

JUNTA DE EXTREMADURA

III PLAN REGIONAL DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

MEMORIA CIENTÍFICO-TÉCNICA FINAL Septiembre 2011

CONFORME DEL EQUIPO INVESTIGADOR:

Nombre y Apellidos	Centro/Departamento	Firmas
<u>INVESTIGADOR PRINCIPAL:</u> David García Alonso	Centro Investigación La Orden-Valdesequera/Departamento de Producción Forestal y Pastos	
<u>MIEMBROS DEL EQUIPO:</u> Francisco María Vázquez Pardo	Centro Investigación La Orden-Valdesequera/Departamento de Producción Forestal y Pastos	
María Gutiérrez Esteban	Centro Investigación La Orden-Valdesequera/Departamento de Producción Forestal y Pastos	
María Cabeza de Vaca Molina	Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (FUNDECYT)	

MEMORIA CIENTÍFICO-TÉCNICA FINAL

**TÍTULO DEL PROYECTO: SELECCIÓN DE
ESPECIES DEL GÉNERO *QUERCUS* L. CON
INTERÉS MADERERO EN EXTREMADURA
(EXPEDIENTE PDT09B031)**

INDICE DE CONTENIDOS

1. BREVE RESEÑA DE LA COLECCIÓN DE ESPECIES DEL GÉNERO QUERCUS L. (VILLANUEVA DE LA VERA, CÁCERES)	5
2. RECOLECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE MATERIALES PARA LA IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS INDIVIDUOS	9
Herborización.	9
Preservación.	10
Inclusión en el herbario HSS.	10
Informatización.....	10
3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE PARTIDA SUMINISTRADA POR LA EMPRESA BOSQUES NATURALES S.A. SOBRE LA COLECCIÓN DE QUERCUS L.....	12
4. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DENDROMÉTRICO DE LOS DIFERENTES TAXONES Y PROCEDENCIAS DENTRO DEL MATERIAL CONSERVADO PARA CONOCER, EN SUS PRIMERAS EDADES, SU ADAPTACIÓN Y RENDIMIENTO MADERERO.	15
Medición de variables dendrométricas seleccionadas.....	15
Evaluación y análisis dendrométrico.	17
5. PROPAGACIÓN VEGETATIVA	36
Revisión bibliográfica de trabajos científicos y técnicos sobre técnicas de reproducción vegetativa en especies del género Quercus L.	36
Reproducción vegetativa mediante estaquillado leñoso y/o semileñoso auxiliado con hormonas de enraizamiento y mesas de cultivo con malla calefactora de fondo.....	42
⇒ Recolección de materiales forestales de reproducción (estaquillas) para los ensayos de propagación vegetativa mediante estaquillado.....	42
⇒ Almacenaje y conservación de los materiales recolectados.	42
⇒ Desinfección de los envases y mesas de cultivo.....	43
⇒ Preparación de envases y sustratos de cultivo.....	43
⇒ Preparación de las estaquillas.	43
⇒ Aplicación de las hormonas de enraizamiento.....	43
⇒ Instalación en las mesas de cultivo. Condiciones de cultivo (temperatura, humedad relativa, frecuencia de riego, etc.).....	45
⇒ Ensayos de propagación vegetativa por estaquillado: especies y variables consideradas...46	
⇒ Resultados obtenidos.	49
Acodo bajo de plantas recepadas.....	49
⇒ Resultados obtenidos.	55
Injertado.	55
⇒ Recolección de muestras para injertado.	55
⇒ Procedimiento de injertado.....	56
⇒ Descripción de los tipos de injerto empleados.....	56
⇒ Resultados obtenidos	59
Cultivos in vitro.	60
⇒ Recolección de muestras.....	60
⇒ Descripción de las técnicas de laboratorio.	61
⇒ Introducciones realizadas.....	63
⇒ Resultados obtenidos.	67
6. SEGUIMIENTO FENOLÓGICO DE LOS INDIVIDUOS INCLUIDOS EN LA COLECCIÓN DE QUERCUS L.	68
7. PUBLICACIONES, REGISTROS Y PRODUCTOS OBTENIDOS.....	73
A. Artículos científicos en revistas.....	73
B. Artículos de divulgación.....	75

C. Libros.....	75
D. Comunicaciones a Congresos, Reuniones, Simposios.....	76
⇒ D.1 Presentación de una comunicación oral titulada “North-American black oak diversity in Extremadura” en las jornadas internacionales Oak Open Days 2010 SW Iberian Peninsula organizado por la International Oak Society, el día 28 de octubre de 2010 (v. fig. 34).	76
⇒ D.2 Presentación de un póster titulado “Especies del género <i>Quercus</i> L. con interés maderero en Extremadura: primeros resultados de la evaluación de especies y procedencias” en el Congreso Forestal “Bosques del Futuro”.....	76
E. Obtenciones, patentes.....	78
F. Otros.	78
BIBLIOGRAFÍA	78

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de localización de la parcela de ensayo de especies del género <i>Quercus</i> L. y procedencias de la empresa Bosques Naturales S.A. en el municipio de Villanueva de la Vera (Cáceres) (en rojo).</i>	5
<i>Figura 2. Esquema de la parcela de ensayo de especies del género <i>Quercus</i> L. y procedencias de la empresa Bosques Naturales S.A. en el municipio de Villanueva de la Vera (Cáceres).</i>	6
<i>Figura 3. Esquema de la parcela de investigación. Límites de la parcela de investigación (superior derecha); distribución de la superficie de la parcela en función del año de plantación (superior derecha); y el área empleada para el ensayo de evaluación de especies y procedencias aparece delimitada en verde y la excluida sombreada en gris (inferior izquierda).</i>	7
<i>Figura 4. Imagen general de la colección actual de robles de la empresa Bosques Naturales S.A. (Villanueva de la Vera, Cáceres). Otoño (superior izquierda) e invierno (superior derecha) de 2009 y primavera (inferior izquierda) y verano de 2010 (inferior derecha).</i>	8
<i>Figura 5. Ejemplo de la digitalización de los pliegos de herbario. Izquierda: <i>Quercus montana</i> Willd. Número HSS: 48338. Posición L12 (3), código identificación: 01410421106; Derecha: <i>Q. coccinea</i> Münchh. x <i>Q. shumardii</i> Buckley; Número HSS: 48188; Posición C3 (41), código identificación: 02300111206.</i>	11
<i>Figura 6. Distribución del número de individuos y procedencias por taxon. Información de partida suministrada por los proveedores de semillas.....</i>	12
<i>Figura 7. Caracteres morfológicos empleados para la diferenciación entre taxones: tricomas foliares. <i>Quercus muehlenbergii</i> Engelm. (02330411206) (a), <i>Quercus alba</i> L. (01010441407) (b), <i>Quercus coccinea</i> Münchh. (02030441301) (c) y <i>Quercus michauxii</i> Nutt. (01080421306) (d).</i>	13
<i>Figura 8. Distribución del número de individuos por taxón en la colección de la empresa Bosques Naturales S.A. (Villanueva de la Vera, Cáceres) en base a la identificación taxonómica efectuada en edades tempranas.</i>	14
<i>Figura 9. Evolución anual de las variables altura total (cm) y diámetro normal (mm) de los individuos incluidos en la parcela de investigación.</i>	17
<i>Figura 10. Valor medio y error típico de la media de las variables altura total (cm) (eje inferior, color negro) y diámetro normal (mm) (eje superior, color rojo) por taxón. Datos inventario año 2010. Año de plantación 2003.</i>	26
<i>Figura 11. Valor medio de las variables altura total (cm) (eje inferior, color negro) y diámetro normal (mm) (eje superior, color rojo) por taxón. Datos inventario año 2010. Año de plantación 2004.</i>	26
<i>Figura 12. Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de <i>Quercus</i> L. Datos inventario 2006-2010.</i>	27

Figura 13. Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. Todas las taxones (superior izquierda), Quercus petraea (Matt.) Liebl. vs. Q. robur L. (superior derecha), Q. nigra L. vs. Q. phellos L. (inferior izquierda), Q. alba L. vs. Q. bicolor Willd. Datos inventario 2006-2010.	31
Figura 14. Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. Todas las taxones híbridos identificados (superior izquierda), Quercus cocinea Münchh., Q. palustris Münchh., Q. rubra L., Q. shumardii Buckley, Q. texana Buckley, Q. velutina Lam. (superior derecha), Q. phellos f. intonsa Fernald. vs. Q. phellos L. (inferior izquierda), Quercus petraea (Matt.) Liebl. vs. Q. robur L vs. Q. xrosacea Bechst. Datos inventario 2006-2010.	32
Figura 15. Evolución de la altura total media (cm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. durante el período 2006-2010.	33
Figura 16. Evolución del diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. durante el período 2006-2010.	33
Figura 17. Ensayos de propagación vegetativa mediante estaquillado. Mesa de cultivo con malla de sombreo. Macetas termoformadas de sección cuadrada de poliestireno (PS) con sustrato formado por una mezcla de turba y perlita (1:1 v/v).	48
Figura 18. Desarrollo de los ensayos de propagación vegetativa mediante estaquillado en mesas de cultivo.	48
Figura 19. Colocación de envases forestales invertidos sobre las plantas recepadas (a), envase forestal cubierto con papel de aluminio (b), emisión de brotes epicórnicos (c), planta recepada con algunos brotes con una longitud entre 8 y 10 cm (d).	51
Figura 20. Revisión de los árboles recepados y etiolados (izquierda) y emisión de raíces en la zona basal de los brotes epicórnicos (derecha). Quercus petraea (Matt.) Liebl. Posición A-9 (01230811205) (izquierda), Quercus phellos L. Posición H-4 (02130211206) (derecha). Fecha 21/07/2011.	52
Figura 21. Detalle de plantas recepadas y etioladas. Quercus phellos L. Posición B-3 (02400611304) (izquierda), Quercus petraea (Matt.) Liebl. Posición A-9 (02130211206) (derecha).	53
Figura 22 Emisión de raíces en los brotes epicórnicos sometidos a etiolado y a la aplicación de I.B.A. (10.000 p.p.m.). Quercus petraea (Matt.) Liebl. Posición C-8 (01290711211) (a), Quercus phellos L. A6 (02130431310) (b), Quercus petraea (Matt.) Liebl. Posición C-8 (01290711211) (c), Quercus phellos L. A6 (02130431310) (d).	55
Figura 23. Tipos de injertos: Inverted T-budding. (1) (Sandor, 2007). Chip-budding (2), Simple whip grafting (3), Top cleft grafting (4), Side left grafting (5) (Sandor, 2007).	57
Figura 24. Injertadora Omega (izquierda) e corte para Injerto tipo omega (derecha).	59
Figura 25. Injerto de hendidura superior (Top Cleft Grafting): Quercus bicolor Willd. (púa)/Quercus robur L. (portainjerto) (a) e injerto de hendidura lateral (Side cleft grafting) Quercus phellos L. (púa)/Quercus robur L. (portainjerto) (b).	59
Figura 26. Ramillas puestas en agua para su brotación 61	61
Figura 27. Detalles de ramillas brotadas en las instalaciones de Bosques Naturales S.A. 61	61
Figura 28. Ensayo de brotación con perlita en la finca La Orden 62	62
Figura 29: Detalle del tamaño de los explantos a introducir (en esta imagen: explantos de nogal) 63	63
Figura 30. Detalle de los explantos de Quercus introducidos en la fase de establecimiento..... 63	63
Figura 31. Número de individuos en cada una de las fenofases agrupadas consideradas para cada unos de los taxones incluidos en la colección de Quercus (Villanueva de la Vera, Cáceres). 69	69
Figura 32. Fenofases agrupadas por procedencias de Quercus shumardii Buckley. 70	70
Figura 33. Porcentaje del número de individuos que han brotado, con presencia de amentos masculinos, inflorescencias femeninas o ambas simultáneamente, por taxón. 72	72

<i>Figura 34. Portada de la comunicación oral presentada en las jornadas internacionales Oak Open Days 2010 SW Iberian Peninsula organizado por la International Oak Society, el día 28 de octubre de 2010.</i>	76
<i>Figura 35. Poster presentado en el Congreso Forestal “Bosques del Futuro” celebrado Parque Tecnológico de Galicia en San Cibrao das Viñas (Ourense) durante los días 25 y 26 de mayo de 2011.</i>	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado inicial de taxones en función de la información suministrada por los proveedores de semillas.	12
Tabla 2. Listado de taxones identificados en la colección de la empresa Bosques Naturales S.A. (Villanueva de la Vera, Cáceres).....	14
Tabla 3. Media, error típico de la media y desviación típica de las variables altura; diámetro normal) y número total de individuos evaluado por taxón y año de plantación.....	19
Tabla 4. Valores de altura total y diámetro normal por taxones y procedencias. Año de plantación 2003.....	20
Tabla 5. Valores de altura total y diámetro normal por taxones y procedencias, c. Año de plantación 2004.....	23
Tabla 6. Valores de altura total y diámetro normal de los 25 ejemplares superiores, con la indicación del taxón y su procedencia correspondiente. Año de plantación 2003.	24
Tabla 7. Valores de altura total y diámetro normal de los 25 ejemplares superiores , con la indicación del taxón y su procedencia correspondiente. Año de plantación 2004.	25
Tabla 8. Cálculo del peso de reactivo y del volumen de disolvente necesario para obtener una disolución de una concentración determinada (en partes por millón).	44
Tabla 9. Listado de ejemplares seleccionados para el ensayo de acodo bajo de plantas recepadas.	51
Tabla 10. Estado por fechas de cada uno de los individuos recepados.....	52
Tabla 11. Frecuencia y porcentaje el número de individuos en las diferentes fases de ensayo en cada una de las fechas de visita	53
Tabla 12. Número de brotes epicórnicos conservados por cepa, número de brotes enraizados y tipo de raíces emitidas en los brotes tratados con hormonas.....	54
Tabla 13. Ejemplares de los que se recogió material para ensayos de cultivo in vitro.	61
Tabla 14. Ejemplares de los que se tomaron las muestras y fecha de inicio de la brotación... ..	64
Tabla 15. Ejemplares de los que se pudieron obtener explantos.....	64
Tabla 16. Esquema de los medios y explantos empleados en la tercera introducción.	65
Tabla 17. Esquema de los medios y explantos empleados en la cuarta introducción.	65
Tabla 18. Esquema de las especies empleadas y de las introducciones realizadas.....	66
Tabla 19. Porcentaje del número de individuos en cada una de las fenofases estudiadas.....	71

1. BREVE RESEÑA DE LA COLECCIÓN DE ESPECIES DEL GÉNERO QUERCUS L. (VILLANUEVA DE LA VERA, CÁCERES)

La parcela de investigación se encuentra enclavada en el paraje conocido como Vega de la Barca (UTM 30T 296249,968, 4441886,339 DATUM ETRS89; 40º 06'9,4472" N / 5º 23' 25,5166" W) en el municipio de Villanueva de la Vera, en el noreste de la provincia de Cáceres. La altitud media de la parcela es de 277 m.s.n.m.. Ocupa una superficie aproximada de 1,52 hectáreas y su pendiente es inferior a 2 º. Por zonas adyacentes discurre el río Tiétar regulado por el embalse de Rosarito (v. fig. 1).



Figura 1. Esquema de localización de la parcela de ensayo de especies del género *Quercus* L. y procedencias de la empresa Bosques Naturales S.A. en el municipio de Villanueva de la Vera (Cáceres) (en rojo).

El sustrato geológico está constituido básicamente por depósitos pleistocénicos de cantos, angulosos y/o redondeados de cuarcita, empastados en una matriz arenolimososa, con presencia de niveles arenosos (I.G.M.E. 2008a, 2008b).

Estos materiales geológicos han dado lugar al desarrollo de suelos de tipo fluvisol dístico, poco organizados edáficamente y con estratificación de diversos materiales. Las principales características edáficas del terreno son: textura arenosa, estructura suelta, un pH entre 5,6-6,2, conductividad eléctrica (CE1:5 mS/cm), entre 23,4-45,5 (suelo no salino), materia orgánica total alrededor a 0,01 (Muy baja) y una relación C/N entre 5,40-7,30 (baja).

Desde el punto de vista biogeográfico se encuentra localizada en la Provincia Luso-Extremadurensis, concretamente en el Distrito Verense del Sector Toledano-Tagano (AMOR *et al*, 1993) La vegetación potencial es un melojar luso-extremadurensis que representa la etapa madura de la serie *Arbutum unedonis-Quercetum pyrenaicae* Rivas Goday ex Rivas Martínez 1987, que aparecen sustituidas por escobonales de *Cytisetum scopario-eriocarpi* Belmonte ex Amor, Ladero & C.J. Valle 1993 y jaralbrezal de *Cisto ladaniferi-Ericetum australis* Br.-Bl. P. 14:-. Silva & Rozeira 1964 sobre suelos degradados.

La vegetación actual en el área circundante está constituida fundamentalmente por encina (*Quercus rotundifolia* Lam.), rebollo (*Quercus pyrenaica* Wiild.), castaño (*Castanea sativa* Miller), y elementos representativos de la vegetación de ribera: alisos (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), fresnos (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), y chopos (*Populus* spp.).



Figura 3. Esquema de la parcela de investigación. Límites de la parcela de investigación (superior derecha); distribución de la superficie de la parcela en función del año de plantación (superior derecha); y el área empleada para el ensayo de evaluación de especies y procedencias aparece delimitada en verde y la excluida sombreada en gris (inferior izquierda).

La primera toma de datos se realizó entre los días 5 y 16 de junio de 2004. Se centró en evaluar el porcentaje de arraigo de los individuos instalados, dominancia apical, bifurcaciones, ramosidad y la medición de variables dendrométricas (diámetro en la base y normal, y altura total).

A partir de este momento se ha realizado un seguimiento exhaustivo y continuado de los materiales conservados en la colección (dos inventarios anuales: en invierno y en verano) cuya información generada ha sido empleada como base para el desarrollo de los trabajos del presente proyecto de investigación.



Figura 4. Imagen general de la colección actual de robles de la empresa Bosques Naturales S.A. (Villanueva de la Vera, Cáceres). Otoño (superior izquierda) e invierno (superior derecha) de 2009 y primavera (inferior izquierda) y verano de 2010 (inferior derecha).

2. RECOLECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE MATERIALES PARA LA IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS INDIVIDUOS

Como información de partida se disponía de un trabajo previo de caracterización taxonómica que se realizó, entre los años 2004-2005, sobre parte de los materiales jóvenes (2 años) recolectados en la plantación de Bosques Naturales S.A. y conservados actualmente en el herbario del Centro de Investigación La Orden-Valdesequera (VÁZQUEZ, *com. pers.*).

El haber trabajado sobre materiales juveniles de estos individuos y únicamente sobre una parte de los materiales conservados en la colección justificó la necesidad de realizar una recolección sistemática en la propia finca de Villanueva de la Vera para realizar una correcta identificación taxonómica del total de los individuos incluidos en la colección de Bosques Naturales.

Esta identificación posterior, en individuos de 5-6 años, ha permitido ajustar y confirmar las especies forestales conservadas en la colección de *Quercus* L. y que procedían de material híbrido que, unido al trabajo de caracterización dendrométrica, permitirá la selección de las especies y ejemplares más idóneos para el establecimiento de una línea productiva de madera de robles.

Para la consecución del objetivo propuesto (*1. Caracterización e identificación taxonómica del material conservado en la colección de especies forestales del género Quercus L instalado en la finca de la empresa Bosques Naturales S.A. localizada en Villanueva de la Vera (Cáceres)*) se procedió, en primer lugar, a la recolección en campo de material vegetal que permitiera la correcta identificación taxonómica. Para ello se recolectó material vegetal de cada uno de los individuos existentes en la mencionada colección.

Con el fin de minimizar el daño provocado a los ejemplares, las porciones se cortaron mediante tijeras de podar de mano y tijeras de dos manos, con auxilio de escalera cuando la altura de poda impedía acceder a las ramas desde el suelo.

A la hora de realizar la recolección, se buscó recuperar muestras que incluyeran parte vegetativa y estructuras reproductoras (flores y/o frutos). En aquellos casos en los que no fuera posible se intentó localizar remanentes, fundamentalmente frutos, del crecimiento del año anterior. Se recolectó suficiente material de cada ejemplar como para llenar un pliego de herbario (26 x 48 cm) y se introdujo en bolsas de plástico con cierre hermético medianas y grandes para su correcta conservación durante el transporte a los laboratorios.

A cada una de las muestras recolectadas se le asignó un número identificativo del ejemplar. El número se correspondía con un código numérico de once dígitos: los cuatro primeros hacen referencia a la especie, los tres siguientes a la procedencia y los cuatro últimos al individuo.

Durante la recolección de muestras para su identificación taxonómica se realizaron fotografías, en algunos ejemplares, de caracteres morfológicos de interés: corteza, inserción de las ramas, yemas, amentos masculinos, flores femeninas, frutos, etc.

Herborización.

El proceso de herborización consistió en: prensado, secado, montaje y preservación del material recolectado para su inclusión en un herbario. El objetivo de todo el proceso de herborización es el de extraer la

humedad con la mayor rapidez posible, de manera que se consiga preservar la integridad morfológica del ejemplar y obtener un material vegetal que sea fácil de montar en las hojas de herbario para su conservación. Exponiéndolas a un proceso de secado rápido mediante una fuente de calor y un flujo de aire seco evitamos que los ejemplares se rompan o arruguen y que se pierda el color natural de la planta.

Los materiales recolectados fueron incluidos de forma individual en el herbario HSS dependiente de la Sección de Producción Forestal del Centro de Investigación La Orden- Valdesequera (Holmgren & Holmgren, 2003). Las fases del proceso de herborización fueron las siguientes:

Los materiales recolectados fueron incluidos de forma individual en el herbario HSS dependiente de la Sección de Producción Forestal del Centro de Investigación La Orden- Valdesequera (Holmgren & Holmgren, 2003). Las fases del proceso de herborización fueron las siguientes:

1. **Prensado.** Se colocaron los ejemplares recolectados entre hojas de papel de filtro secante dobladas a la mitad, y posteriormente se introdujeron en una prensa de mano con cartones y se prensaron con suficiente presión.
2. **Secado del material.** Con el fin de evitar el tener que cambiar de forma periódica el papel a medida que va absorbiendo la humedad, se procedió al secado de las plantas mediante una estufa de calor durante 4-5 horas a 40-50°C.
3. **Montaje y archivo.** Una vez secos las muestras de cada uno de los ejemplares, se procede a su montaje definitivo en pliegos de herbario (papel de filtro para análisis cualitativo de grama gruesa (dimensiones 26 x 48 cm) plegados a la mitad). En la esquina inferior derecha de cada pliego se colocó una etiqueta adhesiva (ficha del herbario) donde se incluye información relativa al nombre del taxón, número de inclusión en el herbario, fecha de recogida, lugar de recogida (país, región, provincia, lugar), altitud, coordenadas geográficas y U.T.M., recolectores e identificadores.

Preservación.

Previo a su introducción en el herbario es necesario realizar una adecuada descontaminación del material mediante su congelación a bajas temperaturas. Para ello se introdujeron los pliegos de herbario en bolsas de plástico gruesas y herméticamente cerradas en una cámara frigorífica a -20°C durante 2 días.

Inclusión en el herbario HSS.

Tras su herborización, identificación y desinfección todo el material se guardó posteriormente en cajas de cartón gris grapadas de dimensiones 450 x 290 x 135 mm y se encuentran conservados en el herbario HSS del Centro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera. Actualmente aparacen incluidos 1.091 pliegos de herbario correspondientes a los ejemplares que forman parte de la colección de estudio.

Informatización.

Se procedió a la informatización de la información disponible en cada pliego haciendo referencia a: taxón, número de inclusión en el herbario, fecha de recogida, lugar de recogida (país, región, provincia, lugar), altitud, coordenadas geográficas y U.T.M., recolectores, estado fenológico, observaciones, etc. Toda esta información fue posteriormente correlacionada con el posicionamiento de

cada uno de los ejemplares (georreferenciación) y las variables dendrométricas medidas en los diferentes inventarios.

La gestión de la información generada durante la fase de identificación mediante la base de datos creada permitió almacenar, estructurar y agilizar los procesos de búsqueda y análisis, así como servir de apoyo a la posterior fase de evaluación de las variables dendrométricas analizadas. Como sistemas gestores de la base de datos (SGBD) se emplearon los programas: ACCESS®2007 y OpenOffice 3.4.

También se procedió a digitalizar parte del material conservado en la colección que reflejara la variabilidad taxonómica existente en la colección (v. figura 5).



Figura 5. Ejemplo de la digitalización de los pliegos de herbario. Izquierda: *Quercus montana* Willd. Número HSS: 48338. Posición L12 (3), código identificación: 01410421106; Derecha: *Q. coccinea* Münchh. x *Q. shumardii* Buckley; Número HSS: 48188; Posición C3 (41), código identificación: 02300111206.

3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE PARTIDA SUMINISTRADA POR LA EMPRESA BOSQUES NATURALES S.A. SOBRE LA COLECCIÓN DE QUERCUS L.

Como información de partida se disponía de la suministrada por los proveedores de semillas (v. tabla 1 y fig. 6). El número inicial de taxones ascendía a 27, dos de los cuales eran de origen híbrido (*Q. × discreta* Laughlin y *Q. × jackiana* C. K. Schneid.).

Sección	Taxones
Robles rojos y negros <i>Quercus</i> Sect. <i>Lobatae</i> G. Don in J. C. Loudon, Hort. Brit. 385. 1830	<i>Quercus coccinea</i> Münchh., <i>Q. falcata</i> Michx., <i>Q. laurifolia</i> Michx., <i>Q. nigra</i> L., <i>Q. pagoda</i> Raf., <i>Q. palustris</i> Münchh., <i>Q. phellos</i> L., <i>Q. rubra</i> L., <i>Q. shumardii</i> Buckley, <i>Q. texana</i> Buckley, <i>Q. velutina</i> Lam, <i>Q. × discreta</i> Laughlin.
Robles blancos <i>Quercus</i> Sect. <i>Quercus</i> L., Syst. Pl. ed 2, II, 994.	<i>Q. alba</i> L., <i>Q. bicolor</i> Willd., <i>Q. garryana</i> Douglas, <i>Q. insignis</i> M. Martens & Galeotti, <i>Q. lyrata</i> Walter, <i>Q. macrocarpa</i> Michx., <i>Q. michauxii</i> Nutt., <i>Q. muehlenbergii</i> Engelm., <i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl., <i>Q. prinus</i> L., <i>Q. robur</i> 'Fastigiata', <i>Q. robur</i> L., <i>Q. stellata</i> Wangerh., <i>Q. virginiana</i> Mill., <i>Q. × jackiana</i> C. K. Schneid.

Tabla 1. Listado inicial de taxones en función de la información suministrada por los proveedores de semillas.

