, Keeland B D, Stanturf J A, Clewell A F, Kennedy Jr HE. 2004. A guide to bottomland hardwood restoration. US For. Serv. Gen. Tech. Rep.SRS -40.

Broncano M J, Riba M, Retana J. 1998. Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, Holm oak (*Quercus ilex*) and Aleppo pine (*Pinus halepensis*): a multifactor experimental approach. *Plant Ecol* 1, 17-26.

Ceballos L. & J. Ruiz de la Torre .1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y ETSIM, Madrid.

Cubera E, Moreno G. 2007. Effect of single *Quercus ilex* trees upon spatial and seasonal changes in soil water content in Dehesas of central western Spain. *Ann For Sci* 64, 355-364.

Gadgil P D, Bulman L S, Crabtree R, Watson R N, O'Neil J C, Glassey K L. 2000. Significance to New Zealand forestry of contamination on the external surfaces of shipping containers. *New Zeal J For Sci* 30, 341-358.

García LV; Polo A; Maltez-Mouro S; Gutiérrez E; Pérez-Ramos IM; Jordán A; Martínez-Zavala L. 2006. Relación entre la composición y densidad de la cubierta vegetal leñosa y las características superficiales del suelo en bosques mixtos de *Quercus* del sur de la Península Ibérica. *Tendencias actuales de la Ciencia del Suelo*, Bellifante (N.), Jordán A., (eds.) Sevilla.

Gómez-Aparicio L, Zamora R, Gómez J M, Hódar J A, Castro J, Baraza E. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecol Appl* 14, 1128–1138.

Gómez-Aparicio L, Pérez-Ramos I M, Mendoza I, Matías L, Quero J L, Castro J, Zamora R, Marañón T. 2008. Oak seedling survival and growth along resource gradients in Mediterranean forests: implications for regeneration under current and future environmental scenarios. *Oikos*, 117, 1683-1699.

IPCC. 2013. Climate change 2007. The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press: Cambridge, UK.

Leiva Morales MJ, Fernández Ales R. 2004. Factors Limiting the Sexual Regeneration of Holm

Oak (*Quercus Ilex* subsp. *Ballota*) in Dehesas of Sierra Morena (Spain). En: SCHNABEL, S.; FERREIRA, A. (eds.) Sustainability of Agrosilvopastoral Systems: Dehesas, Montados. 263-273 Catena. Reiskirchen, Alemania.

Maestre FT, Cortina J. 2002. Spatial pattern of soil properties and vegetation in a Mediterranean semi-arid steppe. *Plant Soil*, 241, 279–291

Martínez A, Navarro J. 1995. Hidrología Forestal, El Ciclo Hidrológico. Secretariado de Publicaciones, Universidad de Valladolid.

McCreary DD, 1995. Augering and fertilization stimulate growth of blue oak seedlings planed from acorns, but not from containers. *West J Appl For.*,10(4):133-137.

Moreno G, Romero V, López L. 2009. Consecuencias de la matorralización de la dehesa para la regeneración natural de la encina. *Actas del 5º Congreso Forestal Español. Volumen I.* Eds.: S.E.C.F.-Junta de Castilla y León, 2009. ISBN: 978-84-936854-6-1.

Ocaña L; Renilla I, Domínguez S. 1996. Plantación de encinas y coscojas en tierras agrícolas. *Quercus* (Febrero): 16-19.

Palacios Carvajal R; Serrada Hierro R; Bravo Fernández J.A. 2009. Crecimiento diametral del quejigo (*Quercus faginea* Lam.) en monte bajo y respuesta a resalvos de conversión. *Actas del 5º Congreso Forestal Español. Volumen I.* Eds.: S.E.C.F.-Junta de Castilla y León, 2009. ISBN: 978-84-936854-6-1.

Pausas J G, Blade C; Valdecantos A; Seva J P, Fuentes D; Alloza J A; Vilagrosa A; Bautista S, Cortina J; Vallejo R. 2004. Pines and oaks in the restoration on Mediterranean landscapes of Spain: new perspectives for an old practice- a review. *Plant Ecol*, 171, 209-220

Prévosto B, Monnier Y, Ripert Ch, Fernández C. 2011a. Diversification of *Pinus halepensis* forests by sowing *Quercus ilex* and *Quercus pubescens* acorns: testing the effects of different vegetation and soil treatments. *Eur J Forest Res*, 130, 67–76.

Prévosto B, Monnier Y, Ripert Ch, Fernández C. 2011b. Can we use shelterwoods in Mediterranean pine forests to promote oak seedling development? *Forest Ecol Manag*, 262, 1426–1433.

Puerta-Piñero C; Gómez J M; Valladares F. 2007. Irradiance and oak seedling survival and growth in a heterogeneous environment. *For Ecol Manag*, 242, 462–469.

Pulido F J, Díaz M. 2005. Regeneration of a Mediterranean oak: A whole-cycle approach. *Ecoscience*, 12, 92-102.

Rolo V, Plieninger T, Moreno G. 2013. Facilitation of holm oak recruitment through two contrasted shrubs species in Mediterranean grazed woodlands: Patterns and processes. *J Veg Sci* 24, 344-355.

SAS Institute INC. SAS/STAT®. 2004. User's Guide. Version 9.1. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.

Vallejo R, Aronson J, Pausas G, Cortina J, 2006. Restoration of Mediterranean woodlands. In: Van Andel J, Aronson J (eds) *Restoration ecology: the new frontier*. Blackwell Science, Oxford, pp 193–209

Villar-Salvador P; Planelles R; Enríquez E; Peñuelas-Rubira J L; 2004a. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecol Manag* 196: 257-266

Villar- Salvador P; Planelles R; Oliet J; Peñuelas-Rubira J L; Jacobss D F; González M. 2004b. Drought tolerance and transplanting performance of Holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. *Tree Physiol* 24, 1147-1155

Willoughby I; Jinks R L; Kerr G; Gosling P; 2004. Factors affecting the success of direct seeding for lowland afforestation in the UK. *Forestry* 77, 467–482.

Zavala M A. 2003. Dinámica y sucesión en bosques Mediterráneos: modelos teóricos e implicaciones para la silvicultura. *Restauración de Ecosistemas en ambientes Mediterráneos* (ed. J.M. Rey et al.). Colección Aula Abierta, vol. 20. Textos Universidad de Alcalá.