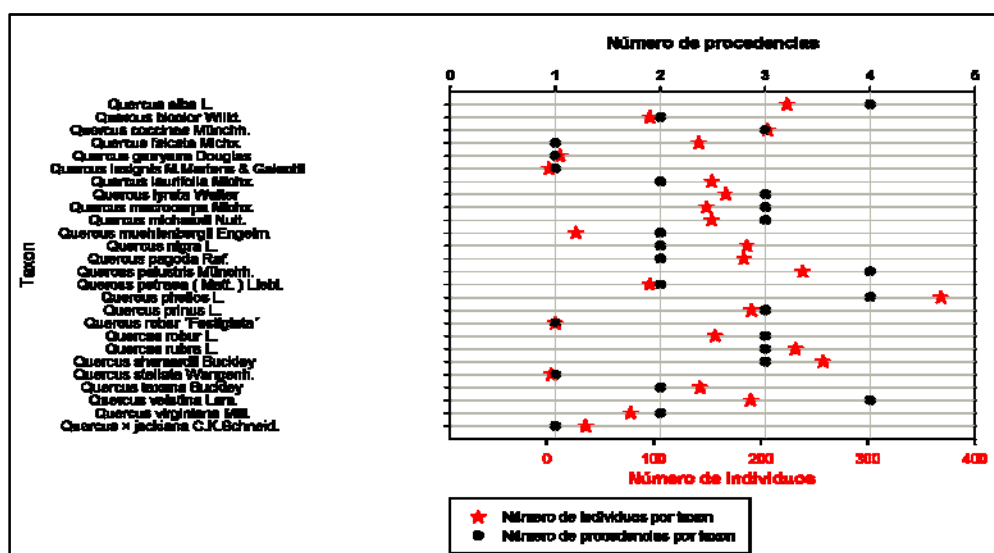


Figura 6. Distribución del número de individuos y procedencias por taxón. Información de partida suministrada por los proveedores de semillas.

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MATERIALES CONSERVADOS EN LA COLECCIÓN. RESULTADOS.

Para la caracterización taxonómica de los materiales recolectados se empleó bibliografía específica sobre taxonomía del género *Quercus* L. (PALMER, 1948; VICIOSO, 1950; MILLER & LAMB, 1985; FRANCO, 1990; RIVAS-MARTÍNEZ & SÁEZ, 1991; LLAMAS *et al*, 1995; NIXON, 1997; CRAFT *et al*, 2002; CURTU *et al*, 2007; FORTINI *et al*, 2009) y morfología y clasificación de sus tricomas foliares (OLSSON, 1975; HARDIN, 1976, 1979; THOMSON & MOHLENBROCK, 1979; SAFOU & SAINTMARTIN, 1989; BUSSOTTI & GROSSONI, 1997; etc.) (v. fig. 7).



Figura 7. Caracteres morfológicos empleados para la diferenciación entre taxones: tricomas foliares. Quercus muehlenbergii Engelm. (02330411206) (a), *Quercus alba* L. (01010441407) (b), *Quercus coccinea* Münchh. (02030441301) (c) y *Quercus michauxii* Nutt. (01080421306) (d).

La identificación del material presente en la colección ha permitido conocer las diferencias existentes entre las características declaradas, fundamentalmente especie, del material importado y su identificación correcta. Actualmente la colección cuenta con un total de 39 taxones diferentes, de los cuales 11 son de origen híbrido.

En el 16% del material actualmente conservado en la colección no existe coincidencia entre su identificación y la declaración inicial del proveedor de semilla. En su mayoría estas diferencias se corresponden con materiales que han mostrado características como materiales híbridos o que, en algunos casos, no han recibido una asignación taxonómica correcta (sinonimias) (v. tabla 2 y figura 8).

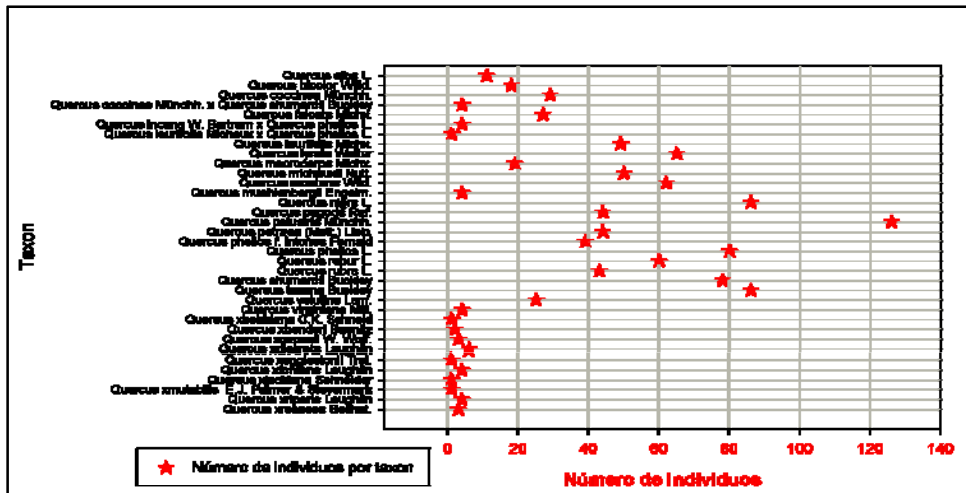


Figura 8. Distribución del número de individuos por taxón en la colección de la empresa Bosques Naturales S.A. (Villanueva de la Vera, Cáceres) en base a la identificación taxonómica efectuada en edades tempranas.

<p style="text-align: center;">Robles rojos y negros <i>Quercus</i> Sect. <i>Lobatae</i> G. Don in J. C. Loudon, Hort. Brit. 385. 1830</p>	<p><i>Quercus coccinea</i> Münchh. Hausvater v. 254 (1770); cf. Little in Journ. Wash. Acad. Sci. xxxiii. 10 (1943) in obs., <i>Q. falcata</i> Michx. Hist. Chênes Amér. <i>Quercus</i> nº. 16 (t. 28). 1801, <i>Q. pagoda</i> Raf. Alsogr. Amer. 23 (Quid ?). 1838, <i>Q. palustris</i> Münchh. Hausvater v. 253 (1770); cf. Little in Journ. Wash. Acad. Sci. xxxiii. 10 (1943). in obs., <i>Q. laurifolia</i> Michx. Hist. Chênes Amér. t. 17. 1801, <i>Q. nigra</i> L. Sp. Pl. 2: 995. 1753, <i>Q. phellos</i> L. Sp. Pl. 2: 994. 1753, <i>Q. phellos</i> L. f. <i>intonsa</i> Fernald Rhodora 44: 392. 1942, <i>Q. rubra</i> L. Sp. Pl. 2: 996. 1753, <i>Q. shumardii</i> Buckley Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 12: 444. 1860 1861, <i>Q. texana</i> Buckley Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 1860 (1861) 444, <i>Q. velutina</i> Lam. Encycl. (Lamarck) 1(2): 721. 1785 [1 Aug 1785], <i>Q. xbenderi</i> Baen. Allg. Bot. Z. Syst. 9: 85. 1903, <i>Q. x discreta</i> Laughlin Phytologia 7: 411. 1961, <i>Q. x capesii</i> W. Wolf Castanea 10: 91. 1945, <i>Q. x egglestonii</i> Trel. Mem. Natl. Acad. Sci. 20: 14. 1924, <i>Q. x fontana</i> Laughlin Phytologia 15: 294. 1967, <i>Q. x mutabilis</i> E. J. Palmer & Steyer. Ann. Missouri Bot. Gard. 22: 521. 1935, <i>Q. x riparia</i> Laughlin Phytologia ix. 102 (1963), <i>Q. coccinea</i> Münchh. x <i>Q. shumardii</i> Buckley, <i>Q. incana</i> W. Bartram x <i>Q. phellos</i> L., <i>Q. laurifolia</i> Michaux x <i>Q. phellos</i> L.</p>
<p style="text-align: center;">Robles blancos <i>Quercus</i> Sect. <i>Quercus</i> L., Syst. Pl. ed 2, II, 994.</p>	<p><i>Quercus alba</i> L. Sp. Pl. 2: 996. 1753, <i>Q. bicolor</i> Willd. Neue Schriften Ges. Naturf. Freunde Berlin iii. (1801) 396, <i>Q. garryana</i> Douglas ex Hook. Fl. Bar. Am. ii. 159, <i>Q. insignis</i> M. Martens & Galeotti Bull. Acad. Brux. x. II. (1843) 219, <i>Q. lyrata</i> Walter Fl. Carol. [Walter] 235. 1788, <i>Q. macrocarpa</i> Michx. Hist. Chênes Amér. tt. 2, 3. 1801, <i>Q. michauxii</i> Nutt. Gen. N. Amer. Pl. [Nuttall]. 2: 215. 1818, <i>Q. montana</i> Willd. Sp. Pl., ed. 4 [Willdenow] 4(1): 440. 1805, <i>Q. muehlenbergii</i> Engelm. Trans. Acad. Sci. St. Louis 3(25): 391. 1877, <i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl. Fl. Fuld. 403. 1784, <i>Q. robur</i> L. Sp. Pl. 2: 996. 1753, <i>Q. robur</i> 'Fastigiata Koster', <i>Q. stellata</i> Wangenh. Beytr. Teut. Forstwiss. 78 (t. 6, fig. 15). 1787, <i>Q. virginiana</i> Mill. Gard. Dict., ed. 8. n. 16. 1768, <i>Q. x rosacea</i> Bechst. Forstbot. ed. V. 210 (<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl. X <i>Q. robur</i> L.), <i>Q. x jackiana</i> C.K. Schneid. III. Handb. Laubholz. [C.K. Schneider] 1: 202. 1904 (<i>Q. alba</i> L. x <i>Q. bicolor</i> Willd.), <i>Q. x bebbiana</i> C.K. Schneid. III. Handb. Laubholz. i. 201 (1904) (<i>Q. alba</i> L. x <i>Q. macrocarpa</i> Michx.)</p>

Tabla 2. Listado de taxones identificados en la colección de la empresa Bosques Naturales S.A. (Villanueva de la Vera, Cáceres).

4. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DENDROMÉTRICO DE LOS DIFERENTES TAXONES Y PROCEDENCIAS DENTRO DEL MATERIAL CONSERVADO PARA CONOCER, EN SUS PRIMERAS EDADES, SU ADAPTACIÓN Y RENDIMIENTO MADERERO.

Durante el período de desarrollo del proyecto de investigación se realizaron mediciones de las variables dendrométricas (**diámetro normal** (cm), **diámetro en la base** (cm) y **altura total** (cm)) en cada uno de los ejemplares incluidos en la colección de *Quercus L.* de Bosques Naturales S.A., concretamente en los meses de junio-julio de 2009 y agosto de 2010.

Medición de variables dendrométricas seleccionadas.

Cada uno de los ejemplares incluidos y conservados en la colección aparece identificado mediante un código de barras numérico, de once dígitos: los cuatro primeros hacen referencia a la especie, los tres siguientes a la procedencia y los cuatro últimos al individuo.

A continuación se definen y describen las variables dendrométricas estudiadas, así como se explica la metodología empleada para su medición:

1. El **diámetro** constituye la variable dendrométrica más habitualmente empleada en la realización de inventarios forestales y suele expresarse en centímetros o milímetros. De todos los diámetros a lo largo del fuste de un pie, se suele medir su valor a una altura de 1,30 m sobre el nivel del suelo (altura normal, D.A.P.), fundamentalmente por: su fácil accesibilidad (cercanía al nivel del suelo), la alta correlación volumen del árbol-diámetro a esta altura y ser un punto donde generalmente ha desaparecido la influencia de las deformaciones en la base del tronco. Este diámetro se denomina **diámetro normal**.

La altura del punto de medición del diámetro se localizó empleando un jalón que permitiera determinar la posición de 1.30 m de medida sobre el árbol.

Puesto que la sección del fuste no es completamente circular, se optó, para minimizar el error, por hacer la medición en dos ejes perpendiculares. Para ello se estableció previamente una dirección inicial de medición en el árbol (oeste-este), y después se midió el diámetro perpendicular (norte-sur), respetando este criterio en todos los pies del ensayo. Posteriormente se empleó como estimador del diámetro real la media aritmética de las dos mediciones.

En los inventarios iniciales se determinó también el valor del **diámetro en la base**, utilizando el mismo criterio de medición anteriormente comentado.

Para la medición directa de los diámetros se empleó una forcípula de brazo móvil, con la escala graduada en centímetros.

El procedimiento de medición consistió en:

- a) Localizar la altura de medición del diámetro sobre el fuste (base ó 1,30 m).
- b) Situar la forcípula, de forma que el plano formado por la pieza principal y sus dos brazos se encuentre perpendicular al eje longitudinal del árbol.

- c) Apoyando la pieza principal y el brazo fijo sobre el tronco se desplaza el otro brazo hasta que la sección a medir quede ajustada entre ambos brazos y la pieza principal.
- d) Realizar la lectura del valor del diámetro que marca el brazo móvil, sobre la escala graduada impresa en la pieza principal.

2. La **altura total de un árbol en pie** (h) definida como la distancia, medida sobre el eje del árbol, que existe entre la zona de la base del mismo que está en contacto con el terreno y su ápice.

Se empleó para su medición en las primeras edades pértigas telescópicas, fundamentalmente por su mayor exactitud y precisión frente a los métodos de medición indirectos, y por su mayor rapidez en plantaciones de corta edad.

La pértiga telescópica está constituida por varias piezas de duraluminio con sección circular, y que van decreciendo. La limitación de su empleo viene determinada por la máxima longitud de ésta. La manera de proceder a la medición de la altura total consiste en:

- a) Un operario se coloca junto al árbol y se van desplegando sucesivos tramos de la pértiga hasta que su extremo superior coincida con el ápice del árbol.
- b) Se realiza la lectura en el contador de la pértiga cuando un segundo operario, situado en un punto desde donde pueda ver el ápice del árbol, indique la coincidencia de éste con el extremo superior de la pértiga.

Debido a que la altura total de algunos de los árboles superaba el rango de medida de las pértigas telescópicas disponibles se optó por la medición esta variable mediante un hipsómetro digital VERTEX IV con el receptor trasponder T3. Para ello se emplea el transponder T3 montado sobre un bastón a una altura de 1,30 metros, T.HEIGHT (altura de transponder) que ha sido establecida en el menú SETTINGS del Vertex IV. La distancia entre el árbol a medir y el operario que maneja el Vertex IV debe ser igual o similar a la altura aproximada del objeto (en este caso el árbol). El operario que lleva el transponder debe colocarse a lado del árbol.

En primer lugar se apunta al T3 con la tecla ON del Vertex IV hasta que la mira de cruz desaparezca momentáneamente. En este momento el equipo ha medido la distancia, el ángulo y la distancia horizontal al transponder T3. Después se apunta a la altura a medir con la mira de cruz parpadeando, presionando ON hasta que la cruz desaparezca, obteniendo en la pantalla el valor de la altura medida.

Con el fin de garantizar la trazabilidad de la información obtenida se emplearon terminales individuales que permitieran la lectura de los códigos de barras que identifican a cada uno de los individuos y la introducción de los valores de las variables medidas que posteriormente fueron exportados en archivos con extensión *“.dat”* o *“.txt”*.

También se evaluaron otras variables como: rectitud, bifurcación, inclinación, densidad de copa, ángulo de ramas, grosor de ramas, número de ramas, longitud de los crecimientos anuales, etc., directamente relacionados con la calidad y destino de la madera.

Evaluación y análisis dendrométrico.

En esta fase de evaluación y análisis de la información dendrométrica disponible se utilizó la información obtenida de las mediciones realizadas en los meses de junio-julio de 2009 y agosto de 2010.

Por otro lado, se empleó también como base para el análisis la información proporcionada por la empresa Bosques Naturales S.A. obtenida en los inventarios anuales (diciembre-enero y junio-julio) desde la instalación de la parcela de ensayo en los años 2003-2004 hasta el año 2008.

Se ha trabajado fundamentalmente con las dos variables dendrométricas anteriormente comentadas: diámetro normal y altura total.

Para la gestión de la información disponible de tipo dendrométrico se introdujeron los datos obtenidos en hojas de cálculo y posteriormente se procedió a su evaluación y análisis mediante programas estadísticos, con el fin de determinar aquellas especies, procedencias y clones que hubieran destacado por su adaptación y rendimiento maderero. El software empleado en cada una de las fases de trabajo ha sido: para la informatización y gestión de datos Microsoft® Excel 2007 y Microsoft® Access 2007; en el análisis estadístico PASW Statistic 18, SAS v. 9.0, y el software libre R; y en la representación gráfica Sigmaplot v. 11.0 for Windows.

La georreferenciación de los individuos incluidos en la colección ha permitido obtener gráficamente un representación de la evolución de las variables dendrométricas consideradas (diámetro normal y altura total) a lo largo de los inventarios realizados (2006-2010) (v. fig. 9). De esta manera se ha podido segregar para la posterior fase de análisis estadístico aquellas áreas que por condicionantes edáficos de naturaleza física (excesiva pedregosidad y falta de suelo disponible) han condicionado el desarrollo y crecimiento de determinados individuos, fundamentalmente localizados en la parte meridional de la parcela, ocupando una franja de aproximadamente 30 metros de ancho.

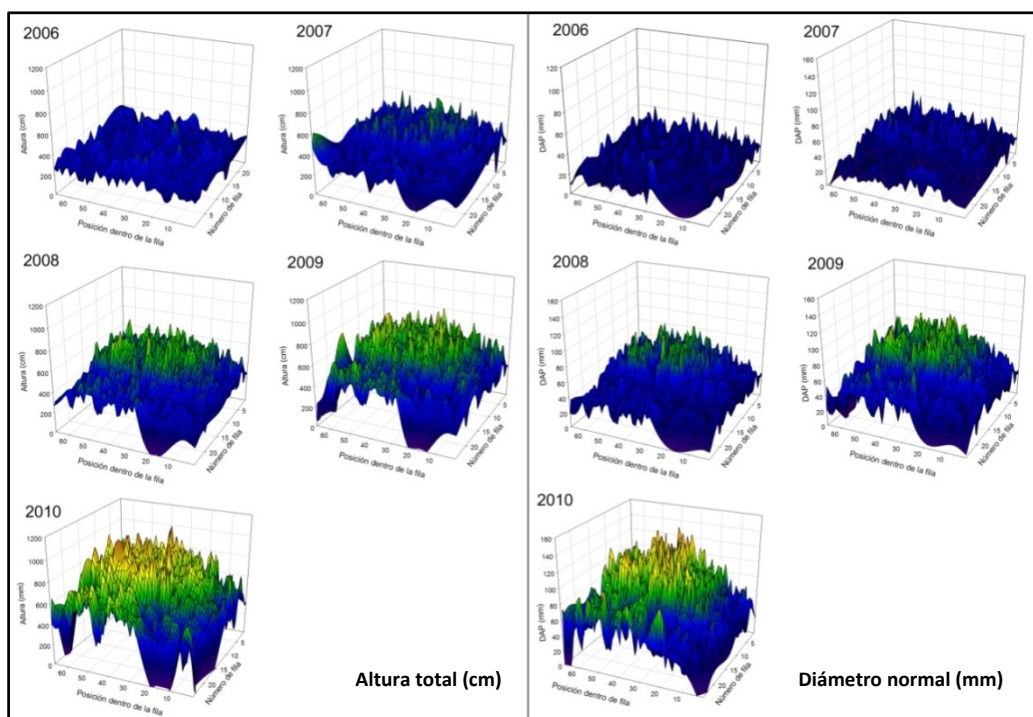


Figura 9. Evolución anual de las variables altura total (cm) y diámetro normal (mm) de los individuos incluidos en la parcela de investigación.

En las siguientes tablas aparecen reflejados los resultados obtenidos por taxones (v. tabla 3 y figuras 10 y 11), por taxones y procedencias (v. tablas 4 y 5) y a nivel de clones (v. tablas 6 y 7)

TAXON	2003								2004							
	ALTURA (CM)				DAP (MM)				ALTURA (CM)				DAP (MM)			
	Media	Error típico de la media	Desviación típica	N total	Media	Error típico de la media	Desviación típica	N total	Media	Error típico de la media	Desviación típica	N total	Media	Error típico de la media	Desviación típica	N total
Quercus alba L.	542	44	87	4	51	7	14	4	351	8	11	2	27	5	7	2
Quercus bicolor Willd.	667	17	71	17	73	3	12	17	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus coccinea Münchh.	586	78	135	3	62	11	20	3	581	28	121	22	48	3	14	22
Quercus coccinea Münchh. x Quercus shumardii Buckley	727	48	82	3	81	7	13	3	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus falcata Michx.	650	13	52	15	86	3	12	15	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus incana W. Bartram x Quercus phellos L.	703	53	106	4	87	6	12	4	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus laurifolia Michaux x Quercus phellos L.	637	.	.	1	56	.	.	1	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus laurifolia Michx.	692	20	89	21	87	4	16	21	506	20	74	15	57	4	14	15
Quercus lyrata Walter	559	15	33	5	75	2	4	5	556	20	126	42	60	3	17	42
Quercus macrocarpa Michx.	613	33	74	5	83	9	21	5	515	43	130	10	59	6	17	10
Quercus michauxii Nutt.	708	20	46	5	84	3	6	5	512	20	120	39	56	2	13	39
Quercus montana Wild.	706	20	107	29	67	3	15	29	497	21	92	20	50	4	16	20
Quercus muehlenbergii Engelm.	536	81	114	2	62	10	13	2	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus nigra L.	801	13	96	59	98	2	16	59	685	34	103	9	70	3	8	9
Quercus pagoda Raf.	707	15	90	40	92	3	18	40	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus palustris Münchh.	708	16	69	19	80	3	12	19	605	10	84	77	64	2	14	77
Quercus petraea (Matt.) Liebl.	667	15	82	29	90	3	15	29	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus phellos f. intonsa Fernald	722	24	125	28	92	3	15	28	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus phellos L.	760	13	103	59	95	2	19	59	430	.	.	1	29	.	.	1
Quercus robur L.	659	23	149	43	88	3	19	43	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus rubra L.	725	15	87	33	78	3	14	33	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus shumardii Buckley	769	12	100	73	86	1	12	73	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus texana Buckley	734	18	90	24	94	3	14	24	601	14	105	58	66	2	15	58
Quercus velutina Lam.	708	55	134	6	84	6	15	6	575	37	123	11	52	4	12	11
Quercus virginiana Mill.	.	.	.	0	.	.	.	0	490	.	.	1	44	.	.	1
Quercus x bebbiana C.K. Schneid	452	.	.	1	40	.	.	1	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x benderi Baenitz	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x capesii W. Wolf.	.	.	.	0	.	.	.	0	736	.	.	1	82	.	.	1
Quercus x discreta Laughlin	776	40	105	7	84	4	11	7	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x egglestonii Trel.	510	.	.	1	42	.	.	1	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x fontana Laughlin	689	48	96	4	75	6	12	4	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x jackiana Schneider	639	94	163	3	82	2	3	3	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x mutabilis E.J. Palmer & Steyermark	860	.	.	1	90	.	.	1	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x riparia Laughlin	767	52	104	4	72	10	20	4	.	.	.	0	.	.	.	0
Quercus x rosacea Bechst.	652	21	30	2	94	18	25	2	.	.	.	0	.	.	.	0

Tabla 3. Media, error típico de la media y desviación típica de las variables altura (cm) , diámetro normal (mm) y número total de individuos evaluado por taxón y año de plantación.

TAXON	PROCEDENCIA	ALTURA (cm)						DAP (mm)					
		Media	Mínimo	Máximo	Error típico de la media	Desviación típica	N total	Media	Mínimo	Máximo	Error típico de la media	Desviación típica	N total
<i>Quercus alba</i> L.	Iowa	566	462	620	52	90	3	55	39	63	8	14	3
	Pennsylvania	471	471	471	.	.	1	39	39	39	.	.	1
<i>Quercus bicolor</i> Willd.	Iowa	646	512	710	20	67	11	71	54	96	4	14	11
	Ohio	706	590	778	27	65	6	75	70	78	1	3	6
<i>Quercus coccinea</i> Münchh.	Iowa	600	466	733	134	189	2	63	43	82	20	28	2
	Pennsylvania	560	560	560	.	.	1	60	60	60	.	.	1
<i>Quercus coccinea</i> Münchh. x <i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	640	640	640	.	.	1	66	66	66	.	.	1
	Oklahoma	771	737	804	34	47	2	88	87	89	1	1	2
<i>Quercus falcata</i> Michx.	Arkansas	650	543	730	13	52	15	86	67	111	3	12	15
<i>Quercus incana</i> W. Bartram x <i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	690	690	690	.	.	1	81	81	81	.	.	1
	Kentucky	708	596	850	75	130	3	89	75	103	8	14	3
<i>Quercus laurifolia</i> Michaux x <i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	637	637	637	.	.	1	56	56	56	.	.	1
<i>Quercus laurifolia</i> Michx.	Arkansas	676	435	764	45	118	7	88	53	105	7	19	7
	Kentucky	780	766	790	7	13	3	96	90	107	6	10	3
	Louisiana	670	535	745	21	66	10	87	67	103	3	10	10
	Tennessee	775	775	775	.	.	1	45	45	45	.	.	1
<i>Quercus lyrata</i> Walter	Missouri	559	528	615	15	33	5	75	71	81	2	4	5
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	Arkansas	628	546	710	82	116	2	90	65	114	25	35	2
	Iowa	670	670	670	.	.	1	78	78	78	.	.	1
<i>Quercus michauxii</i> Nutt.	Arkansas	708	644	755	20	46	5	84	73	90	3	6	5
<i>Quercus montana</i> Wild.	Arkansas	745	745	745	.	.	1	76	76	76	.	.	1
	New Jersey	714	500	880	21	107	26	67	42	105	3	16	26
	New York	588	558	618	30	42	2	69	61	76	8	11	2
<i>Quercus muehlenbergii</i> Engelm.	Kentucky	616	616	616	.	.	1	71	71	71	.	.	1
	Louisiana	455	455	455	.	.	1	52	52	52	.	.	1
<i>Quercus nigra</i> L.	Arkansas	780	590	950	19	90	23	95	48	119	3	15	23
	Kentucky	710	710	710	.	.	1	75	75	75	.	.	1
	Tennessee	817	568	1010	17	99	35	100	67	133	3	16	35

Tabla 4. Valores de altura total (cm) y diámetro normal (mm) por taxones y procedencias, con la indicación de la media, máximo, mínimo, error típico de la media, desviación típica y número total de ejemplares. Año de plantación 2003.

TAXON	PROCEDENCIA	ALTURA (cm)						DAP (mm)					
		Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo
<i>Quercus pagoda</i> Raf.	Arkansas	722	581	850	14	82	36	95	56	126	3	17	36
	Kentucky	579	530	624	21	42	4	66	54	72	4	8	4
<i>Quercus palustris</i> Münchh	Missouri	727	580	840	22	76	12	83	65	103	4	13	12
	Ohio	676	613	750	17	45	7	75	59	91	4	11	7
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	Cord. Cant. Merid.	663	510	860	20	88	20	89	61	112	3	15	20
	Galicia	668	557	798	27	76	8	90	70	109	5	13	8
	Reg Vasco-Navarra	735	735	735	.	.	1	120	120	120	.	.	1
<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	Arkansas	726	303	930	33	146	19	95	60	122	4	16	19
	Kentucky	690	597	754	33	66	4	82	75	93	4	8	4
	Tennessee	735	653	820	31	68	5	90	80	105	5	11	5
<i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	774	290	1010	22	122	33	99	57	153	3	20	33
	Georgia	807	772	850	14	34	6	101	80	123	7	17	6
	Kentucky	695	605	782	29	70	6	82	60	93	5	12	6
	Tennessee	736	653	860	18	67	14	86	63	103	3	13	14
<i>Quercus robur</i> L.	Galicia	575	0	780	44	177	16	82	50	103	3	14	16
	La Garrotxa	717	510	830	21	80	17	90	61	118	4	17	17
	Reg Vasco-Navarra	699	510	860	44	131	9	91	50	125	9	27	9
	Tennessee	770	770	770	.	.	1	120	120	120	.	.	1
<i>Quercus rubra</i> L.	Michigan	662	600	762	30	68	5	62	45	74	6	12	5
	Missouri	745	580	880	17	83	24	83	65	107	2	12	24
	Pennsylvania	666	608	767	51	88	4	63	55	75	4	9	4
<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	794	613	960	13	88	49	88	58	110	2	11	49
	Mississippi	720	545	990	28	117	17	80	57	100	3	14	17
	Oklahoma	722	590	800	27	71	7	87	75	103	4	10	7
<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	734	550	890	18	90	24	94	68	124	3	14	24

Tabla 4 (cont.). Valores de altura total (cm) y diámetro normal (mm) por taxones y procedencias, con la indicación de la media, máximo, mínimo, error típico de la media, desviación típica y número total de ejemplares. Año de plantación 2003..

TAXON	PROCEDENCIA	ALTURA (cm)						DAP (mm)					
		Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo	Media	Mínimo
<i>Quercus velutina</i> Lam.	Missouri	649	448	788	103	178	3	84	60	99	12	21	3
	Ohio	739	730	747	9	12	2	78	75	80	3	4	2
	Tennessee	825	825	825	.	.	1	95	95	95	.	.	1
<i>Quercus xbebbiana</i> C.K. Schneid	Missouri	452	452	452	.	.	1	40	40	40	.	.	1
<i>Quercus x discreta</i> Laughlin	Arkansas	870	759	980	111	156	2	93	89	96	4	5	2
	Tennessee	739	656	810	29	65	5	81	66	93	5	11	5
<i>Quercus x egglestonii</i> Trel.	Oklahoma	510	510	510	.	.	1	42	42	42	.	.	1
<i>Quercus x fontana</i> Laughlin	Iowa	693	558	775	68	118	3	69	68	70	1	1	3
	Missouri	677	677	677	.	.	1	93	93	93	.	.	1
<i>Quercus x jackiana</i> Schneider	New York	639	485	810	94	163	3	82	80	86	2	3	3
<i>Quercus x mutabilis</i> E.J. Palmer & Steyermark	Mississippi	860	860	860	.	.	1	90	90	90	.	.	1
<i>Quercus x riparia</i> Laughlin	Arkansas	746	613	830	67	117	3	64	52	80	8	14	3
	Oklahoma	830	830	830	.	.	1	96	96	96	.	.	1
<i>Quercus x rosacea</i> Bechst.	Galicia	631	631	631	.	.	1	76	76	76	.	.	1
	Reg Vasco-Navarra	673	673	673	.	.	1	112	112	112	.	.	1

Tabla 4 (cont.). Valores de altura total (cm) y diámetro normal (mm) por taxones y procedencias, con la indicación de la media, máximo, mínimo, error típico de la media, desviación típica y número total de ejemplares. Año de plantación 2003.

TAXON	PROCEDENCIA	ALTURA (cm)						DAP (cm)					
		Media	Mínimo	Máximo	Error típico de la media	Desviación típica	N total	Media	Mínimo	Máximo	Error típico de la media	Desviación típica	N total
<i>Quercus alba</i> L.	Illinois	358	358	358	.	.	1	32	32	32	.	.	1
	New Jersey	343	343	343	.	.	1	22	22	22	.	.	1
<i>Quercus coccinea</i> Münchh.	Pennsylvania	581	280	784	28	121	22	48	23	75	3	14	22
<i>Quercus laurifolia</i> Michx.	Florida	463	412	526	24	49	4	45	36	60	6	12	4
	Louisiana	523	364	642	24	77	11	61	33	77	4	13	11
<i>Quercus lyrata</i> Walter	Arkansas	613	400	860	24	105	20	67	35	90	3	15	20
	Illinois	506	325	710	27	124	21	53	28	87	4	17	21
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	Arkansas	515	367	758	43	130	10	59	32	78	6	17	10
<i>Quercus michauxii</i> Nutt.	Arkansas	510	346	667	20	76	14	56	33	76	3	12	14
	Louisiana	527	0	685	53	183	16	60	34	83	4	14	16
	Pennsylvania	387	387	387	.	.	1	43	43	43	.	.	1
	Tennessee	510	430	605	21	58	8	51	31	73	5	13	8
<i>Quercus montana</i> Wild.	Illinois	511	398	681	32	96	9	51	20	90	7	21	9
	New Jersey	447	447	447	.	.	1	38	38	38	.	.	1
	Pennsylvania	489	380	725	32	96	10	51	30	70	4	11	10
<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	685	513	830	34	103	9	70	55	80	3	8	9
<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Arkansas	602	345	763	17	93	31	64	20	96	3	16	31
	Missouri	631	468	748	13	64	25	69	43	92	2	12	25
	Tennessee	577	370	665	19	85	21	58	35	74	2	11	21
<i>Quercus phellos</i> L.	Tennessee	430	430	430	.	.	1	29	29	29	.	.	1
<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	623	358	751	21	113	31	68	31	96	3	14	31
	Illinois	432	385	478	47	66	2	41	33	48	8	11	2
	Missouri	575	575	575	.	.	1	67	67	67	.	.	1
	Tennessee	589	458	777	18	86	24	65	37	91	3	15	24
<i>Quercus velutina</i> Lam.	Arkansas	575	372	761	37	123	11	52	28	72	4	12	11
<i>Quercus virginiana</i> Mill.	Louisiana	490	490	490	.	.	1	44	44	44	.	.	1
<i>Quercus x capesii</i> W. Wolf.	Tennessee	736	736	736	.	.	1	82	82	82	.	.	1

Tabla 5. Valores de altura total (cm) y diámetro normal (mm) por taxones y procedencias, con la indicación de la media, máximo, mínimo, error típico de la media, desviación típica y número total de ejemplares. Año de plantación 2004.

En las siguientes tablas aparecen reflejados los 24 clones que han proporcionado los mayores valores de diámetro y altura para cada uno de los años de plantación (2003 y 2004) (v. tabla 6 y 7).

CODIGO COMPLETO CLON	TAXON	PROCEDENCIA	ALTURA (cm)
02100411110	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	1010
02130611611	<i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	1010
02160411410	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Mississippi	990
02200431608	<i>Quercus xdiscreta</i> Laughlin	Arkansas	980
02100121406	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	960
02100411405	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	960
02160111101	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	960
02160111406	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	960
02160431109	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	960
02100211308	<i>Quercus nigra</i> L.	Arkansas	950
02100411111	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	950
02100411306	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	940
02100411410	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	940
02320121106	<i>Quercus laurifolia</i> Michaux x <i>Quercus phellos</i> L.	Tennessee	940
02400111306	<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	Tennessee	940
02400611502	<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	Arkansas	940
02400421308	<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	Arkansas	930
02100421306	<i>Quercus nigra</i> L.	Arkansas	920
02160421302	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	910
02160431308	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	910
02100121103	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	900
02100121305	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	890
02160431311	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	Arkansas	890
02170411406	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	890

CODIGO COMPLETO CLON	TAXON	PROCEDENCIA	DAP (mm)
02130421202	<i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	153
02100121403	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	133
02400511412	<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	Arkansas	131
02400611502	<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	Arkansas	128
02130421204	<i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	127
02100411305	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	126
02110211507	<i>Quercus pagoda</i> Raf.	Arkansas	126
02130611611	<i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	126
01220811303	<i>Quercus robur</i> L.	Reg Vasco-Navarra	125
02100121305	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	125
02170411406	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	124
02130431210	<i>Quercus phellos</i> L.	Georgia	123
02100411111	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	122
02100411311	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	122
02400421102	<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	Arkansas	122
02130421402	<i>Quercus phellos</i> L.	Arkansas	121
01220811405	<i>Quercus robur</i> L.	Reg Vasco-Navarra	120
01290811304	<i>Quercus xrosacea</i> Bechst.	Reg Vasco-Navarra	120
02100121304	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	120
02110421305	<i>Quercus pagoda</i> Raf.	Arkansas	120
02130431207	<i>Quercus phellos</i> L.	Georgia	120
02100211308	<i>Quercus nigra</i> L.	Arkansas	119
02110421406	<i>Quercus pagoda</i> Raf.	Arkansas	119
01220821208	<i>Quercus robur</i> L.	La Garrotxa	118

Tabla 6. Valores de altura total (cm) (izquierda) y diámetro normal (mm) (derecha) de los 25 ejemplares superiores, con la indicación del taxón y su procedencia correspondiente. Año de plantación 2003.

CODIGO COMPLETO CLON	TAXON	PROCEDENCIA	ALTURA (cm)
01060421103	<i>Quercus lyrata</i> Walter	Arkansas	860
02100431402	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	830
02100431411	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	810
02030441208	<i>Quercus coccinea</i> Münchh.	Pennsylvania	784
02170421105	<i>Quercus texana</i> Buckley	Tennessee	777
02120431212	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Arkansas	763
02180421101	<i>Quercus velutina</i> Lam.	Arkansas	761
02120431303	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Arkansas	758
02170431308	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	751
02170431312	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	750
02120441304	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Missouri	748
01060421111	<i>Quercus lyrata</i> Walter	Arkansas	746
02170431201	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	746
02170431103	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	742
02170431403	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	740
02170431412	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	740
02100431410	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	736
02170431303	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	735
02170431407	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	729
02170431309	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	728
02100431311	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	726
01140511108	<i>Quercus montana</i> Wild.	Pennsylvania	725
02170421204	<i>Quercus texana</i> Buckley	Tennessee	720
02170431102	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	720

CODIGO COMPLETO CLON	TAXON	PROCEDENCIA	DAP (mm)
02120431312	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Arkansas	96
02170431309	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	96
02120441209	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Missouri	92
02170421412	<i>Quercus texana</i> Buckley	Tennessee	91
02170431407	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	91
01060421108	<i>Quercus lyrata</i> Walter	Arkansas	90
01140431102	<i>Quercus montana</i> Wild.	Illinois	90
02120431212	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Arkansas	90
02120441210	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Missouri	90
02120431311	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Arkansas	89
01060511203	<i>Quercus lyrata</i> Walter	Illinois	87
02120441304	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Missouri	87
01060431102	<i>Quercus lyrata</i> Walter	Illinois	86
01060421110	<i>Quercus lyrata</i> Walter	Arkansas	85
02170431303	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	84
02170431312	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	84
01060421305	<i>Quercus lyrata</i> Walter	Arkansas	83
01080431102	<i>Quercus michauxii</i> Nutt.	Louisiana	83
02120431103	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Arkansas	83
02100431410	<i>Quercus nigra</i> L.	Tennessee	82
02120441303	<i>Quercus palustris</i> Münchh.	Missouri	82
02170431412	<i>Quercus texana</i> Buckley	Arkansas	82
02170421112	<i>Quercus texana</i> Buckley	Tennessee	81
02170421402	<i>Quercus texana</i> Buckley	Tennessee	81

Tabla 7. Valores de altura total (cm.) (izquierda) y diámetro normal (mm) (derecha) de los 25 ejemplares superiores, con la indicación del taxón y su procedencia correspondiente. Año de plantación 2004.

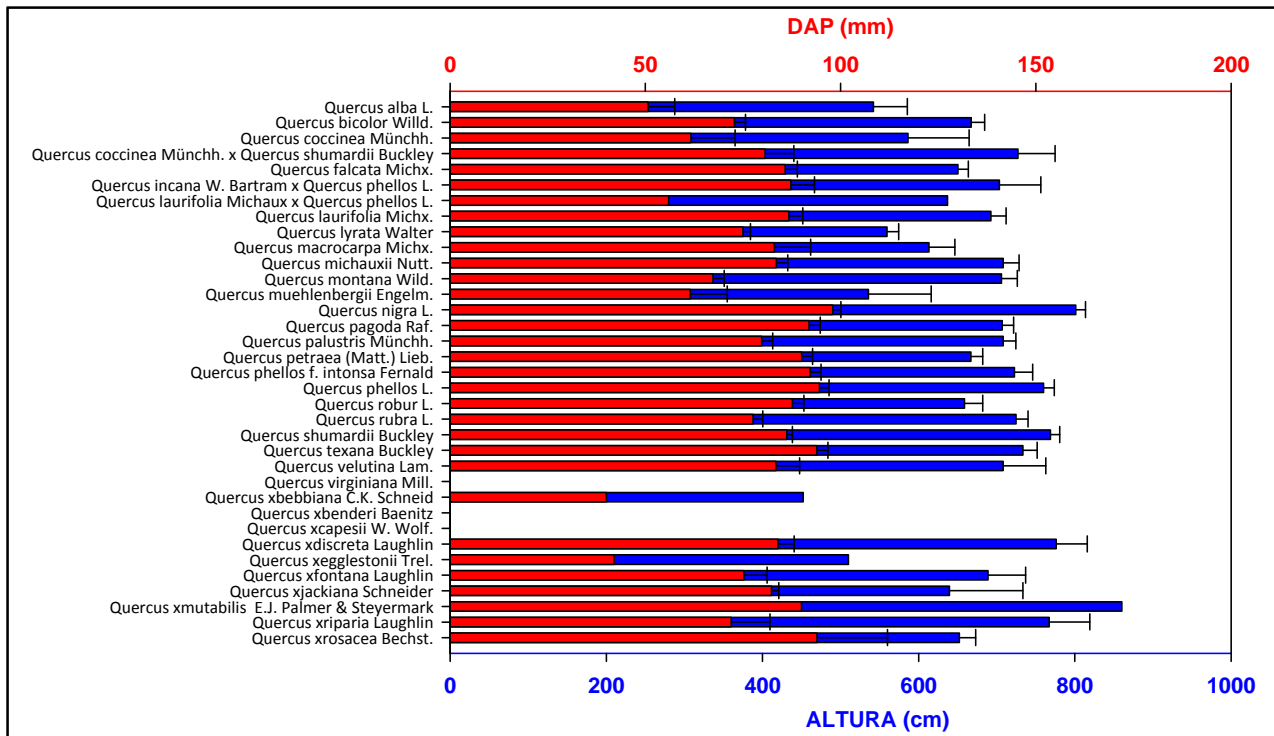


Figura 10. Valor medio y error típico de la media de las variables altura total (cm) (eje inferior, color negro) y diámetro normal (mm) (eje superior, color rojo) por taxón. Datos inventario año 2010. Año de plantación 2003.

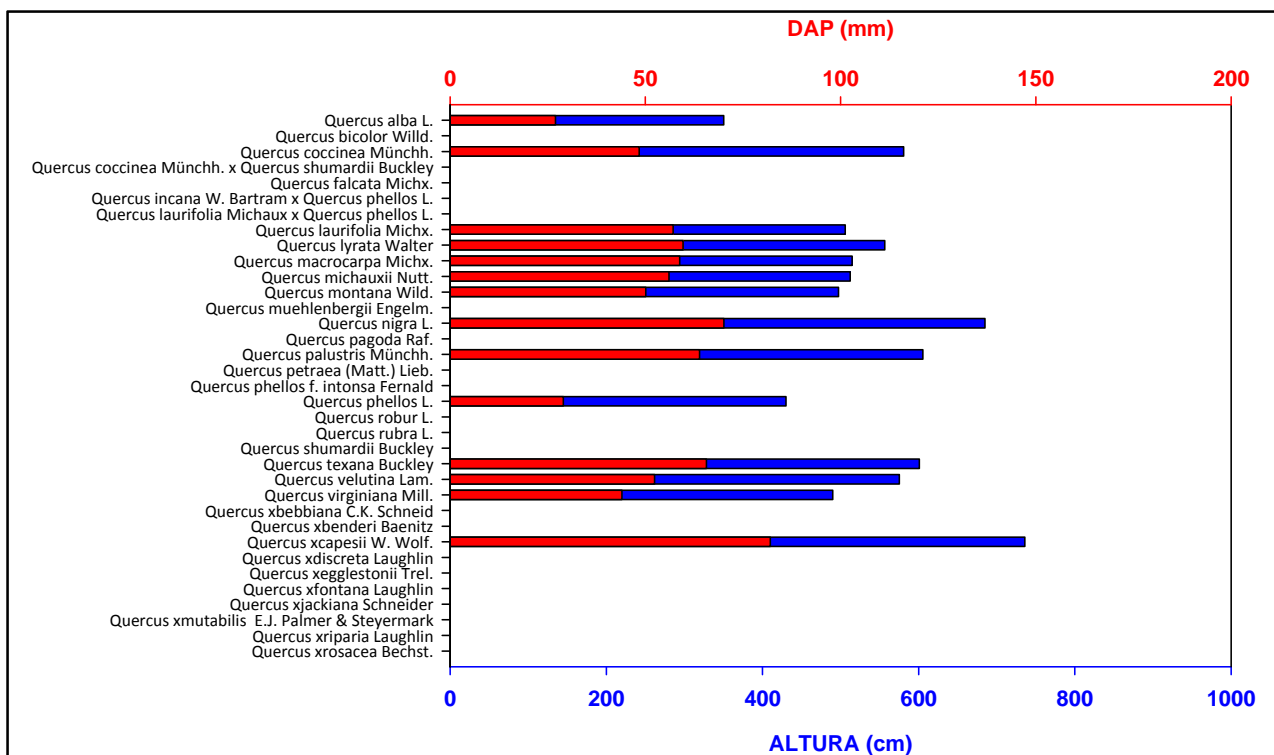


Figura 11. Valor medio de las variables altura total (cm) (eje inferior, color negro) y diámetro normal (mm) (eje superior, color rojo) por taxón. Datos inventario año 2010. Año de plantación 2004.

Por otro lado, con los datos proporcionados por los inventarios realizados entre los años 2006 y 2010 se ha representado los valores de altura total (cm) (en ordenadas) frente al diámetro normal (mm) (en abscisas) para cada uno de los taxones individuales (v. fig. 12) y formando grupos de taxones (v. fig. 13 y 14).

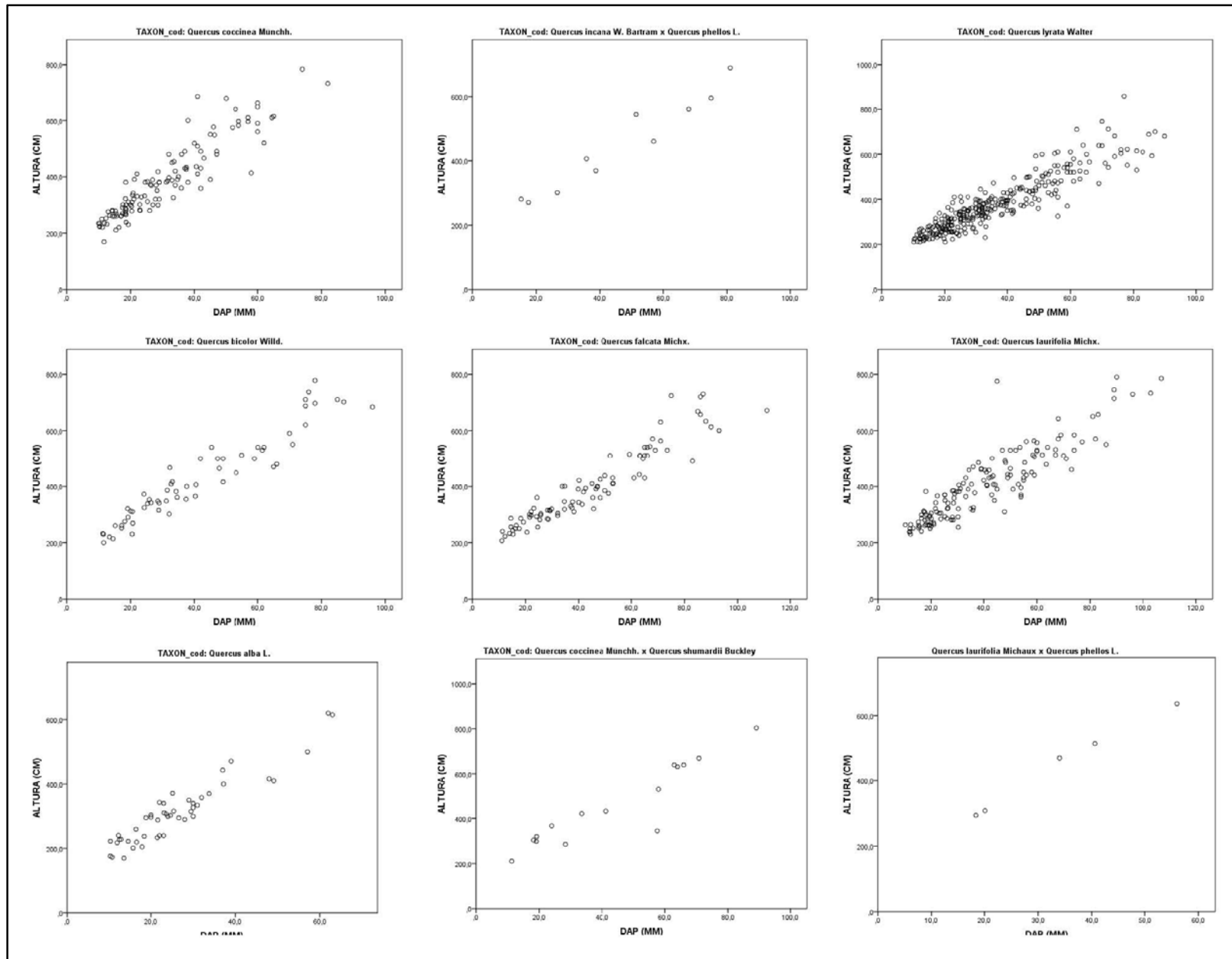


Figura 12. Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. Datos inventario 2006-2010.

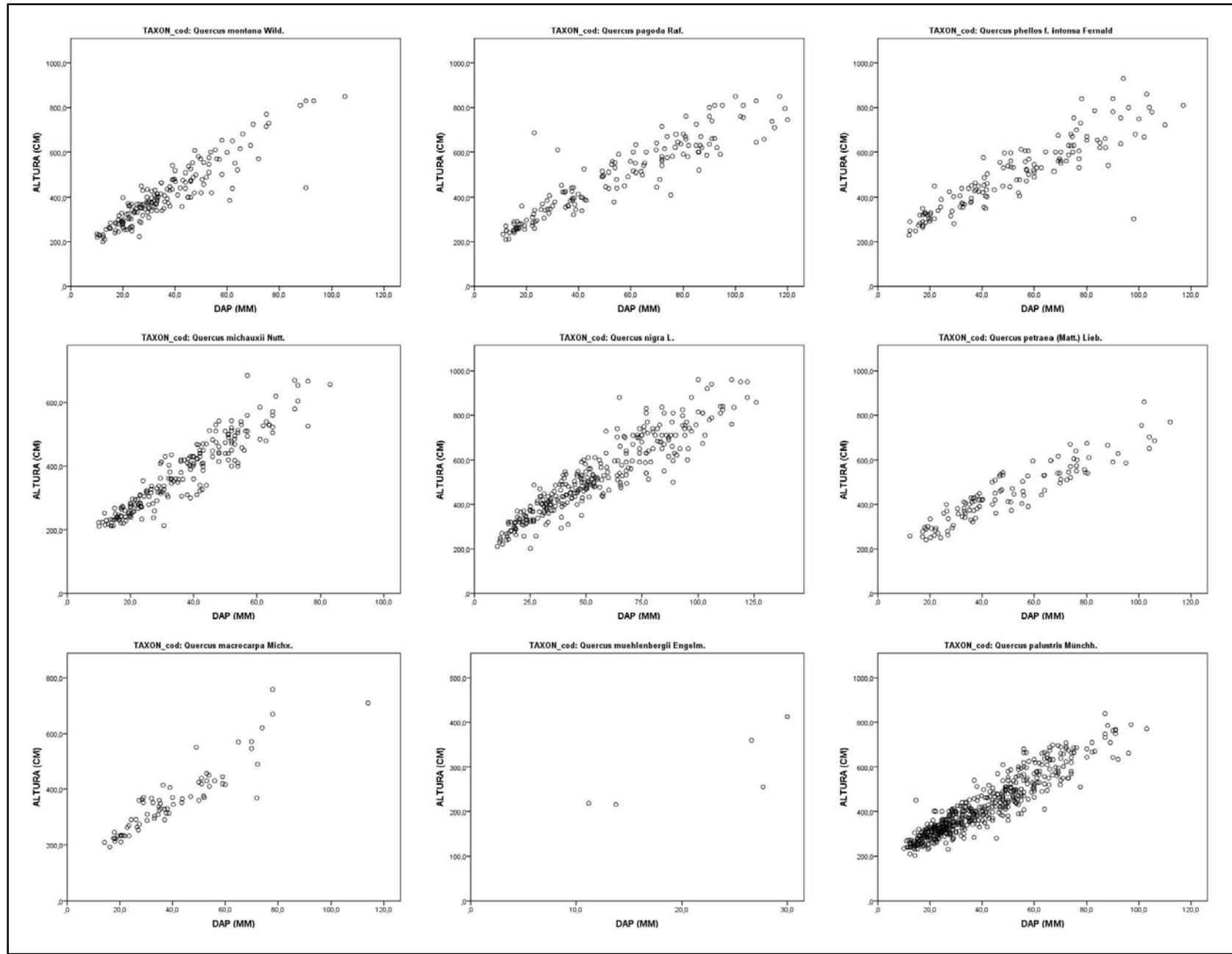


Figura 12 (cont.). Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. Datos inventario 2006-2010.

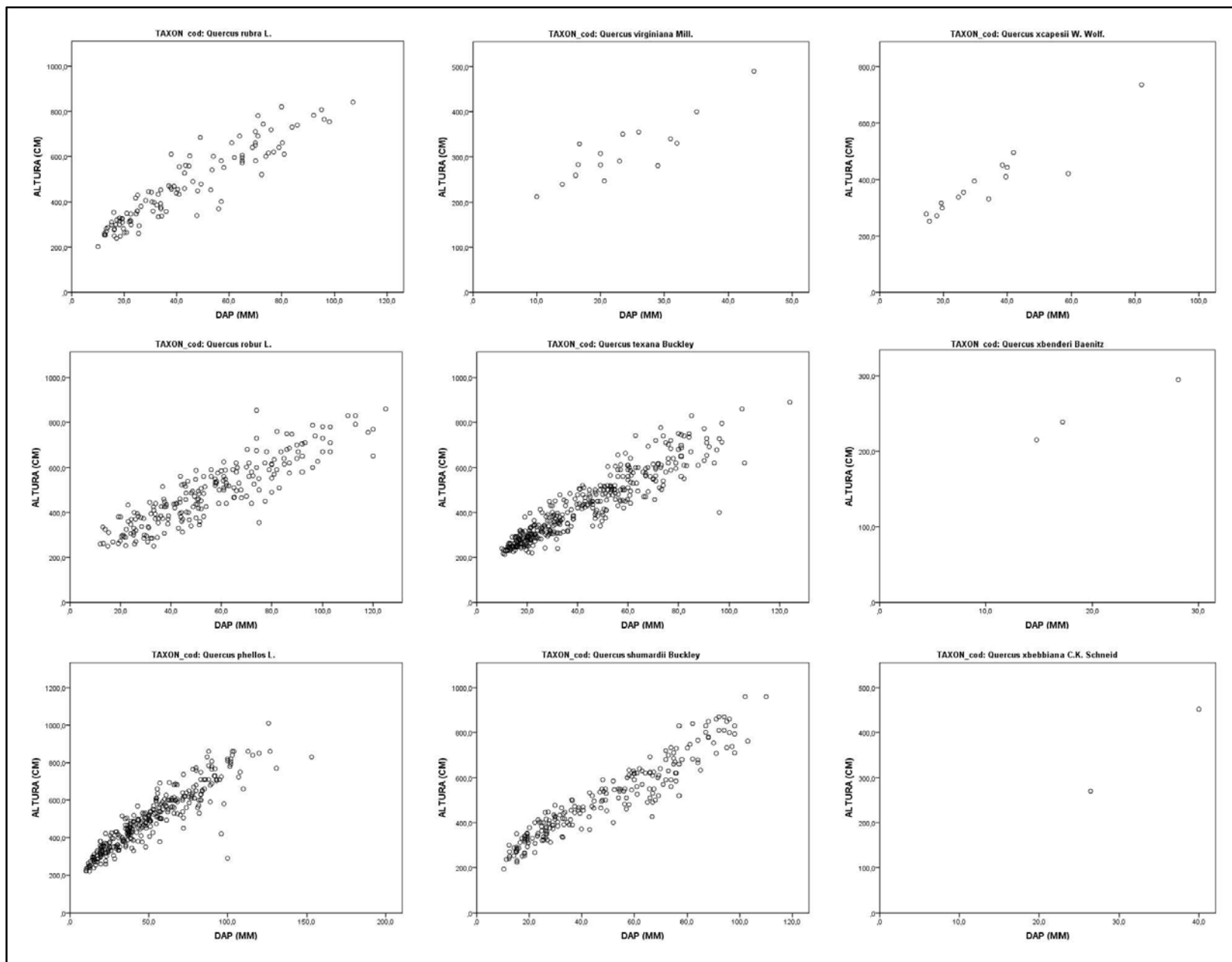


Figura 12 (cont.). Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (en mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. Datos inventario 2006-2010

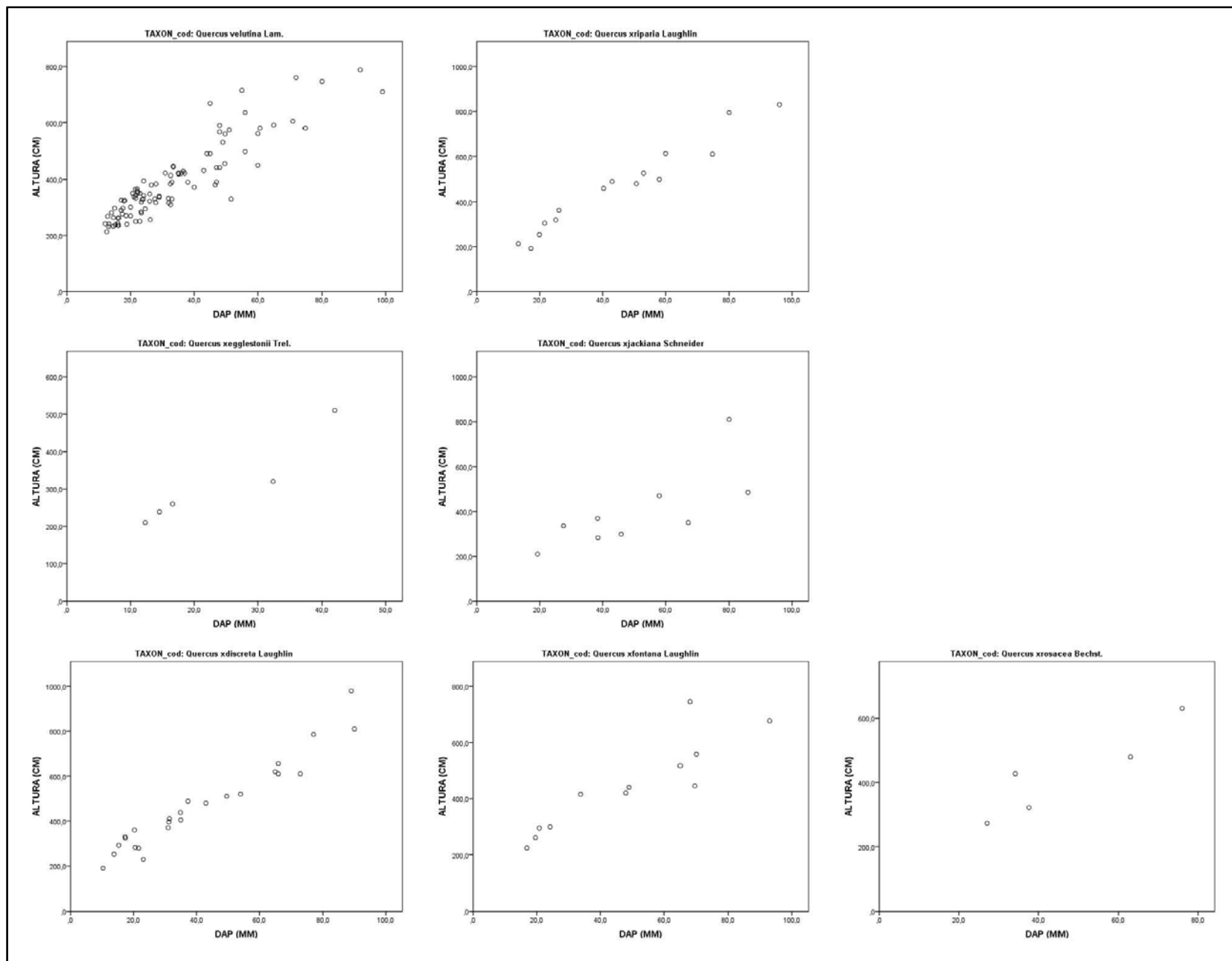


Figura 12 (cont.). Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de *Quercus* L. Datos inventario 2006-2010.

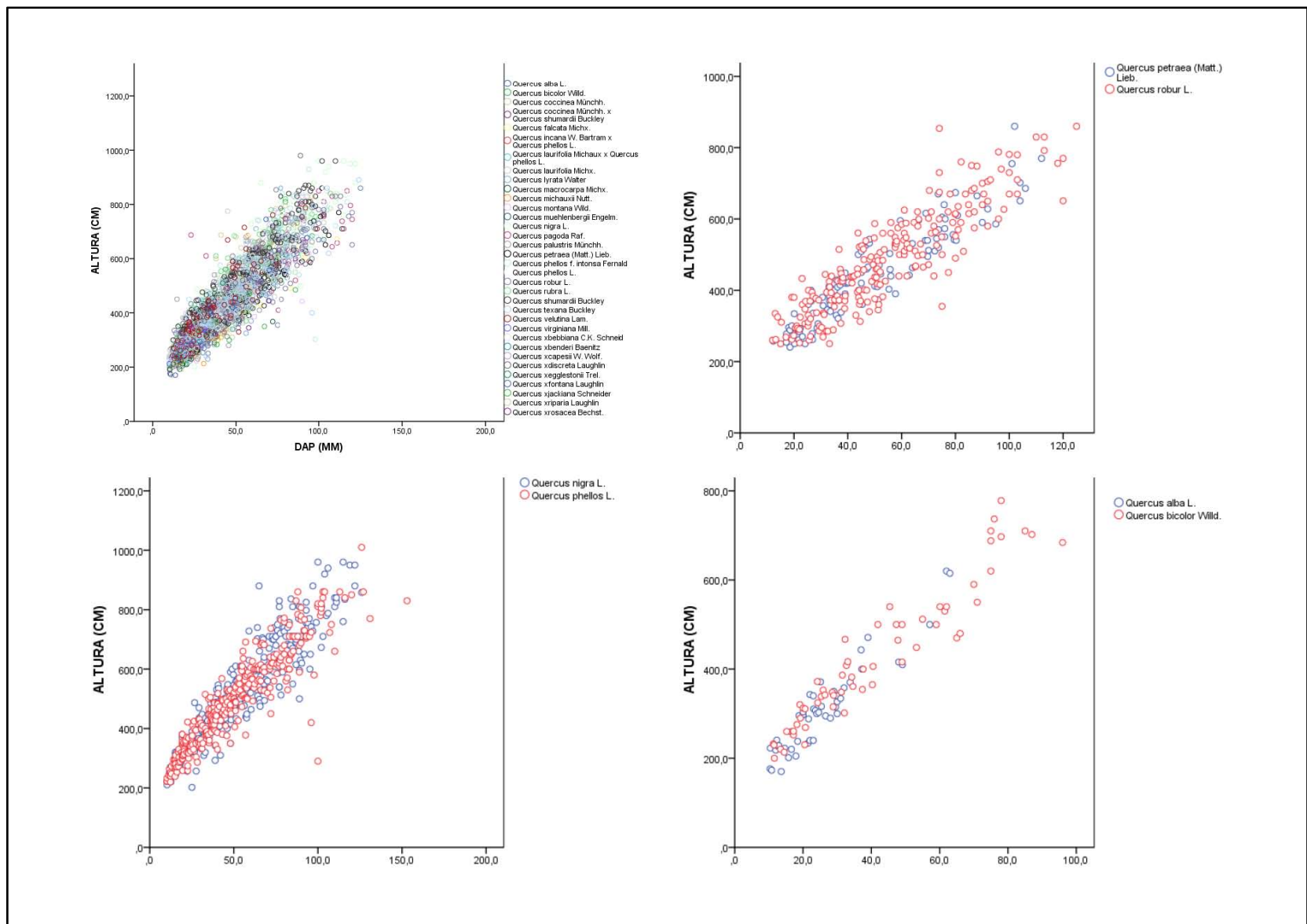


Figura 13. Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. Todas las taxones (superior izquierda), Quercus petraea (Matt.) Liebl. vs. Q. robur L. (superior derecha), Q. nigra L. vs. Q. phellos L. (inferior izquierda), Q. alba L. vs. Q. bicolor Willd. Datos inventario 2006-2010.

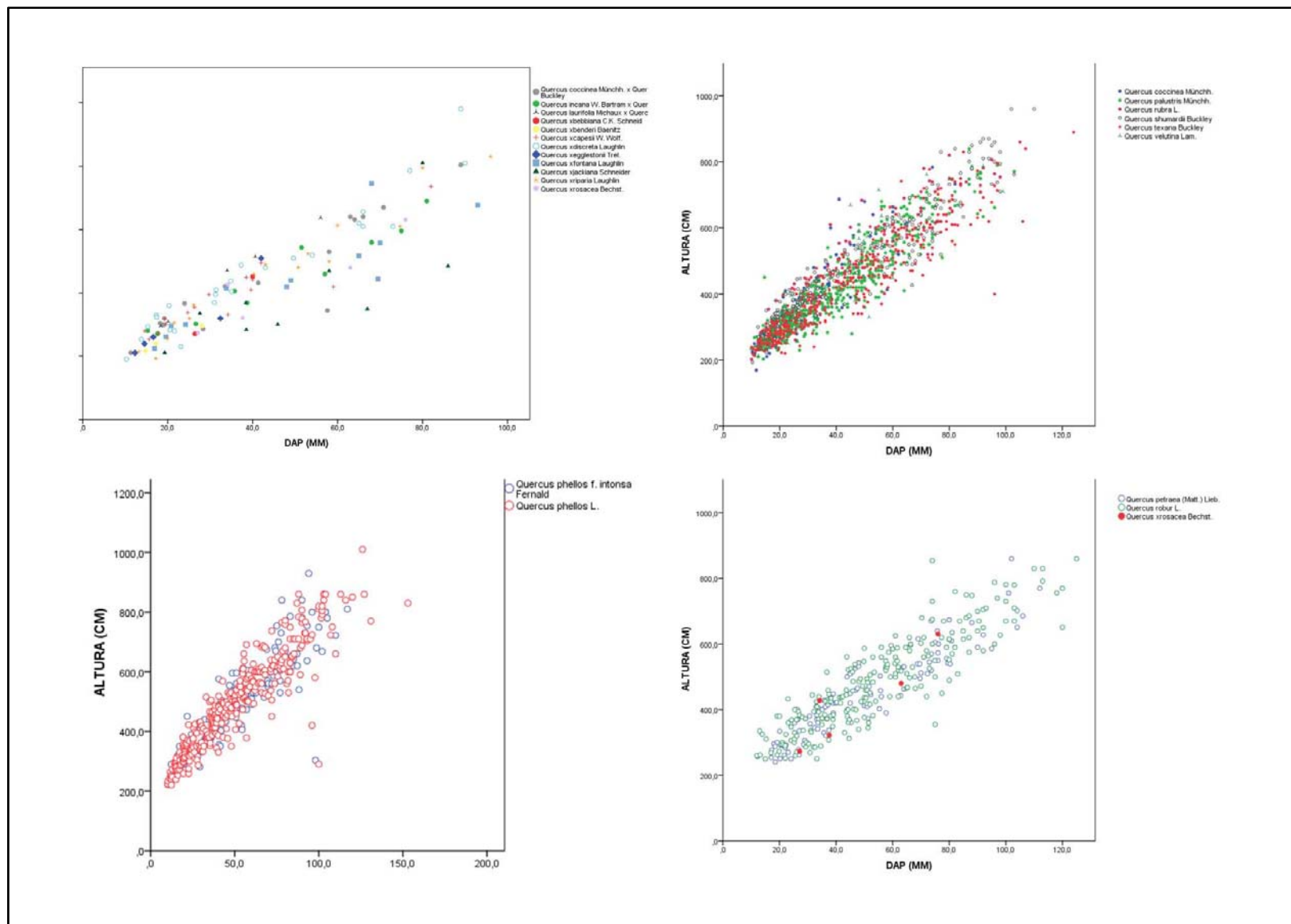


Figura 14. Representación de la altura total (cm) y diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. Todas las taxones híbridos identificados (superior izquierda), *Quercus cocinea* Münchh., *Q. palustris* Münchh., *Q. rubra* L., *Q. shumardii* Buckley, *Q. texana* Buckley, *Q. velutina* Lam. (superior derecha), *Q. phellos* f. *intonsa* Fernald. vs. *Q. phellos* L. (inferior izquierda), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. vs. *Q. robur* L. vs. *Q. xrosacea* Bechst. Datos inventario 2006-2010.

También con los datos proporcionados por los inventarios realizados entre los años 2006 y 2010 se ha representado la evolución del valor medio de la variables altura total (cm) (v. fig 15) y diámetro normal (mm) a lo largo de este periodo (v. figuras 15 y 16).

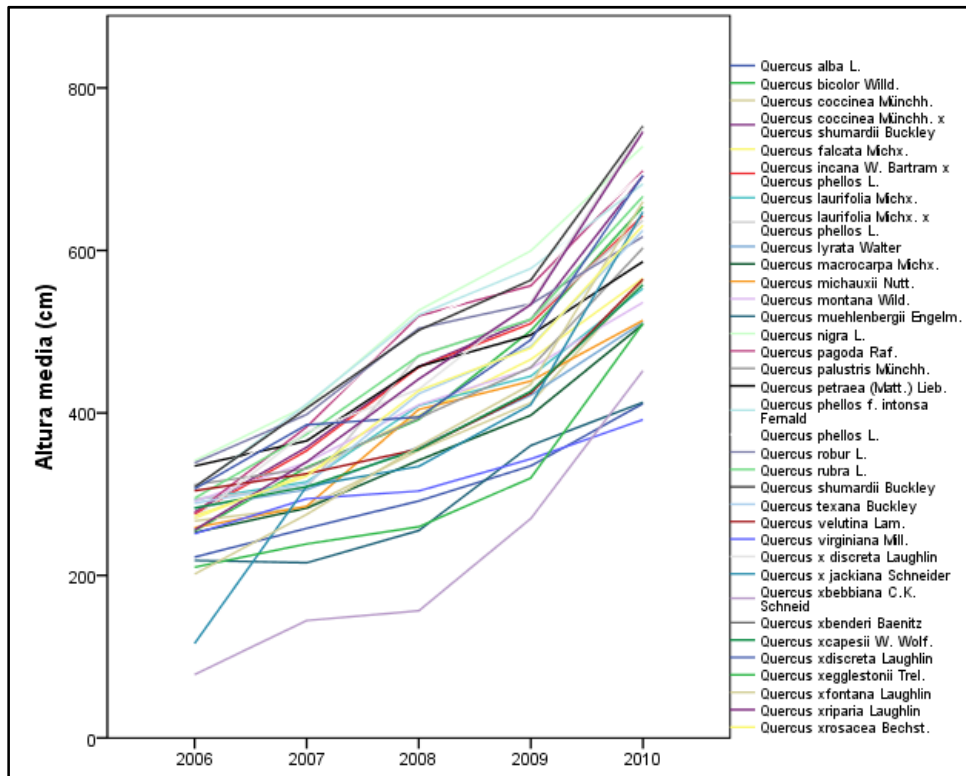


Figura 15. Evolución de la altura total media (cm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. durante el período 2006-2010.

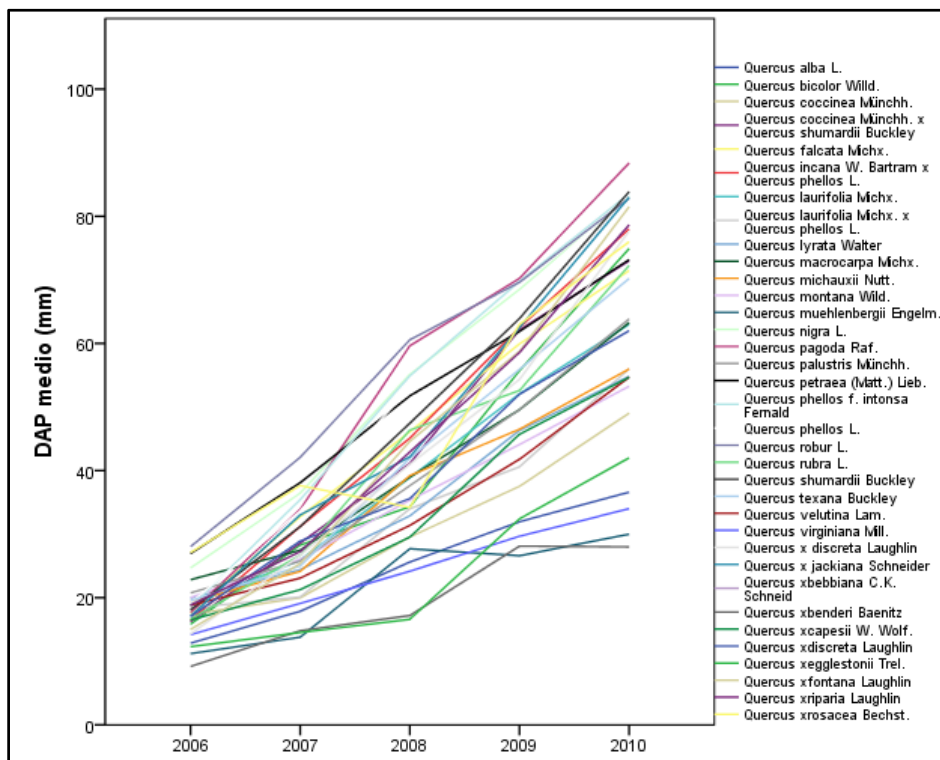


Figura 16. Evolución del diámetro normal (mm) para cada uno de los taxones presentes en la colección de Quercus L. durante el período 2006-2010.

Los taxones que han proporcionado los mejores resultados en relación a la variable altura total han sido *Q. nigra* L., *Q. shumardii* Buckley y *Q. phellos* L.. Algunos de los taxones identificados de origen híbrido también han demostrado buenos crecimientos en altura: *Q. xmutabilis* E.J. Palmer & Steyermark, *Q. xriparia* Laughlin, *Q. xdiscreta* Laughlin, *Q. coccinea* Münchh. x *Q. shumardii* Buckley, *Q. incana* W. Bartram x *Q. phellos* L., aunque el reducido número de individuos de cada uno de ellos (<4) condiciona el que se puedan considerar concluyentes estos resultados.

Los valores máximos alcanzados se corresponden con individuos de *Q. nigra* L. y *Q. phellos* L. con una altura de 10,10 metros a una edad de 7 años, tras un repicado (3/4). Los peores comportamientos en relación a su crecimiento en altura se corresponden con *Q. macrocarpa* Michx., *Q. coccinea* Münchh., *Q. lyrata* Walter y *Q. alba* L.

Q. nigra L., *Q. phellos* L., *Q. phellos* f. *intonsa* Fernald, *Q. texana* Buckley, *Q. pagoda* Raf., *Q. petraea* (Matt.) Liebl. y *Q. robur* L. son los taxones que han proporcionado los mejores resultados en relación a la variable diámetro normal. En el otro extremo encontramos a *Q. alba* L., *Q. muehlenbergii* Engelm., *Q. coccinea* Münchh. y *Quercus montana* Wild. con los valores inferiores de diámetro.

En relación a las procedencias que han demostrado los mejores resultados medios encontramos: para la variable altura, las procedencias de Arkansas para *Q. shumardii* Buckley, Georgia y Arkansas para *Q. phellos* L., y Tennessee para *Q. nigra* L.; en el diámetro normal, las procedencias de Georgia y Arkansas para *Q. phellos* L., Tennessee para *Q. nigra* L., y Arkansas para *Q. phellos* f. *intonsa* Fernald, *Q. pagoda* Raf. y *Q. texana* Buckley.

En base a los datos obtenidos del inventario realizado entre los meses de julio y agosto de 2011, se puede concluir para las variables altura total y diámetro normal:

- **Altura total.** Entre los individuos plantados en el año 2003 el 41,7% de los clones seleccionados se corresponden con individuos de *Quercus nigra* L., un 29,2% de *Quercus shumardii* Buckley, y con un menor número de representantes *Quercus phellos* f. *intonsa* Fernald (12,5%), y un grupo formado por *Quercus phellos* L., *Quercus texana* Buckley, *Quercus xdiscreta* Laughlin y el híbrido *Quercus laurifolia* Michaux x *Quercus phellos* L. representado por un 4,25% cada uno. Los dos ejemplares que han proporcionado los mejores resultados son: 02100411110 (*Quercus nigra* L.) y 02130611611 (*Q. phellos* L.), ambos con 10,10 metros de altura total.

Para los individuos establecidos en la colección en el año 2004 se han seleccionado los siguientes taxones: *Quercus texana* Buckley (50,0%), *Quercus nigra* L. (16,7%), *Quercus palustris* Münchh. (12,5%), *Quercus lyrata* Walter (8,3%), y *Quercus coccinea* Münchh., *Quercus montana* Wild. y *Quercus velutina* Lam. con un 4,2% cada uno de ellos. Los individuos que han obtenido los valores superiores en la variable altura total son: 01060421103 (*Quercus lyrata* Walter) (860 cm), 02100431402 (*Quercus nigra* L.) (830 cm) y 02100431411 (*Quercus nigra* L.) (810 cm).

- **Diámetro normal.** Entre los individuos plantados en el año 2003 se han seleccionado entre los 24 mejores individuos a representantes de los taxones: *Quercus nigra* L. (29,2%),

Quercus phellos L. (25,0%), *Quercus pagoda* Raf. (12,5%), *Quercus phellos* f. *intonsa* Fernald (12,5), *Quercus robur* L. (12,5), *Quercus texana* Buckley (4,2%), *Quercus xrosacea* Bechst. (4,2%). Los tres clones que han obtenido los mayores valores de la variable considerada son: 02130421202 (*Quercus phellos* L.) (153 mm.), 02100121403 (*Quercus nigra* L.) (133 mm.) y 02400511412 (*Quercus phellos* f. *intonsa* Fernald) (131 mm).

Para los individuos establecidos en la colección en el año 2004 se han seleccionado ejemplares de los siguientes taxones: *Quercus palustris* Münchh. (33,3%) *Quercus texana* Buckley (33,3%), *Quercus lyrata* Walter (20,8%), *Quercus michauxii* Nutt. (4,2%), *Quercus montana* Wild. (4,2%), *Quercus nigra* L. (4,2%). Los tres ejemplares que han proporcionado los mejores resultados son: 02120431312 (*Quercus palustris* Münchh.) (96 mm), 02170431309 (*Quercus texana* Buckley) (96 mm) y 02120441209 (*Quercus palustris* Münchh.) (92 mm).

5. PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Revisión bibliográfica de trabajos científicos y técnicos sobre técnicas de reproducción vegetativa en especies del género *Quercus* L.

Para la definición de los protocolos orientados a la propagación vegetativa de las especies seleccionadas de *Quercus* L. se realizó una revisión de la literatura científica y técnica disponible sobre diferentes técnicas de propagación vegetativa en especies del género. En las siguientes líneas se desglosan las publicaciones consultadas más relevantes:

- Ah, J. W.; Lee, W. Y. 1992. Vegetative propagation of 47 *Quercus acutissima* plus tree clones by cuttings. *Research Report of the Forest Genetics Research Institute* 28, 73-82.
- Ahn J.K.; Jo, D.G.; Lee, W.Y.; Lee, M.H. 1993. Study on graft incompatibility of *Quercus* species. Investigation of graft incompatibility ratio in four *Quercus* species clone bank. *Research Report of the Forest Genetics Research Institute* 29: 127-134
- Azzena, M.; Poddighe D.; Bacciu, S. 1990. First results of grafting of cork oak (*Quercus suber*). *Cellulosa e Carta* 41 (6): 27-30.
- Azzena, M.; Falqui, A. 1992. Nursery grafting of cork oak (*Quercus suber* L.). *Cellulosa e Carta* 43: 6, 34-36; 13 ref.
- Azzena, M.; Deidda, P.; Falqui, A.; Poddighe, D. 1994. Nursery grafting of cork oak (*Quercus suber*) onto *Q. ilex* and *Q. suber* rootstocks. *Cellulosa e Carta* 45: 5-6, 18-21.
- Amisshah, J. N.; Paolillo, D. J.; Bassuk, N. 2008 Adventitious root formation in stem cuttings of *Quercus bicolor* and *Quercus macrocarpa* and its relationship to stem anatomy. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 133 (4): 479-486.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus arkansana* Sarg. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus arizonica* H.&A. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus chrysolepis* Liebl. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C.C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus douglasii* H&A plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J.M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus dumosa* Nutt. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus emoryi* Torr. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus falcata* Michx. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus gambellii* Nutt. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus griffithii* Wangerh. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus incana* Bartr. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus lyrata* Walt. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus macrocarpa* Michx. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus michauxii* Nutt. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus nigra* L. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2003. Propagation protocol for production of container *Quercus nigra* L. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.

- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus rubra* var. *ambigua* (Gray) Fern. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus velutina* Lam. plants; University of Kentucky, Lexington, Kentucky. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Belous, V.I. 1984. Establishing archival grafted seed orchards of oak. *Lesnoe-Khozyaistvo* 11: 38-40
- Borzan, Z. 1993. Grafting of oaks with variegated leaves. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 351-355.
- Borzan, Z.; Littvay, T. 1989. Vegetative propagation of English oak using grafting device. *Sumarski-List* 113: 11-12, 557-566
- Chalupa, V. 1993. Vegetative propagation of oak (*Quercus robur* and *Q. petraea*) by cutting and tissue culture. *Ann. Sci. For.* 50 (1), 295-307.
- Coggeshall, M. K.; Van Sambeek, J.W. 2003. Designing and testing a subirrigation system for rooting hardwood cuttings. In: Van Sambeek, J.W.; Dawson, J.O.; Ponder, F., Jr.; Loewenstein, E.F.; Fralish, J.S. (eds.) *Proceedings, 13th Central Hardwood Forest conference*; 2002 April 1-3; Urbana, IL. Gen. Tech. Rep. NC-234. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station. pp. 415-420.
- Cornu, C.; Delran, S.; Garbaye, J.; Letacón, F. 1977. Recherche des meilleures conditions d'enracinement des boutures herbacées de chêne rouvre (*Quercus petraea* (M.) Liebl.) et de hêtre (*Fagus silvática* L.). *Ann. Sci. Forest.* 34 (1), 1-16.
- Davydova, N.I.; Sverdlova, O.I. 1979. Interspecific grafting in the genus *Quercus*. *Lesovodstvo-i-Agrolesomeliorsiya* 55: 38-41
- Dehgan, B.; Almira, F.; Gooch, M.; Sheehan, T. 1990. Vegetative propagation of Florida native plants. 4. *Quercus* spp. (oaks). *Proceedings of the 102nd Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society* 102: 260-264.
- Dreesen, D. 2003. Propagation protocol for production of container *Quercus gambelii* plants; USDA NRCS - Los Lunas Plant Materials Center, Los Lunas, New Mexico. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Drew, J. J.; Dirr, M. A. 1988. Propagation of *Quercus* species by cuttings. *Hortscience* 23 (3): 777-778.
- Ducrey, M.; Turrel, M. 1992. Influence of cutting methods and dates on stump sprouting in Holm oak (*Quercus ilex* L) coppice. *Ann. Sci. For.* 49: 449-464.
- Elliott, S.; Kuarak, C.; Navakitbumrung, P.; Zangkum, S.; Anusarnsunthorn, V.; Blakesley, D. 2002. Propagating framework trees to restore seasonally dry tropical forest in northern Thailand. *New Forests* 23 (1): 63-70.
- Enescu, V.; Enescu, V. 1988. Research Studies on Oak Cutting (*Quercus robur* L.): Premises for the Improvement based on Clonal Selection. *Silvae Genetica* 37, 3-4.
- Eshed, Y.; Riov, J.; Atzmon, N. 1996. Rooting oak cuttings from gibberellin-treated stock plants. *Hortscience* 31 (5): 872-873.
- Esquivel, R. G. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus bicolor* Willd. plants; USDA NRCS - James E. "Bud" Smith Plant Materials Center, Knox City, Texas. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Esquivel, R. G. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus falcata* Michx. plants; USDA NRCS - James E. "Bud" Smith Plant Materials Center, Knox City, Texas. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Esquivel, R. G. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus marilandica* Muenchh. plants; USDA NRCS - James E. "Bud" Smith Plant Materials Center, Knox City, Texas. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Esquivel, R. G. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus muehlenbergii* Engelm. plants; USDA NRCS - James E. "Bud" Smith Plant Materials Center, Knox City, Texas. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Esquivel, R. G. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus stellata* Wangenh. plants; USDA NRCS - James E. "Bud" Smith Plant Materials Center, Knox City, Texas. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Evers, P.; Vermeer, E.; van Eeden, S. 1993. Rejuvenation of *Quercus robur*. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 330-335.
- Fine, G. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus virginiana* seeds; USDA NRCS - Baton Rouge National Plant Data Center, Baton Rouge, Louisiana. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Fine, G. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus texana* seeds; USDA NRCS - Baton Rouge National Plant Data Center, Baton Rouge, Louisiana. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Garcia, J. L. 1992. Las técnicas de propagación en la mejora genética del alcornoque. *SCIENTIA gredensis* 18: 11-15.
- Garbaye, J.; Kazandjian, B.; Letacon, F. 1977. Développement des boutures racinées de chêne rouvre (*Quercus petraea* (M.) Liebl.). Premiers éléments d'une technique de production de plants. *Ann. Sci. For.* 34 (3): 245-260.
- Garilov, Ch.; Kostov, I. 1985. Methods of grafting *Quercus petraea* in Bulgaria. *Gorsko-Stopanstvo-Gorska-Promishlenost* 41 (11): 29-33.
- Garilov, Ch.; Kostov, I.; Peikov, S. 1987. Technology for creating clonal seed orchards of sessile oak. *Doklady ot tretiya i chetv'rtiya interdistsiplinaren simpozium 'Strandzha-Sakar'* 204-211.
- Gebhardt, K. 1990. In vitro culture of forest trees: studies on in vitro techniques for breeding and raising forest trees. *Schriften-des-Forschungsinstitutes-fur-Schnellwachsende-Baumarten* 6. 57 pp.
- Gebhardt, K.; Frühwacht-Wilms, U.; Weisgerber, H. 1993. Micropropagation and restricted-growth storage of adult oak genotypes. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 323-329.
- Gegel'ski I.N. 1980. Summer grafts of oak and pine. *Lesnoe-Khozyaistvo* 10: 40-41.
- Gesto, M. D. V.; Vázquez, A.; Méndez, J.; Vieitez, E.; Seoane, E. 1967. Growth substances isolated from woody cuttings of *Quercus robur* L. and *Juglans regia* L. *Phytochemistry* 6: 1687-1693.
- Globa-Mikhailenko, D.A. 1984. A rational method of grafting oak. *Lesnoe-Khozyaistvo* (3): 64-66.
- Goggans, J.F.; Moore, J.C. 1967. A new method of grafting the large-seeded Oak. *J. For.* 65 (9): 656.

- Hatmaker, J. F.; Taft, K. A. Jr. 1966. Successful hardwood grafting. *Tree Plant. Notes* No. 70: 14-18.
- Hernández, I., Celestino C., Martínez I, Manjón J.L., Díez J., Fernández-Guijarro B., Toribio M. 2001. Cloning mature cork oak (*Quercus suber* L.) trees by somatic embryogenesis. *Melhoramento*, 37 37: 50-57.
- Hernandez, I.; Celestino, C.; Alegre, J.; Toribio, M. 2003. Vegetative propagation of *Quercus suber* L. by somatic embryogenesis II. Plant regeneration from selected cork oak trees. *Plant Cell Reports* 21(8): 765-770.
- Hernandez, I.; Celestino, C.; Toribio, M. 2003. Vegetative propagation of *Quercus suber* L. by somatic embryogenesis I. Factors affecting the induction in leaves from mature cork oak trees. *Plant Cell Reports* 21(8): 759-764.
- Herrera, M.; Serrill, D.; Takara, J. 2006. Propagation protocol for production of container *Quercus pacifica* Nixon & C.H. Muller plants (#1 Treepot); Catalina Island Conservancy, Avalon, California. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Herrera, M.; Serrill, D.; Takara, J. 2006. Propagation protocol for production of container *Quercus pacifica* Nixon & C.H. Muller plants (#1 Treepot); Catalina Island Conservancy, Avalon, California. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hochbichler, E. 1993. Methods of oak silviculture in Austria. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 583-591
- Hoelzel, J. R. 1983. Asexual propagation of the ness hybrid oak, *Quercus virginiana* x *Quercus lyrata*. *Hortscience* 18(2): 174-174.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus bicolor* Willd. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus michauxii* Nutt. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus muhlenbergii* Engelm plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus nutallii* Palmer plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus pagoda* Raf. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus palustris* Munch plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus phellos* L. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus velutina* Lam. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus alba* L. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus lyrata* Walt. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus macrocarpa* Michx. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus rubra* L. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hoss, G. 2005. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus shumardii* Buckl. plants (1+0); George O. White State Forest Nursery, Licking, Missouri. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Hubner, E.; Muller, K.; Heyder, J.; Schmitt, H. P. 1995. Somatic embryogenesis and shoot development as function of 2,4-D and BAP-concentrations in zygotic embryos of late flushing pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Silvae Genetica* 44(5-6): 225-229.
- Iglesias-Díaz, M. I.; Fernandez-Lorenzo, J. L.; Gutierrez-Araujo, O.2000. Macro- and micropropagation of a centenarian clone of *Quercus robur* 'Fastigiata'. *Proceedings of the XIVth International Symposium on Horticultural Economics* (536): 331-337.
- Janeiro, L.V.; Vieitez, A.M.; Ballester, A. 1995. Cold storage of in vitro cultures of wild cherry, chestnut and oak. *Ann. Sci. For.* 52: 287-293.
- Jørgensen, J. 1993. Embryogenesis in *Quercus petraea*. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 344-350.
- Jung, S.K.; Shim, S.Y.; Park, C.S.; Kim, S.C.; Jo, J.G.; Lee, M.H. 1989. Development of new grafting techniques applying grafting tool and hot-calling device on some difficult-to-graft species. *Research Report of the Forest Genetics Research Institute* 25, 177-182
- Juncker, B.; Favre, J. M. 1994. Long-term effects of culture establishment from shoot-tip explants in micropropagating oak (*Quercus robur* L.). *Annales Des Sciences Forestieres* 51(6): 581-588.
- Kartsonas, E.; Papafotiou, M. 2007. Mother plant age and seasonal influence on in vitro propagation of *Quercus euboica* Pap., an endemic, rare and endangered oak species of Greece. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 90(1): 111-116.

- Kenk, G. K. 1993. New perspectives in German oak silviculture. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 563-570.
- Kim, Y.M.; Kwon, H.M.; Min, Y.T. Grafting propagation for the promoting rejuvenility in *Quercus* species. *Research Report of the Forest Genetics Research Institute* 29: 113-120.
- King, B.; Davis, K.; Kujawski, J. 2002. Propagation protocol for production of container *Quercus rubra* L. plants (bareroot seedlings and specimen plants in 1, 2 or 3-gallon container depending on Park needs.); USDA NRCS - Beltsville National Plant Materials Center, Beltsville, Maryland. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Kleinschmit, J. 1993. Intraspecific variation of growth and adaptive traits in european oak species. *Annales Des Sciences Forestieres* 50 Supplement 1: 166-185.
- Korjakin, D.A. 1966. Natural root grafting in Oak. *Lesn. Hoz.* 19 (1): 27-29.
- Kotov, M.M. 1967. The union of graft components in Oak. Shoots from callus buds. *Lesn. Z., Arhangel'sk* 10 (4): 35-39.
- Kujawski, J.; Davis, K. M. 2001. Propagation protocol for production of plug + transplants of *Quercus alba* plants; USDA NRCS - Beltsville National Plant Materials Center, Beltsville, Maryland. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Kujawski, J.; Davis, K. M. 2001. Propagation protocol for production of plug + transplants of *Quercus prinus* plants; USDA NRCS - Beltsville National Plant Materials Center, Beltsville, Maryland. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Laframboise, R; Wahl, R. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus macrocarpa* (Michx.) plants (1+0 container seedling); Towner State Nursery, Towner, North Dakota. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Lane, C.G. 1983. Bench grafting under heated glass. *Combined Proceedings, International Plant Propagators' Society* 32: 217-220.
- Leiss, J. 1985. Root grafting of oaks. *Combined Proceedings, International Plant Propagators' Society* 34: 526-528.
- L'Helgoual, M.; Espagnac, H. 1987. Premières observations sur les capacités de rhizogénèse adventive du chêne vert (*Quercus ilex* L.). *Ann. Sci. For.* 44 (3): 325-334.
- Mac AntSaoir, S.; Kabrianis, M. 1993. Establishment of explants from 200-year-old *Quercus petraea* in culture. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 336-339.
- McAlpine, R.G. 1965. Vegetative propagation methods for hardwoods. Proc. 8th Sth. Conf. For. *Tree Impr.*, Savannah, Ga. pp. 14-20.
- McGowran E.; Douglas, G.C.; Parkinson, M., 1998. Morphological and physiological markers of juvenility and maturity in shoot cultures of oak (*Quercus robur* and *Q. petraea*). *Tree Physiology* 18: 4, 251-257
- Marks, T.R.; Simpson, S.E. 1993. Changes in the competence of *Quercus robur* 'Fastigiata' to grow in vitro as affected by seedling rootstocks and differential pruning. *Journal of Horticultural Science* 68 (5): 815-824
- Meierdinkel, A. 1987. In vitro-propagation and in vivo establishment of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and sessile oak (*Quercus-petraea* (matt) Liebl. *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung* 158(11-12): 199-204.
- Meierdinkel, A.; Becker, B.; Duckstein, D. 1993. Micropropagation and ex-vitro rooting of several clones of late-flushing *Quercus robur* L. *Annales Des Sciences Forestieres* Vol 50, Supplement 1: 319-322.
- Merkle, S. A.; Nairn, C. J. 2005. Hardwood tree biotechnology. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 41(5): 602-619.
- Moon, H. K.; Park, M. H.; Lee, K. Y.; Park, Y. H. 1988. Rooted cuttings using juvenile semihardwood of some useful oaks and rooted cuttings of grafted seedlings of *Quercus acutissima* plus tree. *Research Report of the Institute of Forest Genetics* 24: 42-46.
- Moon, H. K.; Yi, J. S. 1993. Cutting propagation of *Quercus acutissima* clones after rejuvenation through serial grafting. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 314-318.
- Naalamle Amisshah, J.; Paolillo, D. J.; Bassuk, N. 2008. Adventitious Root Formation in Stem Cuttings of *Quercus bicolor* and *Quercus macrocarpa* and Its Relationship to Stem Anatomy. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133(4):479-486.
- Naalamle Amisshah, J.; Bassuk, N. 2004. Clonal propagation of *Quercus* spp. Using a container layering technique. *J. Environ. Hort.* 22(2): 80-84
- Naujoks, G.; Hertel, H.; Ewald, D. 1995. Characterization and propagation of an adult triploid pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Silvae Genetica* 44(5-6): 282-286.
- Neves, C.; Santos, H.; Vilas-Boas, L.; Amâncip. S. 2002. Involvement of free and conjugated polyamines and free amino acids in the adventitious rooting of micropropagated cork oak and grapevine shoots. *Plant Physiol. Biochem.* 40 1071-1080.
- Neves, C.; Hand, P.; Amancio, S. 2006. Patterns of B-type cycling gene expression during adventitious rooting of micropropagated cork oak. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 86 (3): 367-374.
- Noller, G. L. 2001. Propagation protocol for production of *Quercus gambelii* Nutt. plants; Upper Colorado Environmental Plant Center, Meeker, Colorado. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Park, K.S. 1967. New method of juvenile tissue grafting of some special-use-trees. I. Studies on the juvenile tissue grafting of some crop-tree species. (Walnut, Chestnut, Ginkgo and Oak). *Res. Rep. Inst. For. Genet., Suwon* 5: 75-84.
- Park, K.S. 1968. Studies on the juvenile tissue grafting of some special-use trees III. On the modified nurse seed grafting of some crop-tree species (Chestnut, Ginkgo and Oak). *Res. Rep. Inst. For. Genet., Suwon* 6: 89-104.
- Park, K. S. 1967. Nurse seed grafting of some special-use trees. I. Studies on the nurse seed grafting of some crop-tree species K. Chestnut, Ginkgo and Oak. *Res. Rep. Inst. For. Genet., Suwon* 5: 61-73
- Pierik, R.L.M.; Oosterkamp, J.; Ebbing, M.A.C. 1997. Factors controlling adventitious root formation of explants from juvenile and adult *Quercus robur* 'Fastigiata'. *Scientia Horticulturae* 71: 87-92.
- Preece, J. E.; Van Sambekk, J. W.; Henry, P. H.; Zaczek, J. 2002. Forcing the tissue. *American Nuseryman* 2002: 22-29.
- Puddephat, I. J., Alderson, P. G.; Wright, N. A. 1997. Influence of explant source, plant growth regulators and culture environment on culture initiation and establishment of *Quercus robur* L in vitro. *Journal of Experimental Botany* 48 (309): 951-962.
- Puddephat, I. J., Alderson, P. G.; Wright, N. A. 1999. In vitro root induction in axillary microshoots of *Quercus robur* L. *Annals of Applied Biology* 134 (2): 233-239.

- Purohit, V. K.; Palni, L. M. S.; Nandi, S. K. 2005. Root formation in stem cuttings of *Quercus glauca* Thunb. and *Q. floribunda* Lindl.: Oaks from the Indian Central Himalaya. *National Academy Science Letters-India* 28(7-8): 259-261.
- Purohit, V. K., Palni, L. M. S.; Nandi, S. K.; Rikhari, H. C. 2002. In vitro regeneration of *Quercus floribunda* Lindl. through cotyledonary nodes: an important tree of Central Himalaya. *Current Science* 83(3): 312-316.
- Purohit, V. K.; Tamta, S.; Chandra, S.; Vyas, P.; Palni, L. M. S.; Nandi, S. K. 2002. In vitro multiplication of *Quercus leucotrichophora* and *Q. glauca*: Important Himalayan oaks. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 69(2): 121-133.
- Rancillac, M.; Klinguer, A.; Klinguer, S. 1991. Plant biotechnologies applied to a forest tree, the American red oak (*Quercus rubra* L.). *Acta Horticulturae* 289: 341-342.
- Repnevskii, V.V. 1984. New technique for establishing seed orchards of oak in the northern Caucasus. *Lesnoi-Zhurnal* 5: 113-115
- Rogers, R.; Johnson, P.S.; Loftis, D. L. 1993. An overview of oak silviculture in the United States: the past, present, and future. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 535-542
- Romano, A.; Noronha, C.; Martinsloucao, M. A. 1992. Influence of growth-regulators on shoot proliferation in *Quercus suber* L. *Annals of Botany* 70 (6): 531-536.
- Romano, A.; Noronha, C.; Martinsloucao, M. A. 1995. Role of carbohydrates in micropropagation of cork oak. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 40 (2): 159-167.
- Sánchez, M. C.; San-José, M. C. Ballester, A.; Vieitez, A. M. 1996. Requirements for in vitro rooting of *Quercus robur* and *Q. rubra* shoots derived from mature trees. *Tree Physiology* 16(8): 673-680.
- San-José, M.C.; Vidal, N.; Ballester, A. 1992. Anatomical and biochemical changes during root formation in oak and apple shoots cultured in vitro. *Agronomie* 12: 767-774.
- San-José, M. C.; Ballester, A.; Vieitez, A. M. 1988. Factors affecting invitro-propagation of *Quercus robur* L. *Tree Physiology* 4 (3): 281-290.
- Santamour, F. S. Jr. 1983. Cambial peroxidase patterns in *Quercus* related to taxonomic classification and graft compatibility. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 110 (3): 280-286.
- Santamour, F. S. Jr. 1988. Cambial peroxidase enzymes related to graft incompatibility in red oak. *Journal of Environmental Horticulture* 6 (3): 87-93.
- Sasaki, Y., Shoyama, Y.; Nishioka, I.; Suzuki, T. 1988. Clonal propagation of *Quercus acutissima* Carruth by somatic embryogenesis from embryonic axes. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University* 33 (1-2): 95-101.
- Sasaki, Y.; Shoyama, Y.; Saito, A. 1994. Studies on micropropagation of *Quercus acutissima* Carruth. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University* 38 (3-4): 287-294.
- Schwarz, O. J. 1987. Plant-growth regulator effects in the invitro-propagation of 3 hardwood tree genera - *Castanea*, *Juglans*, and *Quercus*. *Plant Growth Regulation* 6 (1-2): 113-135.
- Scianna, J. 2003. Propagation protocol for production of container *Quercus macrocarpa* Michx. plants (2+0 40 cubic inch container); USDA NRCS - Bridger Plant Materials Center, Bridger, Montana. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Scotti-Saintagne, C.; Bertocchi, E.; Barreneche, T.; Kremer, A.; Plomion, C. 2005. Quantitative trait loci mapping for vegetative propagation in pedunculate oak. *Annals of Forest Science* 62 (4): 369-374.
- Smith, D. J.; Schwabe, W. W. 1980. Cytokinin activity in oak (*Quercus robur*) with particular reference to transplanting. *Physiologia Plantarum* 48 (1): 27-32.
- Solymos, R. 1993. Improvement and silviculture of oaks in Hungary. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 607-614.
- Spethmann, W. 2007. Increase of rooting success and further shoot growth by long cuttings of woody plants. *Propagation of Ornamental Plants* 7 (3): 160-166.
- Spethmann, W.; Harms, P. 1993. Influence of fertilized substrate on rooting and growth of oak cuttings. *Ann. Sci. For.* 50 (1): 308-313.
- Steinfeld, D. 2003. Propagation protocol for production of container *Quercus kelloggii* plants; J. Herbert Stone Nursery, Central Point, Oregon. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Sverdlova, O.I. 1984. Survival of grafted scions of *Quercus robur* in greenhouses. *Lesovodstvo-i-Agrolesomelioratsiya* 69: 58-60.
- Tamta, S.; Palni, L. M. S.; Purohit, V. K.; Nandi, S. K. 2008. In vitro propagation of brown oak (*Quercus semecarpifolia* Sm.) from seedling explants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 44 (2): 136-141.
- Tishchenko, V. Ya. 1986. Stimulation of the vegetative and reproductive activity of oak grafts in seed orchards. *Lesnoe-Khozyaistvo* 12: 35-37. Toribio, M.; Celestino, C. 2000. El uso de la biotecnología en la conservación de recursos genéticos forestales. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.:* Fuera de Serie n.º 2: 249-260.
- Toth, K. 1985. Experimental propagation of *Quercus robur* by softwood cuttings. *Erdo* 34 (10): 454-456.
- Tugushi, K.N. 1973. Vegetative propagation of Oak in Abkhazia. *Lesnoe-Khozyaistvo* 10: 86-90.
- Tzschacksch, O. 1966. The effect of the phenological state of the stock on the result of Oak grafts. *Sozial Forstw., Berl.* 16 (1): 7-10
- Valladares, S.; Toribio, M.; Celestino, C.; Vieitez, A. M. 2004. Cryopreservation of embryogenic cultures from mature *Quercus suber* trees using vitrification. *Cryoletters* 25 (3): 177-186.
- Van Sambeek, J. W. 1988. In vitro micropropagation of white oak. In: Van Sambeek, J. W.; Rink, G.; Jhonson, P. S. (eds.) *Third Workshop on Seedling, Physiology and Growth problems in oak plantings*. Carbondale, Illinois. February 12-13, 1986.
- Van Sambeek, J. W.; Preece, J. E.; Coggeshall, M. V. 2002. Forcing Epicormic Sprouts on Branch Segments of Adult Hardwoods for Softwood Cuttings. *Comb. Proc. Intl. Plant Prop. Soc.* 52: 417-424.
- Vengadesan, G.; Pijut, P. M. 2009. In vitro propagation of northern red oak (*Quercus rubra* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 45 (4): 474-482.
- Vengadesan, G.; Pijut, P. M. 2009. Somatic embryogenesis and plant regeneration of northern red oak (*Quercus rubra* L.). *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 97 (2): 141-149.
- Vieitez, A. M.; Pintos, F.; Sanjose, M. C.; Ballester, A. 1993. In vitro shoot proliferation determined by explant orientation of juvenile and mature *Quercus-rubra* L. *Tree Physiology* 12 (2): 107-117.
- Vieitez, A. M.; Sánchez, C.; San-José, C. 1989. Prevention of Shoot-Tip Necrosis in Shoot Cultures of Chestnut and Oak. *Scientia Horticulturae* 41: 151-159.

- Vieitez, A. M.; Corredoira, E.; Ballester, A.; Muñoz, F.; Durán, J.; Ibarra, M. 2009. In vitro regeneration of the important North American oak species *Quercus alba*, *Quercus bicolor* and *Quercus rubra*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 98 (2): 135-145.
- Wilhelm, E. 2000. Somatic embryogenesis in oak (*Quercus* spp.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 36 (5): 349-357.
- Young, B. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus agrifolia* Nee plants (Deepot 40); USDI NPS - Golden Gate National Parks, San Francisco, California. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Young, B. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus chrysolepis* Liebl. plants (Deepot 40); USDI NPS - Golden Gate National Parks, San Francisco, California. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Young, B. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus kelloggii* Newberry plants (Deepot 40); USDI NPS - Golden Gate National Parks, San Francisco, California. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Young, B. 2001. Propagation protocol for production of container *Quercus parvula* (C.H. Muller) Nixon var. *shrevei* plants (Deepot 40); USDI NPS - Golden Gate National Parks, San Francisco, California. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.
- Zaar, E.I.; Jakovleva, E.A. 1962. Grafting woody plants in the early stages of growth. *Bot. Z.* 47 (3): 371-373.
- Zaczek, J. J.; Steiner, K. C.; Henser, C. W. 1993. Vegetative Propagation of Mature and Juvenile Northern Red Oak. In: Andrew, G.; Parker, G. R.; Pope, P. E.; Rink, G.(eds.) *Proceedings, 9th Central hardwood forest conference*; 1993 March 8-10; West Lafayette, IN.: 210-221.
- Zaczek, J.J.; Steiner K.C., 1997. Grafting-mediated meristem selection influences rooting success of *Quercus rubra*. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 1, 86-90.
- Zaczek, J. J.; Steiner, K. C.; Neuser, C. W.; Tzilkowski, W. M. 2006. Effects of serial grafting, ontogeny, and genotype on rooting of *Quercus rubra* cuttings. *Canadian Journal of Forest Research* 36 (1): 123-131.
- Zegzouti, R.; Arnould, M.-F.; Favre, J.-M. 2001. Histological investigation of the multiplication step in secondary somatic embryogenesis of *Quercus robur* L. *Ann. For. Sci.* 58: 681-690.
- Zeidler, S.; Justin, J. 2003. Propagation protocol for production of field-grown *Quercus gambelii* Nutt. Plants (2+0); Utah Division of Forestry, Fire and State Land - Lone Peak Nursery, Draper, Utah. In: Native Plant Network. URL: <http://www.nativeplantnetwork.org> (accessed 8 October 2009). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Research Nursery.

Reproducción vegetativa mediante estaquillado leñoso y/o semileñoso auxiliado con hormonas de enraizamiento y mesas de cultivo con malla calefactora de fondo.

Los ensayos orientados a la reproducción vegetativa mediante estaquillado se dividieron en las siguientes etapas o fases metodológicas, que a continuación se describen:

⇒ **Recolección de materiales forestales de reproducción (estaquillas) para los ensayos de propagación vegetativa mediante estaquillado.**

En esta fase se procedió a la recolección de material forestal de reproducción para el desarrollo de los ensayos de propagación vegetativa. El material de base para la propagación obtenido a partir de plantas madre seleccionadas fueron de dos tipos: estaquillas de madera dura (leñosas) y estaquillas de madera semidura (semileñosas).

a) **Estaquillas leñosas.** Se seleccionaron segmentos de ramas que contuviesen yemas terminales o laterales con un buen estado sanitario. Se desechó la recolección de materiales con un crecimiento entrenudos excesivo, o aquellos que no tuvieran un determinado tamaño o vigor, así como el procedente de los extremos de las ramas que generalmente presentan escasas reservas. Se recolectaron materiales procedentes de la región basal o central, de ramas laterales que dispusieran de 2-3 nudos, con un diámetro que oscila entre 1,0-1,5 cm, de manera que el corte basal se sitúe por debajo del nudo y el superior a 1,5-3,0 cm por encima del nudo. En este caso la recolección del material se efectuó durante el período de parada vegetativa.

b) **Estaquillas semileñosas.** La recolección del material se efectuó durante el período de actividad vegetativa, a partir de ramas nuevas, después de haber experimentado un período de crecimiento y que se hubieran lignificado parcialmente.

A la hora de realizar la recolección de los materiales forestales de reproducción se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones generales: evitar recolectar materiales que presentasen yemas que produjesen flores, o de ramas que toquen o crezcan cerca del suelo: recoger material que permitiera disponer de estaquillas entre 10y 15cm de longitud, que dispusiera de un vigor adecuado y con un estado sanitario óptimo.

Entre cada uno de los individuos recolectados se desinfectaron las herramientas de corte (tijeras de podar de una mano) con etanol absoluto.

⇒ **Almacenaje y conservación de los materiales recolectados.**

Las estaquillas debidamente identificadas mediante el número de identificación del ejemplar fueron introducidas en bolsas estériles herméticas con autocierre humedeciéndolas posteriormente con agua destilada mediante un pulverizador. Éstas fueron almacenadas y conservadas, hasta proceder a los ensayos de propagación vegetativa, en una cámara frigorífica con una temperatura entre 2-4°C y una humedad entre el 80-90%.

⇒ **Desinfección de los envases y mesas de cultivo.**

La desinfección de los envases y de la estructura de las mesas de cultivo se realizó, antes de iniciar cada ensayo, mediante una solución de hipoclorito sódico al 2,0 %. En el caso de los envases se introdujeron en la solución de hipoclorito sódico durante 24 horas y para la limpieza de las mesas de cultivo se rociaron mediante un pulverizador de mochila.

⇒ **Preparación de envases y sustratos de cultivo.**

Como envases para el cultivo se emplearon macetas termoformadas de sección cuadrada de poliestireno (PS) de dimensiones 7,0 x 7,0 x 8,0 cm, volumen de 240 cm³ y drenaje en el fondo. Se utilizaron este tipo de envases desechables por proporcionar un cepellón de unas dimensiones adecuadas, permitir retirar de forma individual las estaquillas que presentaran algún problema sanitario y por su reducido coste unitario.

Se empleó como sustrato de cultivo una mezcla de turba y perlita (1:1 v/v). Previa a la introducción en los envases el sustrato de cultivo fue autoclavado (autoclave Tuttnauer mod. 3850) con los siguientes parámetros nominales: esterilización (121°C), tiempo de esterilización (15 minutos) y período de secado (15 minutos). Para su esterilización se introdujeron en bolsas de autoclave de 46 x 61 mm de 200 micras (VWR 129-0025).

⇒ **Preparación de las estaquillas.**

A la hora de preparar las estaquillas se siguieron las siguientes consideraciones de carácter técnico y práctico:

- El área de trabajo se mantuvo limpia durante todo el proceso.
- Todo el material de corte empleado (tijeras, navajas y cuchillos) fue limpiado y desinfectado de forma periódica con el fin de evitar la transmisión de enfermedades.
- Se prepararon estaquillas de una longitud entre 10-12cm., realizándose un corte en el extremo basal y eliminando todo resto de madera tierna en los extremos.
- Se eliminaron entre la mitad y dos tercios de las hojas y yemas para reducir la pérdida de agua a través de la superficie de corte, y siempre de su extremo inferior.
- Se mantuvieron entre 2-3 yemas por estaquilla.
- Si de forma accidental se hubiera recolectado material que presentara yemas productoras de flores, no se empleaba en los ensayos de estaquillado.
- Posteriormente a la preparación de las estaquillas se sometieron a un proceso de desinfección mediante su inmersión en un fungicida de amplio espectro, concretamente Tiram 80% WP, comercializado en forma de polvo mojable.

⇒ **Aplicación de las hormonas de enraizamiento.**

Se emplearon dos hormonas de enraizamiento, ácido indol-3 butírico (I.B.A.) (C₁₂H₁₃NO₂) (MERCK, ref. 100354), ácido naftalanacético (A.N.A.) (C₁₂H₁₀O₂) (MERCK, ref. 106220) y la combinación

de ambas, por ser éstas las que han proporcionado en la bibliografía revisada unos resultados más consistentes. Se emplearon reactivos químicos puros que en forma de ácidos únicamente son solubles en alcohol, al contrario, que en su forma de sales de potasio (K-IBA y K-NAA) que también lo son en agua, pero presentan una menor estabilidad.

Los modos de aplicación empleados fueron en líquido o en polvo.

Por ejemplo, para preparar una formulación líquida que contuviese 5.000 p.p.m. (0,5%) de I.B.A. se disolvieron 5.000 mg (5,0 gramos) de I.B.A. en un litro de disolvente (etanol absoluto).

A partir de la tabla 7 se obtuvo la cantidad de reactivo puro necesario para preparar una disolución de un determinado volumen (10-50 ml) con una concentración entre 1.000 (0,1%) y 10.000 (1,0%) p.p.m. Utilizando un vaso de precipitados de 50 ml. de capacidad, un volumen de disolución de 25 ml permite aplicar la hormona en una longitud de 2,5 cm en la base de la estaquilla,.

		Concentración (ppm)									
		1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
VOLUMEN DISOLUCIÓN A PREPARAR (ml)	10	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,100
	15	0,015	0,030	0,045	0,060	0,075	0,090	0,105	0,120	0,135	0,150
	20	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,180	0,200
	25	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
	30	0,030	0,060	0,090	0,120	0,150	0,180	0,210	0,240	0,270	0,300
	35	0,035	0,070	0,105	0,140	0,175	0,210	0,245	0,280	0,315	0,350
	40	0,040	0,080	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400
	45	0,045	0,090	0,135	0,180	0,225	0,270	0,315	0,360	0,405	0,450
	50	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500

Tabla 8. Cálculo del peso de reactivo (gramos) y del volumen de disolvente (litros) necesario para obtener una disolución de una concentración determinada (en partes por millón).

Para preparar una formulación en forma de talco (1 gramo) con una concentración de 5.000 ppm de I.B.A. (0,5%) se deben mezclar 5 mg de I.B.A. con 995,0 mg de talco. La mezcla directa del talco con el reactivo no es recomendable ya que no se obtiene una mezcla consistente. El I.B.A. debe ser primero disuelto en una pequeña cantidad de etanol, y luego mezclado con talco para formar una mezcla que posteriormente sea sometida a una fuente de calor suave para evaporar el disolvente. Para finalizar se debe pasar el polvo resultante a través de un tamiz con una luz de malla fina (por ejemplo 0,5 mm)

Se trabajó con diferentes tiempos de aplicación de las hormonas en función de la concentración a aplicar. Concretamente: rápida (5 segundos), cuando se consideraban concentraciones de hormonas de enraizamiento elevadas, y prolongada (4 horas y 20 horas), cuando se empleaban concentraciones bajas.

También se consideró el empleo de hormonas de enraizamiento con formulaciones comerciales con diferentes concentraciones y fungicidas incorporados: I.B.A. 0,4% p/v (líquido), A.N.A. 0,1% + I.B.A.

0,1% + ZIRAM 4% (polvo), A.N.A. 0,2% + I.B.A. 0,2% + ZIRAM 4% (polvo), A.N.A. 0,4% + I.B.A. 0,4% + CAPTAN 15% (polvo), etc.

Durante todo el proceso de preparación de las disoluciones, el estaquillado y la aplicación de las hormonas, tanto en polvo como en líquido, los operarios deben llevar guantes de látex.

Para la aplicación de la hormona en **forma de polvo** se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se transfirió a un envase la cantidad de hormona suficiente que garantizase el tratamiento en el extremo basal de la estaquilla (5-10 mm), desechando cualquier resto que hubiera sobrado tras el tratamiento.
- Se humedeció la base de la estaquilla con agua para permitir que se adhiriera la hormona en polvo.
- La superficie de corte debía quedar cubierta uniformemente por la hormona, retirando posteriormente el exceso de polvo golpeando ligeramente la estaquilla.

Cuando el tratamiento se efectuó en **forma líquida** se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Depositar la disolución en un frasco limpio. Separar en un recipiente la cantidad de disolución necesaria para efectuar el tratamiento. Desechar el resto de disolución que hubiera quedado tras el tratamiento.
- Tras sumergir la estaquilla permitir que se evaporase el alcohol, empleado para la disolución de la hormona, del extremo de la estaquilla antes de introducirla en el sustrato de cultivo.
- Mantener la disolución preparada en condiciones de oscuridad en el frigorífico.

En ambos casos se aseguró que el tiempo de tratamiento fuese constante entre estaquillas, de tal manera, que se garantizara una distribución uniforme y se evitase el daño a los tejidos de la planta (fitotoxicidad).

Como envases para el cultivo se emplearon macetas termoformadas de sección cuadrada de poliestireno (PS) de dimensiones 7,0 x 7,0 x 8,0 cm, volumen de 240 cm³ y drenaje en el fondo. El sustrato de cultivo fue una mezcla de turba y perlita (1:1 v/v).

Previo a la instalación de las estaquillas se humedeció ligeramente el sustrato de cultivo. Se insertaron las estaquillas a una profundidad suficiente que permitiera que se mantuvieran en posición vertical, con cuidado de garantizar la polaridad correcta. Se colocaron 5 estaquillas por envase separadas entre ellas una distancia de 4 cm. Posteriormente se apretó suavemente el sustrato una vez insertada las estaquillas para evitar la existencia de bolsas de aire.

⇒ **Instalación en las mesas de cultivo. Condiciones de cultivo (temperatura, humedad relativa, frecuencia de riego, etc.).**

Se emplearon 2 mesas de cultivo sobre ruedas de dimensiones 1,5 x 4,0 metros (profundidad 8 cm) con fondo de mesa en poliestireno expandido equipado con 3 mallas calefactoras de fondo de 0,5 x 4,0 m. Las condiciones de humedad y temperatura dentro de la mesa estuvieron controladas mediante

dos sensores independientes (temperatura y humedad), un sistema de control (CLIMA 300), un software de gestión (BR066) y una sonda adicional de temperatura.

Para los ensayos instalados en los meses de diciembre y enero fueron mantenidas en un invernadero, con una temperatura ambiental de $15,0 \pm 2,0$ °C. La temperatura de fondo en las mesas de cultivo se mantuvo a una temperatura de $20,0 \pm 1,0$ °C.

En todos los casos, las estaquillas fueron humedecidas con un sistema de nebulización intermitente para mantener la humedad en un 80-85%.

Se instaló una malla de sombreo sobre las mesas de cultivo que redujera la radiación un 40% (peso = 60 g/cm², 10 hilos/cm² y color verde).

En algunas fases del proceso de endurecimiento se empleó un programador electrónico de riego (WTD 2900) y un sistema de riego por nebulización (1 nebulizador/m² de mesa de cultivo), con una frecuencia diaria de riego que se estableció en 4-5 ciclos diarios, con una duración de un 1 minuto.

Las estaquillas fueron revisadas semanalmente para observar el enraizamiento, así como para retirar hojas caídas o estaquillas dañadas.

Posteriormente las estaquillas enraizadas fueron transplantadas a nuevos envases forestales con un medio de cultivo de turba y perlita (1,5:1 v/v), y se realizaron observaciones periódicas para evaluar la supervivencia y el crecimiento.

⇒ **Ensayos de propagación vegetativa por estaquillado: especies y variables consideradas.**

Del total de 31 taxones presentes en la colección de Bosques Naturales S.A. se seleccionaron 5 para el desarrollo de los protocolos de reproducción vegetativa. El criterio de selección de estas especies vino determinado por el interés comercial de la empresa Bosques Naturales S.A., en estos taxones, al disponer de canales de comercialización en Europa de sus maderas. Por ello se consideraron: dos especies americanas de la sección *Lobatae* G. Don (*Quercus phellos* L. (QPH) y *Quercus shumardii* Buckley (QS), y de la sección *Quercus* L. dos europeas (*Quercus robur* L. (QR) y *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (QP)) y una americana (*Quercus bicolor* Willd. (QB)).

Se trabajó con las siguientes variables: fecha de recolección, tipos de hormonas, concentraciones, modos de aplicación, tipos y tiempos de inmersión.

En las siguientes fichas se indican las variables de estudio consideradas en cada uno de los ensayos realizados durante el período de duración del proyecto:

Especies seleccionadas: *Quercus bicolor* Willd. (QB), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (QP), *Quercus phellos* L. (QPH), *Quercus robur* L. (QR) y *Quercus shumardii* Buckley (QS).

Método de conservación: Frigorífico a 4°C/Oscuridad

Tiempos de inmersión: Inmersión rápida 5 segundos (IR)

Concentraciones inmersión rápida: 4.000 (C1) y 8.000 (C2) p.p.m.

Modo de aplicación: Líquida (L) y en polvo (P)

Hormona de enraizamiento: Ácido indol-3-butírico (I.B.A.) (H1), Ácido naftalanacético (A.N.A.) (H2) y combinada I.B.A. + A.N.A. (H3)

Fecha de recolección de los materiales: 14/01/2010

Fechas de instalación: 19/01/2010

Número de réplicas: 2

Número de estaquillas por réplica: 10

Especies seleccionadas: *Quercus bicolor* Willd. (QB), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (QP), *Quercus phellos* L. (QPH), *Quercus robur* L. (QR) y *Quercus shumardii* Buckley (QS).

Método de conservación: Frigorífico a 4°C/Oscuridad

Tiempos de inmersión: Inmersión rápida 5 segundos (IR)

Concentraciones: 500 p.p.m. (C1) (Polvo), 1.000 p.p.m. (C2) (Líquido-Polvo) y 2.000 p.p.m. (C3) (Líquido)

Modo de aplicación: Líquida (L) y en polvo (P)

Hormona de enraizamiento: Ácido indol-3-butírico (I.B.A.) (H1), Ácido naftalanacético (A.N.A.) (H2) y combinada I.B.A. + A.N.A. (H3)

Fecha de recolección de los materiales: 01/06/2010

Fechas de instalación: 03/06/2010

Número de réplicas: 2

Número de estaquillas por réplica: 6

Especies seleccionadas: *Quercus bicolor* Willd. (QB), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (QP), *Quercus phellos* L. (QPH), *Quercus robur* L. (QR) y *Quercus shumardii* Buckley (QS).

Método de conservación: Frigorífico a 4°C/Oscuridad

Tiempos de inmersión: Inmersión rápida 5 segundos (IR)

Concentraciones inmersión rápida: 4.000 (C1) y 8.000 (C2) p.p.m..

Modo de aplicación: Líquida (L) y en polvo (P)

Hormona de enraizamiento: Ácido indol-3-butírico (I.B.A.), Ácido naftalanacético (A.N.A.) y combinada I.B.A. + A.N.A.

Fecha de recolección de los materiales: 10/11/2010

Fechas de instalación: 13/11/2010

Número de réplicas: 2

Número de estaquillas por réplica: 6

Especies seleccionadas: *Quercus bicolor* Willd. (QB), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (QP), *Quercus phellos* L. (QPH), *Quercus robur* L. (QR) y *Quercus shumardii* Buckley (QS).

Método de conservación: Frigorífico a 4°C/Oscuridad.

Tiempos de inmersión: Inmersión rápida 5 segundos (IR), inmersión prolongada: 20 horas (IP1) y 4 horas (IP2).

Concentraciones inmersión prolongada: 1.000 (C1), 3.000 (C2), 5.000 (C3), 7.000 (C4), 9.000 (C5) y 10.000 (C6) p.p.m.

Concentraciones inmersión rápida: 250 (C1), 500 (C2) y 1.000 (C3) p.p.m.

Modo de aplicación: Líquida (L).

Hormona de enraizamiento: Ácido indol-3-butírico (C₁₂H₁₃NO₂) (H1)

Fecha de recolección de los materiales: 10/11/2010

Fechas de instalación: 16/12/2010 y 17/12/2010

Número de réplicas: 2 **Número de estaquillas por réplica:** 5



Figura 17. Ensayos de propagación vegetativa mediante estaquillado. Mesa de cultivo con malla de sombreo. Macetas termoformadas de sección cuadrada de poliestireno (PS) con sustrato formado por una mezcla de turba y perlita (1:1 v/v).

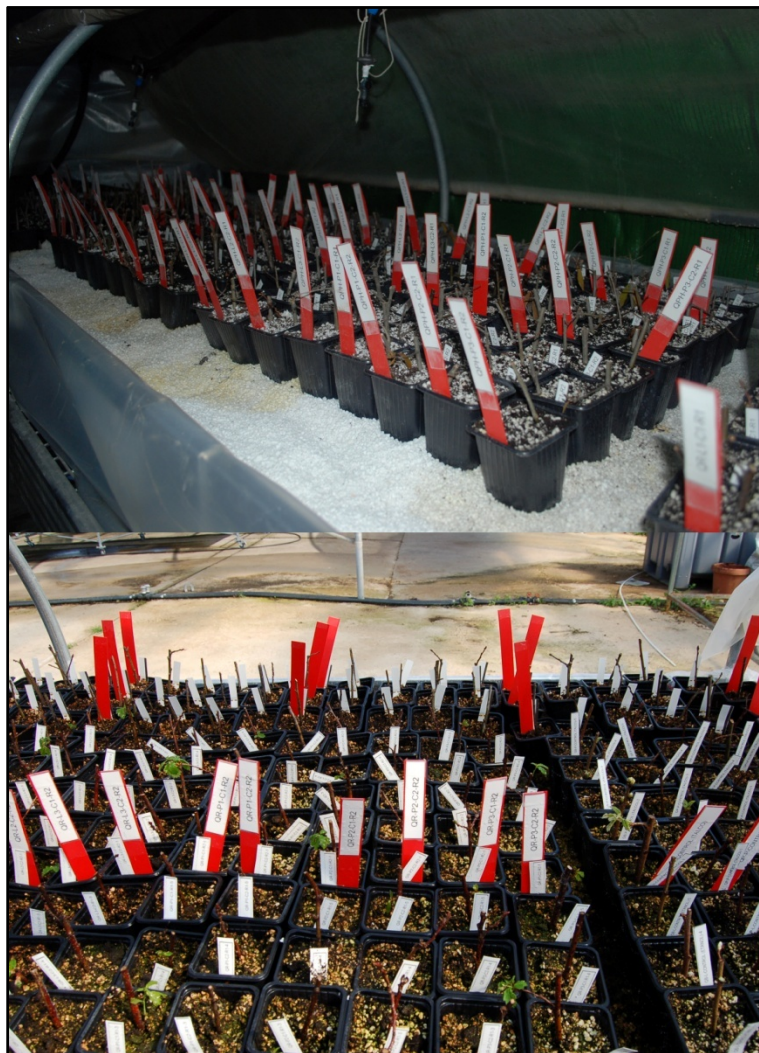


Figura 18. Desarrollo de los ensayos de propagación vegetativa mediante estaquillado en mesas de cultivo.

⇒ **Resultados obtenidos.**

1. La edad o grado de madurez de los árboles madre u ortet condiciona la capacidad de enraizamiento, constituyendo un factor limitante para el éxito en su propagación vegetativa. La madurez se manifiesta en los árboles por cambios morfológicos, anatómicos y por su capacidad para florecer, provocando una reducción en la tasa de crecimiento y en la aptitud de enraizamiento.
2. El desarrollo de actividades culturales (podas 2,5-3,0 metros) en la colección de robles, orientadas a la producción de madera de calidad, ha condicionado la disponibilidad de tejidos vegetales susceptibles de ser empleados en los trabajos de propagación vegetativa mediante estaquillado (ramas localizadas en la parte baja del fuste y cercanas a éste).
3. Ha proporcionado mejores resultados la aplicación en formulaciones líquidas cuando se ha trabajado con reactivos puros, fundamentalmente porque la homogeneización de la mezcla de la hormona con talco resulta complicada.
4. Resulta recomendable el empleo de hormonas comerciales con fungicida incorporado (ZIRAM, CAPTAN) cuando se trabaja con formulaciones en talco.
5. La aplicación de hormonas con concentraciones entre 4.000-6.000 p.p.m. e inmersiones breves (5-10 segundos) han proporcionado buenos resultados de enraizamiento.
6. Las condiciones ambientales existentes en los meses de verano en el área de trabajo dificultan la posibilidad de mantener unas condiciones de cultivo óptimas (temperatura y humedad) durante este período.
7. Sería necesario evaluar en el futuro el empleo de pretratamientos físicos (podas sucesivas) o químicos que permitieran el rejuvenecimiento parcial o vigorización del material vegetal para obtener materiales de reproducción con características juveniles a partir de ejemplares maduros.

Acodo bajo de plantas recepadas.

En primer lugar se realizó una búsqueda en diferentes fuentes documentales que permitiera evidenciar qué taxones de los incluidos en la colección presentaban una capacidad de rebrote de cepa vigoroso. Las especies de las que se dispone información contrastada sobre su capacidad para rebrotar de cepa son: *Quercus alba* L. (*White Oak*), *Q. bicolor* Willd. (*Swamp White Oak*), *Q. coccinea* Muenchh. (*Scarlet Oak*), *Q. falcata* Michx. (*Southern Red Oak*), *Q. pagoda* Raf. (*Cherrybark oak*), *Q. laurifolia* Michx. (*Laurel Oak*), *Q. lyrata* Walt. (*Overcup Oak*), *Q. macrocarpa* Michx. (*Bur Oak*), *Q. michauxii* Nutt. (*Swamp Chestnut Oak*), *Q. montana* Willd. (*Chestnut Oak*), *Q. muehlenbergii* Engelm. (*Chinkapin Oak*), *Q. palustris* Muenchh. (*Pin Oak*), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. *Q. phellos* L. (*Willow Oak*), *Q. rubra* L. (*Northern Red Oak*), *Q. velutina* Lam. (*Black Oak*) y *Q. virginiana* Mill. (*Live Oak*).

El método propuesto para la reproducción vegetativa mediante etiolado consiste básicamente en una acodo bajo de plantas recepadas (*Field layering of cutback plants*). El protocolo de ensayo fue extraído y ligeramente modificado del propuesto por Naalamle & Bassuk (2009), que aplicaron esta técnica sobre *Quercus bicolor* Willd. y *Quercus macrocarpa* Michx.

En las siguientes líneas se exponen las diferentes fases del proceso (v. fig. 19).

- Se receparon los individuos seleccionados dejando un tocón de altura 4 cm sobre el suelo.
- Cuando se observó la aparición de brotes epicórnicos sobre la cepa se procedió al proceso de etiolado empleando un envase forestal de volumen 5,5 litros (17 cm de diámetro interior x 30 cm de altura total) cubierto en su parte exterior por papel de aluminio para prevenir la exceso de calor sobre la cepa.
- Cuando los brotes epicórnicos alcanzaron una longitud de 8 a 10 cm, se aplicó sobre los 4 cm basales, mediante pulverización, una disolución de ácido indol-butírico (I.B.A.) con una concentración de 10.000 p.p.m. disuelto en el etanol acuoso del 98 %.
- Se mantuvieron y trataron únicamente entre 5-10 brotes por cepa que hubieran alcanzado la longitud deseada 8 a 10 cm.
- Una vez que la superficie pulverizada estuvo seca se colocaron los envases forestales anteriormente descritos, pero ahorasin fondo, sobre la planta. Se cubrieron las bases de los brotes tratados dentro del envase con una mezcla de turba y vermiculita (3:1) dejando los puntos de crecimiento expuestos, y se aporcaron los envases para evitar su caída por efecto del viento.
- Se cubrió la parte superior de los envases con bolsa de polietileno tipo camiseta de color blanco (40 x 50 cm).
- Progresivamente a lo largo de una semana se fueron perforando las bolsas (1-2 agujeros diarios) para permitir la entrada progresiva de luz en los envases. Al finalizar este período se retiraron las bolsas dejando los extremos superiores de los brotes expuestos a la luz directa.
- Se dejaron crecer durante 2-3 meses después del tratamiento, añadiendo el medio de cultivo (turba y perlita, 1,5:1 v/v), a medida que los brotes iban creciendo. Se mantuvo el sustrato húmedo durante todo el período.
- Pasado el periodo de crecimiento, se evaluó el número de brotes enraizados y el número de raíces por brote de cada uno de las cepas que emitieron brotes epicórnicos de la longitud necesaria.
- Posteriormente se cortaron los brotes enraizados y fueron transplantados en envases forestales con un medio de cultivo de turba y perlita (1,5:1 v/v).

Se realizó una selección previa de especies y ejemplares susceptibles de ser sometidos a este ensayo (capacidad rebrote de cepa tras recepado) con la única limitación espacial de que estuvieran incluidos en el área de la parcela de ensayo que fue segregada de la fase de análisis estadístico por presentar condicionantes de tipo edáfico que limitan el crecimiento y desarrollo de los árboles (posiciones 1 a 15 dentro de cada unas de las filas) (v. tabla 9).



Figura 19. Colocación de envases forestales invertidos sobre las plantas recepadas (a), envase forestal cubierto con papel de aluminio (b), emisión de brotes epicórnicos (c), planta recepada con algunos brotes con una longitud entre 8 y 10 cm (d).

Los individuos seleccionados presentaban los siguientes valores de altura total (cm) $470,1 \pm 97,2$ (300,0-617,0) y diámetro normal (mm) $44,5 \pm 11,5$ (20,0-61,0), según datos del inventario realizado en agosto de 2010 (v. tabla 9).

CODIGO	FILA	FILA_N	COLUMNA	TAXON	Número pliego HSS	Diámetro normal (mm)	PROCEDENCIA/CLON	AÑO PLANTACIÓN
01010441408	P	16	13		48408	37	New Jersey	2003
01010461207	B	2	6		48178	31	Desconocida	2002
01010411401	A	1	13	<i>Quercus alba</i> L.	15839	30	New Jersey	2002
01010431408	S	19	15		48483	30	Iowa	2003
01010441407	R	18	9		48453	20	New Jersey	2003
02100421107	E	5	6		15028	55	Arkansas	2002
02100421205	D	4	2		15056	53	Arkansas	2002
02100411105	L	12	5	<i>Quercus nigra</i> L.	15075	52	Tennessee	2002
02100431209	F	6	14		48223	51	Tennessee	2003
02100431212	C	3	9		48198	50	Tennessee	2003
01230711208	G	7	11		14382	61	Galicia	2002
01230811104	I	9	8		14374	53	Cord. Cant. Merid.	2002
01230811205	A	1	9	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	48146	50	Cord. Cant. Merid.	2002
01230811107	J	10	10		14396	47	Cord. Cant. Merid.	2002
01290711211	C	3	8		48199	45	Galicia	2002
02400611304	B	2	3		48180	57	Arkansas	2002
02130431310	A	1	6		13672	51	Georgia	2002
02130211207	H	8	2	<i>Quercus phellos</i> L.	13641	45	Arkansas	2002
02100431206	K	11	4		48309	36	Tennessee	2003
02130211206	H	8	4		13644	35	Arkansas	2002
02160111201	E	5	13	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	14076	60	Arkansas	2002
02160431512	B	2	2		14152	29	Arkansas	2002

Tabla 9. Listado de ejemplares seleccionados para el ensayo de acodo bajo de plantas recepadas.

Los árboles fueron recepados el día 29/03/2011. Se empezaron a observar los primeros brotes epicórnicos en la visita efectuada el día 12/04/2011. En la tabla 10 aparece reflejado el estado en que se encontraban cada uno de los ejemplares en las diferentes visitas efectuadas durante los meses de abril, mayo y junio de 2011 (v. fig. 20).

CODIGO	TAXON	29/03/2011	05/04/2011	12/04/2011	19/04/2011	26/04/2011	03/05/2011	11/05/2011	01/06/2011
01010411401		0	1	2	3	3	3	3	4
01010461207		0	1	2	3	3	3	3	4
01010441408	<i>Quercus alba</i> L.	0	1	2	3	3	3	3	4
01010441407		0	1	2	3	3	3	3	4
01010431408		0	1	1	1	1	1	1	1
02100431212		0	1	2	3	3	3	4	5
02100421205		0	1	1	1	1	2	4	5
02100421107	<i>Quercus nigra</i> L.	0	1	1	1	1	1	2	4
02100431209		0	1	2	3	3	3	4	5
02100411105		0	1	1	1	2	4	5	6
01230811205		0	1	2	3	3	3	4	5
01290711211		0	1	2	3	3	3	3	4
01230711208	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	0	1	1	1	2	3	3	4
01230811104		0	1	1	1	1	1	1	1
01230811107		0	1	1	1	1	1	2	4
02130431310		0	1	1	1	2	4	5	6
02400611304		0	1	1	1	2	3	4	5
02130211207		0	1	1	2	3	3	4	5
02130211206	<i>Quercus phellos</i> L.	0	1	2	3	3	3	3	4
02100431206		0	1	1	2	3	3	4	5
02160431512	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	0	1	1	1	1	1	1	1
02160111201		0	1	1	1	1	1	1	4

Tabla 10. Estado por fechas de cada uno de los individuos recepados. 0. Recepado, 1. No emisión de brotes epicórnicos, 2. Emisión de brotes epicórnicos sin la longitud suficiente (8-10 cm), 3. Brotes epicórnicos sin la longitud suficiente (8-10 cm), 4. Longitud de brotes epicórnicos (8-10 cm)+Selección de brotes (5-10)+Aplicación de hormona I.B.A. (10.000 p.p.m.)+Colocación de envases, sustrato y bolsa de plástico blanca, 5. Apertura total de la bolsa de plástico blanca, 6. Riego y mantenimiento.



Figura 20. Revisión de los árboles recepados y etiolados (izquierda) y emisión de raíces en la zona basal de los brotes epicórnicos (derecha). *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Posición A-9 (01230811205) (izquierda), *Quercus phellos* L. Posición H-4 (02130211206) (derecha). Fecha 21/07/2011.

En la tabla 11 aparece reflejada la frecuencia y el porcentaje de individuos en cada una de las fases de trabajo durante las visitas efectuadas a la parcela de ensayo.

Estado	29/03/2011		05/04/2011		12/04/2011		19/04/2011		26/04/2011		03/05/2011		11/05/2011		01/06/2011	
	Frec.	Porc. (%)	Frec.	Porc. (%)	Frec.	Porc. (%)	Frec.	Porc. (%)	Frec.	Porc. (%)	Frec.	Porc. (%)	Frec.	Porc. (%)	Frec.	Porc. (%)
Recepado (0)	22	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No emisión de brotes epicórnicos (1)	-	-	22	100,0	13	59,1	11	50,0	7	31,8	6	27,3	4	18,2	3	13,6
Emisión de brotes epicórnicos sin la longitud suficiente (8-10 cm) (2)	-	-	-	-	9	40,9	2	9,1	4	18,2	1	4,5	2	9,1	-	-
Brotos epicórnicos sin la longitud suficiente (8-10 cm) (3)	-	-	-	-	-	-	9	40,9	11	50,0	13	59,1	7	31,8	-	-
Longitud de brotes epicórnicos (8-10 cm)+Selección de brotes (5-10)+Aplicación de hormona I.B.A. (10000 p.p.m.) +Colocación de envases, sustrato y bolsa de plástico blanca (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	9,1	7	31,8	10	45,5
Apertura total de la bolsa de plástico blanca (5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	9,1	7	31,8
Riego y mantenimiento (6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	9,1
	22	100,0	22	100,0	22	100,0	22	100,0	22	100,0	22	100,0	22	100,0	22	100,0

Tabla 11. Frecuencia y porcentaje (%) del número de individuos en las diferentes fases de ensayo en cada una de las fechas de visita.

A mediados del mes julio de 2011 se procedió a cortar los brotes que habían enraizado y posteriormente fueron transplantados en envases forestales de 5,5 litros (17,0 cm de diámetro interior x 30,0 cm de altura total) con un medio de cultivo de turba y perlita (1,5:1 v/v) (v. tabla 12 y fig. 21 y 22). Actualmente estas plantas se conservan en invernadero con una temperatura de 28 ± 2 °C y una humedad relativa del 80%.



Figura 21. Detalle de plantas recepadas y etioladas. *Quercus phellos* L. Posición B-3 (02400611304) (izquierda), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Posición A-9 (02130211206) (derecha).

CODIGO	TAXON	Enraizamiento	Número de brotes conservados por cepa	Número de brotes enraizados	Tipo de raíces
1010441408	<i>Quercus alba</i> L.	SI	7	2	Raíces principales
1010461207		SI	8	5	Raíces principales
1010411401		NO	10	0	
1010431408		NO	8	0	
1010441407		NO	0	0	
2100421107	<i>Quercus nigra</i> L.	SI	9	4	Raíces principales y secundarias
2100421205		SI	10	3	Raíces principales
2100411105		SI	7	3	Raíces principales
2100431209		SI	10	4	Raíces principales y secundarias
2100431212		NO	10	0	
1230711208	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	SI	7	3	Raíces principales y secundarias
1230811104		SI	5	2	Raíces principales
1230811205		NO	9	0	
1230811107		NO	0	0	
1290711211		SI	10	5	Raíces principales y secundarias
2400611304	<i>Quercus phellos</i> L.	NO	9	0	
2130431310		SI	8	8	Raíces principales y secundarias
2130211207		SI	10	4	Raíces principales
2100431206		NO	7	0	
2130211206		SI	10	10	Raíces principales y secundarias
2160111201	<i>Quercus shumardii</i> Buckley	SI	7	1	Raíces principales
2160431512		NO	10	0	

Tabla 12. Número de brotes epicórnicos conservados por cepa, número de brotes enraizados y tipo de raíces emitidas en los brotes tratados con hormonas.



Figura 22 Emisión de raíces en los brotes epicórnicos sometidos a etiolado y a la aplicación de I.B.A. (10.000 p.p.m.). *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Posición C-8 (01290711211) (a), *Quercus phellos* L. A6 (02130431310) (b), *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Posición C-8 (01290711211) (c), *Quercus phellos* L. A6 (02130431310) (d).

⇒ Resultados obtenidos.

1. La selección de materiales que retienen características juveniles (rebrotos de cepa o de raíz, brotes epicórnicos, etc.) facilita la propagación vegetativa de los mismos. Por ello técnicas como el etiolado y el tratamiento posterior de los brotes epicórnicos generados a partir de ejemplares recepados con hormonas de enraizamiento constituye una alternativa para la propagación de individuos o taxones del género *Quercus* L. en donde las otras técnicas no han resultado exitosas.
2. El 86,96% de los ejemplares recepados han emitido brotes epicórnicos, susceptibles de ser sometidos al tratamiento posterior con hormonas de enraizamiento.
3. El tipo de hormona (I.B.A.) y la concentración (10.000 p.p.m.) empleadas han permitido obtener brotes enraizados del 56,52% de los individuos recepados. De los 13 individuos con brotes epicórnicos que han emitido raíces el 46,15% presentan raíces principales y secundarias.
4. El sistema de aplicación mediante pulverización ha mostrado ser un método rápido y eficaz para el tratamiento de los brotes epicórnios con hormonas de enraizamiento.
5. La producción de plantas a partir de recepe debe ser considerado como una alternativa para la propagación clonal en grandes cantidades de las especies seleccionadas

Injertado.

⇒ Recolección de muestras para injertado.

En los ensayos de injertado se ha trabajado con 6 especies diferentes como púas, 1 única especie como portainjerto y 5 tipos distintos de procedimientos o modelos de injertado.

Como patrón o portainjerto se empleó, en todos los casos, plantas de 1 savia de *Quercus robur* L. de procedencia belga. Se emplearon como púas materiales de *Quercus robur* L., *Quercus phellos* L., *Quercus bicolor* Willd., *Quercus shumardii* Buckley y *Quercus nigra* L. El material para el injertado

procedía de la colección de robles de la parcela cacereña de la empresa Bosques Naturales S.A. en Villanueva de la Vera (Cáceres).

El número de plantas consideradas por especie (púa) y tipo de injerto fue de 5, para un número total de plantas injertadas de 150.

A la hora de realizar la recolección de los materiales forestales de reproducción para su injertado se tuvo en cuenta la consideración de que dispusiera de unas mínimas condiciones de vigor y que presentara un estado sanitario correcto.

⇒ **Procedimiento de injertado.**

Se evaluaron los resultados obtenidos mediante diferentes técnicas de injertado: **injerto en T invertida** (*Inverted T budding*), **injerto en escudete** (*Chip-budding*), **injerto de hendidura plena simple** (*Simple whip grafting*), **injerto de hendidura superior** (*Top cleft grafting*), **injerto de hendidura lateral** (*Side left grafting*), y puntualmente se empleó el **injerto en Omega** (*Omega grafting*).

Para efectuar los cortes se emplearon navajas de injertar (Marca F. Don Benito, cod. 20301), longitud 50 mm, y 90 mm tipo cuña cod. 20302) y una injertadora manual Omega.

Para proteger la unión de la entrada de agua, enfermedades o de su desecación, y favorecer la unión entre portainjerto y púa se utilizaron cintas de polietileno para injertar de 25 cm de longitud y 2,5 cm de ancho de la marca Borrull que fueron cortadas a la mitad (aprox. 1 cm) de ancho.

Para atar la cinta de injertar se comienza sobre el portainjerto por debajo de la zona unión con la púa y se termina con la cinta por encima de ella. Se superpone la cinta dando varias vueltas y se cubre la zona de unión del injerto hacia la parte superior de la púa. Cuando solamente queden 6 o 7 cm de la cinta se procede a enrollar en sentido descendente superponiendo la cinta de nuevo y fijando la cinta mediante un nudo simple.

También se puede aplicar una pasta o mástic de injertar en la zona de unión que una vez seca adquiere la consistencia de plástico, impermeabilizando el injerto y evitando la pérdida de humedad y el desarrollo de hongos. Si se corta el extremo apical también debe taparse con la pasta.

Para favorecer o estimular la brotación de las yemas laterales, en aquellos tipos de injertos que fuera necesario, se eliminó el extremo y la yema terminal.

⇒ **Descripción de los tipos de injerto empleados (v. fig. 23).**

Escudete o forma de T invertida (*Inverted T-budding*).

Consiste básicamente en hacer una incisión en el tallo del portainjerto en forma de T invertida. En primer lugar se corta con el cuchillo de injertar la corteza del patrón en una zona lisa y sin yemas, haciendo un corte horizontal, 7-8 mm de longitud, y otro vertical, 2 cm, que va desde el corte horizontal hacia abajo, en forma de T invertida. Debe hacerse a una altura entre 10-12 cm por encima del nivel del suelo. A continuación, ayudándonos con el cuchillo de injertar, se despega la corteza de ambos lados del corte vertical.

Se extrae una yema en forma de escudete con el auxilio del cuchillo de injertar. Se debe despegar con cuidado evitando tocar con el cuchillo la parte interna de la yema y evitar manipular el escudete o tocar con los dedos la zona del cambium. Posteriormente se coloca la yema extraída en la incisión del patrón, empujando ligeramente hacia abajo, y finalmente se ata mediante una cinta de injertar.

Se considera que esta técnica es más eficaz que el método *T-budding* al proporcionar una unión más fuerte y un período de unión menor, fundamentalmente debido al flujo de hormonas que se produce hacia la base y que son interceptadas debajo del brote.

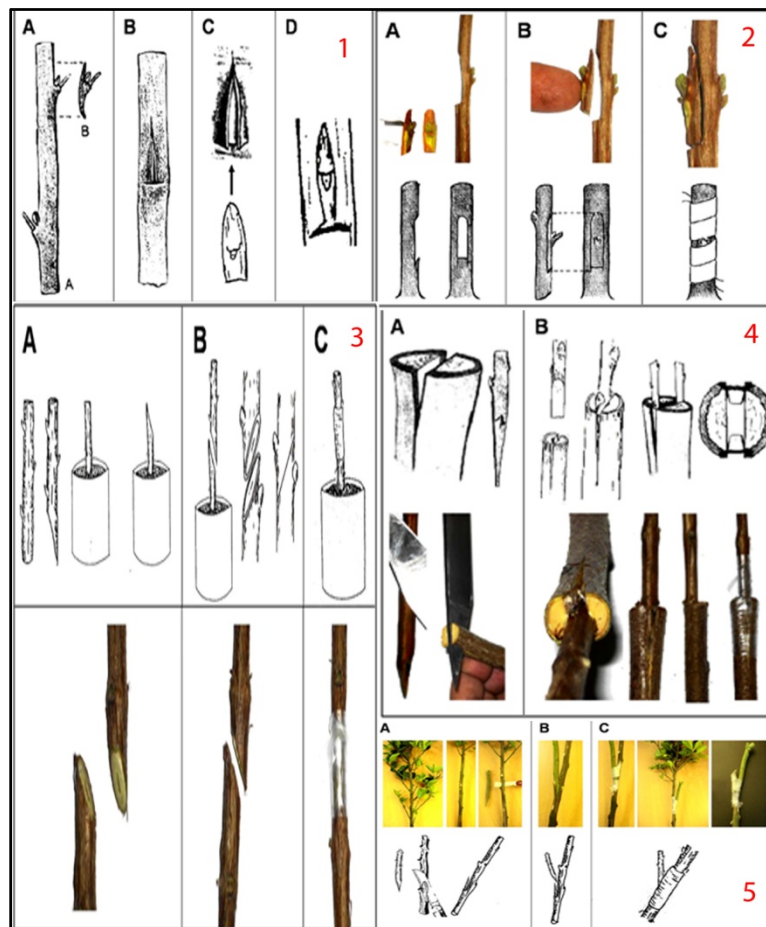


Figura 23. Tipos de injertos: Inverted T-budding. (1) (Sandor, 2007). Chip-budding (2, Simple whip grafting (3), Top cleft grafting (4), Side left grafting (5) (Sandor, 2007).

Injerto de escudete (Chip-budding).

Consiste básicamente en la extracción de una porción cuadrada de la corteza del patrón, sustituyéndola por una porción igual en forma y tamaño de la planta deseada.

En primer lugar sobre el portainjerto se debe hacer una reducción de 2-2,5 cm de longitud con una profundidad variable entre un 1/4 a 1/5 el diámetro del portainjerto y una base horizontal. Como principal limitación el diámetro del portainjerto y la púa debe ser similar.

Posteriormente para evitar la desecación y favorecer la unión se debe proteger la zona de unión mediante una cinta de injertar.

Injerto de hendidura plena simple (Simple whip grafting).

Este tipo de injerto consiste básicamente en realizar un simple corte inclinado en el material a injertar y en el patrón, de tal manera que, ambas partes puedan superponerse perfectamente. Por otro lado, los diámetros del patrón y de la púa deben ser similares (10-15 mm).

Únicamente debe seguirse una única regla general, cuanto mayor sea el diámetro del patrón y la púa, mayor debe ser la superficie de corte y, por ello, el ángulo de inclinación del mismo.

Injerto de hendidura superior (Top Cleft Grafting).

En primer lugar se corta con unas tijeras de podar el patrón a la altura deseada. Se corta por la mitad de su diámetro, en sentido longitudinal, el patrón con un cuchillo de injertar. La longitud del corte es variable en función del diámetro del material a injertar.

Posteriormente con el cuchillo de injertar se rebaja la púa o estaca a injertar por los dos lados en bisel a modo de cuña, de manera que patrón y estaca tengan exactamente el mismo diámetro. Se introduce la estaca dentro del corte longitudinal del patrón, procurando que el cambium de ambos pueda unirse. Se ajustan bien las dos partes del injerto y se ata la unión con una cinta de injertar para favorecer la unión y evitar las pérdidas de humedad.

Injerto de hendidura lateral (Side cleft grafting)

El método es similar al anteriormente descrito para el injerto de hendidura superior pero en este caso la hendidura se dispone lateralmente. Se realiza en el portainjerto un corte en diagonal de 3-4 cm de longitud y 0,5 cm de profundidad, y se unen en este punto éste y la púa. El siguiente paso es proteger la zona de unión mediante una cinta de injertar de la pérdida de humedad. Cuando la púa empieza a brotar se debe cortar el portainjerto lo más cercano posible al punto de injertado

Injerto en Omega (Omega grafting)

En primer lugar se corta con unas tijeras de podar un trozo de tallo con una yema de la planta que se quiere injertar y posteriormente se procede a hacerle el corte en omega en su parte inferior con una injertadora omega empleada en este tipo de injertos. En el portainjerto se hace un corte invertido con el mismo aparato, donde encajará exactamente el injerto.

Se acopla el injerto al patrón, introduciéndolo de lado, respetando la curvatura en Omega. Este tipo de corte favorece que se produzca un anclaje perfecto entre el patrón y el injerto. Para finalizar se ata con una cinta para injertar.



Figura 24. Injertadora Omega (izquierda) e corte para Injerto tipo omega (derecha).

⇒ **Resultados obtenidos**

1. Esta técnica permite perpetuar clones que no pueden ser mantenidos mediante otros métodos de propagación asexual y además, disponer de los beneficios que proporciona el patrón o portainjerto.
2. Las técnicas de injertado que han proporcionado los mejores resultados son el injerto de hendidura lateral (*side cleft grafting*) y el injerto de hendidura superior (*top cleft grafting*).
3. Por otro lado, el injerto en Omega (*Omega grafting*) constituye una alternativa al resto de técnicas manuales por no exigir una especialización de los trabajadores en técnicas de injertado, y por la calidad de la unión que proporciona entre patrón y púa.
4. Es necesario evaluar en el futuro la existencia de problemas de incompatibilidad entre patrón y púa.



Figura 25. Injerto de hendidura superior (*Top Cleft Grafting*): *Quercus bicolor* Willd. (púa)/*Quercus robur* L. (portainjerto) (a) e injerto de hendidura lateral (*Side cleft grafting*) *Quercus phellos* L. (púa)/*Quercus robur* L. (portainjerto) (b).

Cultivo *in vitro*.

Con el objetivo de abrir nuevas vías de reproducción vegetativa en especies del género *Quercus* L., y fuera de los trabajos planteados en un principio dentro del presente proyecto, se llevaron a cabo las primeras experiencias de cultivos *in vitro* en *Quercus* L..

El material vegetal empleado fue recolectado de la plantación de *Quercus* L. que la empresa Bosques Naturales S.A. tiene en el Término Municipal de Villanueva de la Vera (Cáceres).

Todo el material de laboratorio empleado, así como las instalaciones necesarias para los trabajos de cultivo, fue el que la propia empresa de Bosques Naturales S.A. puso a disposición del personal investigador y del técnico de apoyo. La preparación de los medios de cultivo así como las pruebas de reproducción "*in vitro*" realizadas se llevaron a cabo igualmente en el laboratorio de la empresa Bosques Naturales S.A.

Finalmente, dada la baja respuesta dada en las especies estudiadas y con los medios con los que se trabajó, el ensayo se limitó a la fase de introducción y establecimiento.

⇒ **Recolección de muestras.**

La recogida de muestras se llevó a cabo en 2 fechas diferentes:

- 16 de enero de 2011.
- 29 de marzo de 2011.

El material fue recogido en la colección del género *Quercus* L. localizada en la finca propiedad de la empresa Bosques Naturales S.A. en el término municipal de Villanueva de la Vera (provincia de Cáceres).

Se trata de una colección de robles conformada por varias especies caducifolias del género *Quercus* L. con interés maderero, principalmente americanas y en menor medida europeas, y de diversas procedencias. Dentro de la plantación se distinguen dos grandes bloques correspondientes a dos años de plantación diferentes: 2003 y 2004.

El material recogido estuvo constituido por pequeñas ramillas con numerosos brotes, aún cerrados en el momento del muestreo, de varios ejemplares de *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. robur* L., *Q. phellos* L., *Q. shumardii* Buckley, *Q. bicolor* L., *Q. alba* L. y *Q. nigra* L..

El criterio de selección de las ramillas a recolectar fue que el material fuera lo más rejuvenecido posible. Para ello se eligieron en primer lugar chupones. En caso de no haber chupones se tomaron ramillas normales, eligiéndose siempre el material situado lo más cerca posible del tronco y en la parte inferior del árbol, puesto que cuanto más abajo y más pegado al fuste del árbol más joven es el material.

Una vez recolectado, el material fue introducido en bolsas de plástico, cerradas herméticamente y trasladado al laboratorio donde fueron tratadas para la inducción de la brotación.

Fecha recogida	Código identificación individuo	Especie
16/01/2011	01230811201	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.
16/01/2011	01220711203	<i>Q. robur</i> L.
16/01/2011	02130431302	<i>Q. phellos</i> L.
16/01/2011	01230711311	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.
16/01/2011	01220711204	<i>Q. robur</i> L.
16/01/2011	02160431511	<i>Q. shumardii</i> Buckley
16/01/2011	02130111311	<i>Q. phellos</i> L.
16/01/2011	02160411212	<i>Q. shumardii</i> Buckley
29/03/2011	02130211206	<i>Q. phellos</i> L.
29/03/2011	01230811104	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.
29/03/2011	01220821109	<i>Q. robur</i> L.
29/03/2011	01230711406	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.
29/03/2011	01290711211	<i>Q. bicolor</i> Willd.
29/03/2011	01010441407	<i>Q. alba</i> L.
29/03/2011	02100421205	<i>Q. nigra</i> L.
29/03/2011	02100421107	<i>Q. nigra</i> L.

Tabla 13. Listado de ejemplares de los que se recogió material para ensayos de cultivo *in vitro*.

⇒ Descripción de las técnicas de laboratorio.



Figura 26. Ramillas puestas en agua para su brotación



Figura 27. Detalles de ramillas brotadas en las instalaciones de Bosques Naturales S.A.

Preparación del material a reproducir.

El material empleado para las introducciones estuvo constituido por brotes recién brotados de ramillas de diversas especies del género *Quercus* L..

Una vez en el laboratorio, el material recogido se preparó cortando y dejando ramillas de unos 10-15 cm. de longitud con las yemas (aún cerradas). A todas las ramillas obtenidas se les cortó la base (2-3 mm) antes de dejarlas tarros de cristal en remojo (2 cm. de agua). Semanalmente se recortó la base y se cambió el agua de cada muestra. Se trabajó siempre con las tijeras de podar perfectamente desinfectadas.

Por otro lado, en el propio Centro de Investigación Finca La

Orden se realizaron ensayos de brotación del material recolectado como prueba para los futuros



Figura 28. Ensayo de brotación con perlita en la finca La Orden

trabajos a desarrollar en el centro, sin llevarse un seguimiento exhaustivo de la brotación. En este sentido, las ramillas cortadas y preparadas se colocaron en pequeñas bandejas de aluminio con sustrato de perlita humedecido en lugar de tarros de cristal con agua. Las bases de las ramillas se recortaron de manera semanal y se controló diariamente la humedad del sustrato. El ensayo se realizó dentro de los invernaderos con los que cuenta el centro, con un control de la humedad y la temperatura ambiental.

El material recolectado se mantuvo en estas condiciones hasta el momento en que, tras la brotación de las yemas, los brotes alcanzaron la longitud y tamaño adecuados (mínimo 2-3 cm.)

En el ensayo realizado en el laboratorio de Bosques Naturales, una vez que los brotes alcanzaron el tamaño adecuado, con el medio de cultivo ya preparado y momentos antes de su introducción, éstos se cortaron y se separaron de las ramillas con un bisturí esterilizado y se colocaron en tarros de cristal con agua destilada previamente autoclavados para su inmediata desinfección e introducción en el medio de cultivo.

Preparación de los medios.

El medio empleado para todas las introducciones fue el DKW (Driver y Kuniyuki, 1984) para *Juglans*, empleándose en unos casos al 50% y en otros al 100%.

Para la preparación de los medios en el laboratorio, se añadieron a los macronutrientes I, los macronutrientes II, los micronutrientes, las vitaminas y demás compuestos orgánicos (glucosa, hormonas). Se fueron mezclando en el orden pertinente en un matraz mientras se iban calentando y agitando. Tras ajustar el pH del medio se añadió el agar.

Una vez preparado el medio de cultivo se vertió la cantidad adecuada en cada uno de los tubos de cultivo donde se realizó la fase de establecimiento del cultivo in vitro. Los tubos con el medio se autoclavaron antes de comenzar la introducción del material vegetal a reproducir (los brotes germinados). Tras el autoclavado se dejaron de nuevo enfriar, y se reservaron hasta el momento de empezar las introducciones.

Introducción del material en la fase de establecimiento.

Tras la preparación de los medios de cultivo se procedió a la primera fase del cultivo: INTRODUCCIÓN Y ESTABLECIMIENTO. Se llevó a cabo en tubos de ensayo de cristal con el medio de cultivo.

El material vegetal con el que se trabajó fueron brotes recién germinados de unos 2-3 cm de varias especies del género *Quercus L.*. Una vez preparado y desinfectado el material vegetal se procedió a la inoculación de los explantos en los tubos de cristal con el medio de cultivo gelificado.



El medio de cultivo empleado para esta fase fue el DKW, aunque con algunas variaciones de unas introducciones a otras. En la 1ª y 2ª introducción se utilizó el medio DKW al 50% y las hormonas empleadas fueron B.A.P. (6-Benzylaminopurina) e I.B.A. (ácido Indol-3-butírico). Sin embargo, en las restantes introducciones se empleó el medio DKW al 100% de concentración y con varios tipos de hormonas diferentes:

- B.A.P. (6-Benzylaminopurina) + I.B.A.
- B.A.P. (6-Benzylaminopurina) + P.E. (24-epibrassinolide) + I.B.A.
- B.A.P. (6-Benzylaminopurina) + P.Bz (Paclobutrazol) + I.B.A.



Figura 30. Detalle de los explantos de *Quercus* introducidos en la fase de establecimiento

Fase de multiplicación

Esta fase no pudo llevarse a cabo con los explantos de *Quercus*, dado que durante la fase de establecimiento no se produjo el correcto desarrollo de los brotes cultivados.

⇒ Introducciones realizadas.

Las muestras recogidas para los ensayos de los cultivos in vitro fueron:

Fecha recolección	Código muestra	Código individuo	Especie	Inicio brotación
16/01/2011	Q.01	01230811201	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.	16/02/2011
16/01/2011	Q.02	01220711203	<i>Q. robur</i> L.	17/02/2011
16/01/2011	Q.03	02130431302	<i>Q. phellos</i> L.	-
16/01/2011	Q.04	01230711311	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.	10/02/2011
16/01/2011	Q.05	01220711204	<i>Q. robur</i> L.	17/02/2011
16/01/2011	Q.06	02160431511	<i>Q. shumardii</i> Buckley	10/03/2011
16/01/2011	Q.07	02130111311	<i>Q. phellos</i> L.	17/02/2011
16/01/2011	Q.08	02160411212	<i>Q. shumardii</i> Buckley	-
29/03/2011	Q.09	02130211206	<i>Q. phellos</i> L.	05/04/2011
29/03/2011	Q.10	01230811104	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.	05/04/2011
29/03/2011	Q.11	01220821109	<i>Q. robur</i> L.	05/04/2011
29/03/2011	Q.12	01230711406	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.	05/04/2011

Fecha recolección	Código muestra	Código individuo	Especie	Inicio brotación
29/03/2011	Q. 13	01290711211	<i>Q. bicolor</i> L.	05/04/2011
29/03/2011	Q. 14	01010441407	<i>Q. alba</i> L.	-
29/03/2011	Q. 15	02100421205	<i>Q. nigra</i> L.	05/04/2011
29/03/2011	Q. 16	02100421107	<i>Q. nigra</i> L.	05/04/2011

Tabla 14. Listado de ejemplares de los que fueron tomadas las muestras y fecha de inicio de la brotación.

Tras la brotación, de todas las muestras recogidas las únicas de las que se obtuvieron brotes con tamaño suficiente para su cultivo fueron las siguientes:

Fecha recolección	Código muestra	Código individuo	Especie	Número de explantos totales
16/01/2011	Q. 02	01220711203	<i>Q. robur</i> L.	19
16/01/2011	Q. 04	01230711311	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.	2
16/01/2011	Q. 05	01220711204	<i>Q. robur</i> L.	11
16/01/2011	Q. 06	02160431511	<i>Q. shumardii</i> Buckley	4
16/01/2011	Q. 08	02160411212	<i>Q. shumardii</i> Buckley	16
29/03/2011	Q. 11	01220821109	<i>Q. robur</i> L.	9

Tabla 15. Ejemplares de los que se pudieron obtener explantos.

Con todo ello, las introducciones que se realizaron para la fase de ESTABLECIMIENTO fueron las siguientes:

1. Primera introducción (03/03/2011): se empleó el medio del cultivo para *Juglans*, DKW, al 50% de concentración con B.A.P. (1 mg/l) + I.B.A. (0,01 mg/l). Se inocularon explantos de los siguientes ejemplares:
 - o Q. 08. Se hicieron 10 introducciones.
 - o Q. 04. Se hizo 2 introducciones.
 - o Q. 02. Se hicieron 9 introducciones.
2. Segunda introducción (14/03/2011): se empleó el medio del nogal, DKW, al 50% de concentración con B.A.P. (1 mg/l) + I.B.A. (0,01 mg/l). Se inocularon explantos de los siguientes ejemplares:
 - o Q. 02. Se inocularon 10 explantos.
 - o Q. 05. Se introdujeron 5 explantos.
 - o Q. 06 Se hizo 1 introducción.
 - o Q. 08. Se hicieron 6 introducciones.
3. Tercera introducción (31/03/2011): El material que sobrevivió de las introducciones 1ª y 2ª se cambiaron a nuevos medios también para la fase de establecimiento. El medio base fue el DKW al 100% para todas las muestras, sin embargo se probaron con 3 tipos diferentes de hormonas:
 - o BA + I.B.A. (**BA**)
 - o BA +PB₂ + I.B.A. (**PBz**)
 - o BA + EP +I.B.A. (**EP**)

En esta introducción los explantos supervivientes que se emplearon fueron los siguientes:

- Q. 08 de la primera introducción. 10 explantos.
- Q. 08. de la segunda introducción. 6 explantos.
- Q. 02. De la segunda. 7 explantos.

De manera esquemática para esta tercera introducción, la distribución según el tipo de medio quedó de la siguiente manera:

Código muestra	Introducción anterior del explanto	Hormonas empleadas			Número de explantos totales
		Hormona BA	Hormona PBz	Hormona EP	
Q. 08	Primera	3	4	3	10
Q. 08	Segunda	2	2	2	6
Q. 02	Segunda	2	3	2	7

Tabla 16. Esquema de los medios y explantos empleados en la tercera introducción.

4. Cuarta introducción (13/04/2011): Se hizo la introducción para la fase de establecimiento en 3 medios de cultivos diferentes con base el DKW 100% (al igual que en la 3ª introducción: **BA, PBz y EP**). El material empleado fueron nuevos explantos brotados en las dos semanas anteriores. Las inoculaciones fueron:
- Q. 11. Se introdujeron 9 explantos.
 - Q. 05. Fueron 6 explantos.
 - Q. 06. Se inocularon 3 explantos.

Código muestra	Número de explantos por cada tipo de hormonas empleado			Número de explantos totales
	Hormona BA	Hormona PBz	Hormona EP	
Q. 11	3	3	3	9
Q. 05	2	2	2	6
Q. 06	1	1	1	3

Tabla 17. Esquema de los medios y explantos empleados en la cuarta introducción.

Resumen de material introducido.

Número de la introducción	Fecha de introducción	Número muestra	Especie	Fase	Número de explantos en cada Medio de cultivo				Número de supervivientes	Número de explantos muertos
					DKW 50%	BA	PBz	EP		
Primera	03/03/2011	Q. 8	<i>Q. shumardii</i> Buckley	Establecimiento	10	-	-	-	10	-
Primera	03/03/2011	Q. 4	<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.	Establecimiento	2	-	-	-	-	2
Primera	03/03/2011	Q. 2	<i>Q. robur</i> L.	Establecimiento	9	-	-	-	-	9
Segunda	14/03/2011	Q. 2	<i>Q. robur</i> L.	Establecimiento	10	-	-	-	7	3
Segunda	14/03/2011	Q. 5	<i>Q. robur</i> L.	Establecimiento	5	-	-	-	-	5
Segunda	14/03/2011	Q. 6	<i>Q. shumardii</i> Buckley	Establecimiento	1	-	-	-	1	-
Segunda	14/03/2011	Q. 8	<i>Q. shumardii</i> Buckley	Establecimiento	6	-	-	-	6	-
Tercera	31/03/2003	Q. 8 /1ª	<i>Q. shumardii</i> Buckley	Establecimiento	-	3	4	3	10	-
Tercera	31/03/2003	Q. 8/2ª	<i>Q. shumardii</i> Buckley	Establecimiento	-	2	2	2	6	-
Tercera	31/03/2003	Q. 2/2ª	<i>Q. robur</i> L.	Establecimiento	-	2	3	2	7	-
Cuarta	13/04/2011	Q. 11	<i>Q. robur</i> L.	Establecimiento	-	3	3	3	9	-
Cuarta	13/04/2011	Q. 5	<i>Q. robur</i> L.	Establecimiento	-	2	2	2	6	-
Cuarta	13/04/2011	Q. 6	<i>Q. shumardii</i> Buckley	Establecimiento	-	1	1	1	3	-

Tabla 18. Esquema de las especies empleadas y de las introducciones realizadas.

⇒ **Resultados obtenidos.**

Tras los diferentes ensayos desarrollados podemos obtener las siguientes observaciones:

1. Independientemente de la fecha de recogida de las muestras, y bajo las condiciones del presente estudio, las brotación de las ramillas recolectadas no comienzan a producirse hasta pasadas las 4 semanas.
2. A pesar de la brotación, tan solo las muestras Q.02, Q.04, Q.05, Q.06, Q.08 y Q.11 produjeron brotes adecuados para la obtención de explantos, destacando los ejemplares Q.02 y Q.08 con 19 y 16 explantos respectivamente.
3. Las dos primeras introducciones, con DKW al 50% y BAP+IBA, mostraron una baja respuesta:
 - Sólo sobrevivieron un 20% de los explantos. Tan sólo se observó contaminación por hongo en un explanto de Q.04.
 - De los explantos supervivientes sólo dos del Q.08 mostraron algo de crecimiento. No se observó la producción de ningún callo.
 - Los explantos supervivientes fueron empleados para la 3ª introducción.
4. En la tercera y cuarta introducción, con medio DKW al 100% y distintas hormonas de crecimiento se obtuvo:
 - Supervivencia del 100%.
 - No se obtuvieron crecimientos en los brotes pero si en algunos explantos se contempló la formación de callo.
5. A pesar de las pruebas realizadas, no se logró en ninguno de los casos la inducción del crecimiento en los brotes cultivados. Seguramente una de las causas sea el medio empleado, puesto que el medio DKW es un medio específico para nogal. En la bibliografía estudiada son los medios "Murashige & Skoog" , "Gresshof & Doy" y "Woody Plant Medium" los empleados para el cultivo *in vitro* del género *Quercus L.*
6. Estos trabajos han servido para el departamento de Producción Forestal y Pastos del Centro de Investigación Finca la Orden-Valdesequera como base para conocer las técnicas de cultivo *in vitro* con especies forestales. La disponibilidad de infraestructuras adecuadas y la nueva adquisición de material necesario para realización de los cultivos por parte de dicho departamento abren la posibilidad de comenzar a realizar ensayos de cultivos *in vitro* en sus propios laboratorios.

6. SEGUIMIENTO FENOLÓGICO DE LOS INDIVIDUOS INCLUIDOS EN LA COLECCIÓN DE *QUERCUS* L.

Los estados fenológicos o fenofases hacen referencia a momentos concretos del crecimiento y desarrollo de órganos vegetativos y reproductores, siendo su manifestación y sucesión una consecuencia de la interacción del genotipo con el medio ambiente.

Entre los meses de marzo y mayo de 2011 se realizó un seguimiento fenológico de los árboles incluidos en la colección de *Quercus* L. en Villanueva de la Vera (Cáceres) de la empresa Bosques Naturales S.A.. Concretamente el trabajo se realizó con una periodicidad semanal, durante las fechas 29/03/2011, 05/04/2011, 12/04/2011, 19/04/2011, 26/04/2011, 3/05/2011 y 11/05/2011.

El trabajo de campo consistió fundamentalmente en la anotación en estadillos de campo de la fenofase en la que se encontraba cada uno de los individuos en las fechas de visita. Para observar correctamente esta variable, debido fundamentalmente a la disposición de las estructuras florales en áreas periféricas y soleadas de la copa y a la altura de poda (2,5-3 m), se recurrió cuando fue necesario al empleo de prismáticos.

Los objetivos que se persiguieron con este trabajo son:

1. Hacer un seguimiento detallado del ciclo de la planta, determinando las fechas medias y periodos en que se manifiestan los distintos estados fenológicos.
2. Conocer las diferencias fenológicas existentes en la evolución de los diferentes taxones, procedencias e individuos.

Las diferentes fenofases estudiadas se encuentran agrupadas en los siguientes cuatro grupos:

- **No brotación:** Yema cerrada foliar.
- **Brotación:** Desarrollo de la yema foliar.
- **Floración masculina:** Desarrollo y elongación de los amentos, Inicio floración, plena floración, senescencia y caída de los amentos.
- **Floración femenina:** Desarrollo de la inflorescencia, diferenciación de la flor, plena floración, oxidación de los estigmas y la formación del futuro fruto.

A continuación se representan de forma resumida mediante diagramas de barras los resultados fenológicos obtenidos a lo largo del periodo de seguimiento. El estudio comparativo de los resultados fenológicos de campo es de gran utilidad como trabajo previo a la hora de evaluar la posibilidad de que existan fenómenos de hibridación entre los taxones presentes en la colección y las poblaciones naturales de especies autóctonas en el territorio.

En las siguientes gráficas se puede observar el número de ejemplares no brotados, brotados, aquellos que presentaban inflorescencias masculinas o femeninas, o bien ambas de forma simultánea.

Por otro lado también se ha trabajado a nivel de procedencia dentro de cada uno de los taxones con el fin de identificar singularidades y/o diferencias en los momentos de brotación, aparición y desarrollo de los amentos masculinos y flores femeninas. En la figura 18 aparece representado un ejemplo, considerando al taxón *Quercus shumardii* Buckley, sobre el que se puede observar el número de individuos que se encuentra en cada uno de los diferentes estados fenológicos considerados para cada una de sus procedencias a lo largo del período de seguimiento.

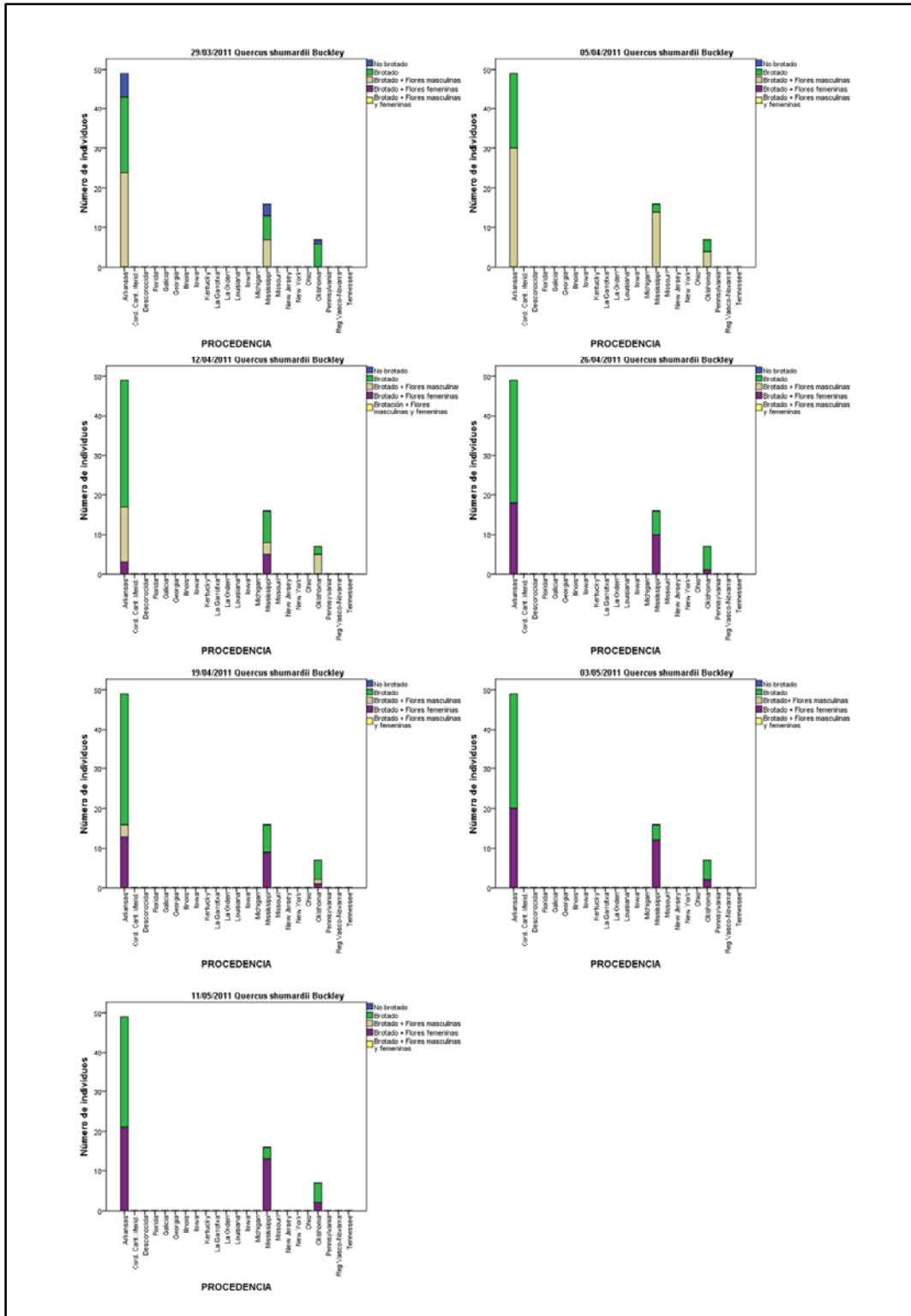


Figura 32. Fenofases agrupadas por procedencias de *Quercus shumardii* Buckley.

En la tabla 19 y en la figura 33 aparece reflejado el porcentaje de individuos de cada una de los taxones que a lo largo del tiempo de seguimiento fenológico han brotado, han producido flores masculinas o femeninas, o ambas en el mismo período (del 29 de marzo al 11 de mayo de 2011).

TAXON	PORCENTAJE DE INDIVIDUOS (%)				TOTAL
	Brotación	Flores masculinas	Flores femeninas	Flores masculinas y femeninas	
<i>Quercus alba</i> L.	100,00	16,67	16,67	0,00	6
<i>Quercus bicolor</i> Willd.	88,89	50,00	72,22	0,00	18
<i>Quercus coccinea</i> Münchh.	96,55	13,79	3,45	0,00	29
<i>Quercus coccinea</i> Münchh. x <i>Quercus shumardii</i> Buckley	100,00	50,00	0,00	0,00	4
<i>Quercus falcata</i> Michx.	96,15	0,00	7,69	0,00	26
<i>Quercus incana</i> W. Bartram x <i>Quercus phellos</i> L.	100,00	25,00	0,00	0,00	4
<i>Quercus laurifolia</i> Michaux x <i>Quercus phellos</i> L.	100,00	0,00	0,00	0,00	1
<i>Quercus laurifolia</i> Michx.	85,71	26,53	38,78	0,00	49
<i>Quercus lyrata</i> Walter	77,42	6,45	33,87	0,00	62
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	88,89	33,33	44,44	0,00	18
<i>Quercus michauxii</i> Nutt.	100,00	2,38	4,76	0,00	42
<i>Quercus montana</i> Wild.	50,00	56,67	65,00	1,67	60
<i>Quercus muehlenbergii</i> Engelm	100,00	33,33	33,33	0,00	3
<i>Quercus nigra</i> L.	79,01	20,99	37,04	0,00	81
<i>Quercus pagoda</i> Raf.	100,00	6,82	2,27	0,00	44
<i>Quercus palustris</i> Münchh.	90,76	9,24	21,85	0,00	119
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	64,10	43,59	74,36	2,56	39
<i>Quercus phellos</i> f. <i>intonsa</i> Fernald	92,31	2,56	12,82	0,00	39
<i>Quercus phellos</i> L.	94,67	1,33	20,00	0,00	75
<i>Quercus robur</i> L.	66,10	27,12	96,61	0,00	59
<i>Quercus rubra</i> L.	97,44	15,38	10,26	0,00	39
<i>Quercus shumardii</i> Buckley	62,50	66,67	50,00	0,00	72
<i>Quercus texana</i> Buckley	95,35	4,65	17,44	0,00	86
<i>Quercus velutina</i> Lam.	100,00	4,17	4,17	0,00	24
<i>Quercus virginiana</i> Mill.	75,00	0,00	25,00	0,00	4
<i>Quercus xbebbiana</i> C.K. Schneid	100,00	0,00	0,00	0,00	1
<i>Quercus xbenderi</i> Baenitz	100,00	0,00	0,00	0,00	2
<i>Quercus xcapesii</i> W. Wolf.	100,00	0,00	0,00	0,00	3
<i>Quercus xdiscreta</i> Laughlin	77,78	44,44	55,56	0,00	9
<i>Quercus xegglestonii</i> Trel.	100,00	0,00	0,00	0,00	1
<i>Quercus xfontana</i> Laughlin	100,00	25,00	0,00	0,00	4
<i>Quercus xjackiana</i> Schneider	66,67	33,33	33,33	0,00	3
<i>Quercus xmutabilis</i> E.J. Palmer & Steyermark	0,00	100,00	100,00	0,00	1
<i>Quercus xriparia</i> Laughlin	100,00	0,00	50,00	0,00	4
<i>Quercus xrosacea</i> Bechst.	100,00	66,67	100,00	0,00	3

Tabla 19. Porcentaje del número de individuos que han brotado, con presencia de amentos masculinos, inflorescencias femeninas o ambas simultáneamente, por taxón.

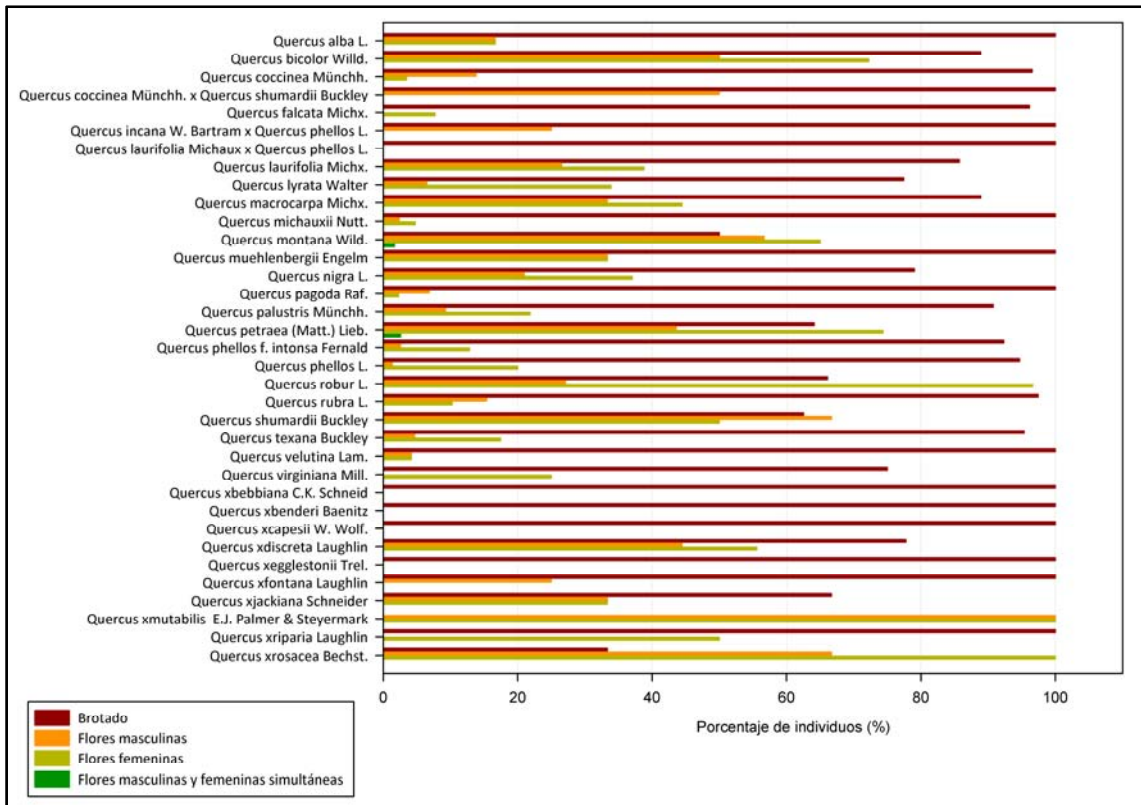


Figura 33. Porcentaje del número de individuos que han brotado, con presencia de amentos masculinos, inflorescencias femeninas o ambas simultáneamente, por taxón.

7. PUBLICACIONES, REGISTROS Y PRODUCTOS OBTENIDOS

Durante el período de duración del proyecto se han desarrollado actividades orientadas a la publicación de los resultados obtenidos.

Artículos científicos en revistas.

Se ha publicado en el volumen número 5 de la revista *Folia Botanica Extremadurensis* un resumen de la comunicación oral presentada en las jornadas internacionales Oak Open Days 2010 SW Iberian Peninsula organizado por la International Oak Society, el día 28 de octubre de 2010 (*Folia Botanica Extremadurensis* 5: 110-112):

Oaks are one of the most important woody group of the Northern Hemisphere which have provided an important source of many products as timber, fuel, tannins, acorns, etc (Nixon, 1997).

The group of species we know commonly as red or black oaks are included in the section *Lobatae* G. Don in J. C. Loudon, Hort. Brit. 385. 1830 (Genus *Quercus* Linnaeus Gen. Pl. ed. 5, 431, 1754). The natural distribution range of these species is mainly North America, Mexico, Central America, and Colombia, in South America. In particular, about thirty-five species of them are distributed in North America and Mexico (Jensen, 1997).

The main characteristics which are commonly used to differentiate them from the species of the other major groups (sect. *Protobalanus* (Trelease) A. Camus, 1: 157. 1938, sect. *Quercus* Linnaeus) are: leaf lobes (commonly bristle-tipped), cup scales (flattened, never tuberculate, never embedded in tomentum), nut (inner wall silky-tomentose) and acorn maturation (biennial, rarely annual) (Miller & Lamb, 1985; Jensen, 1997)

These species have been used in Spain for its ornamental value and timber production. Actually there are cities in Spain that are using species of the genus *Quercus* in parks and gardens, mainly for its autumnal colorations, size, habit, etc. and also are trying to form collections of them (for example, cities as Oviedo in the north of Spain and Cáceres in Extremadura) (Vázquez, com. pers.).

On the other hand, the northern red oak (*Quercus rubra*) has been used in Spain for timber production. It was introduced in Europe in the seventeenth century. Its distribution range in the Iberian Peninsula mainly stretch the Basque Country, Navarra, the Cantabrian strip, Galicia and the northern part of Portugal, with a total surface of 10.000 hectares distributed in small plots (Aunós, 2008).

Nowadays, we can find two collections of black oaks in Extremadura (Southwest of the Iberian Peninsula). One of them is in Madrigal de la Vera (Cáceres, Spain) and the other one is in the La Orden-Valdesequera Research Center (Badajoz, Spain).

The first one is provided with 36 taxons of the genus *Quercus* coming from Spain, Europe and North America, of which 15 of them are hybrids. The aim of this collection is to establish species and provenances field trials, as well as, the clonal selection of trees directed to produce high quality timber with short forest rotations.

There we can find 23 taxons in the group of the american black oaks, which 12 of them are hybrids (v. table 1).

Species	Hybrids
<i>Quercus coccinea</i> Münchh. Hausvater v. 254 (1770); cf. Little in Journ. Wash. Acad. Sci. xxxiii. 10 (1943). in obs.	<i>Quercus x benderi</i> Baen. Allg. Bot. Z. Syst. 9: 85. 1903 (= <i>Quercus rubra</i> L. x <i>coccinea</i> Münchh.)
<i>Quercus falcata</i> Michx. Hist. Chênes Amér. <i>Quercus</i> no. 16 (t. 28) (1801)	<i>Quercus x capesii</i> W. Wolf <i>Castanea</i> x. 91, 120 (1945) (= <i>Quercus nigra</i> L. x <i>phellos</i> L.)
<i>Quercus hemisphaerica</i> Bartram ex Willd., <i>Sp. Pl.</i> 4: 443 (1805)	<i>Quercus x egglestonii</i> Trel. Mem. Natl. Acad. Sci. 20: 14. 19 (= <i>Quercus imbricaria</i> Michx. x <i>shumardii</i> Buckl.)
<i>Quercus laurifolia</i> Michx. Hist. Chênes Amér. t. 17 (1801)	<i>Quercus x discreta</i> Laughlin, <i>Phytologia</i> 7: 411 (1961) (= <i>Quercus shumardii</i> Bucklery x <i>velutina</i> Lam.)
<i>Quercus muehlenbergii</i> Engelm. Trans. Acad. Sci. St. Louis 3(25): 391 (1877)	<i>Quercus x fontana</i> Laughlin, <i>Phytologia</i> , 15: 294 (1967) (= <i>Quercus coccinea</i> Münchh. x <i>velutina</i> Lam.)
<i>Quercus nigra</i> L. <i>Sp. Pl.</i> 2: 995 (1753)	<i>Quercus x mutabilis</i> E. J. Palmer & Steyerm. Ann. Missouri Bot. Gard. 22: 521. 1935 (= <i>Quercus palustris</i> Munchh. x <i>shumardii</i> Buckl.)
<i>Quercus pagoda</i> Raf. Alsogr. Amer. 23 (Quid) (1838)	<i>Quercus x riparia</i> Laughlin, <i>Phytologia</i> 9: 102. (1963) (<i>Quercus rubra</i> L. x <i>shumardii</i> Buckl.),
<i>Quercus palustris</i> Münchh. Hausvater v. 253 (1770); cf. Little in Journ. Wash. Acad. Sci. xxxiii. 10 (1943). in obs.	<i>Quercus incana</i> W. Bartram x <i>Q. phellos</i> L.
<i>Quercus phellos</i> L. <i>Sp. Pl.</i> 2: 99 (1753)	<i>Quercus coccinea</i> Münchh. x <i>Q. shumardii</i> Buckl.,
<i>Quercus rubra</i> L. <i>Sp. Pl.</i> 2: 996 (1753)	<i>Quercus laurifolia</i> Michx. x <i>Q. phellos</i> L.
<i>Quercus shumardii</i> Buckley Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 444 (1860-1861)	<i>Quercus laurifolia</i> Michx. x <i>Q. nigra</i> L.
<i>Quercus velutina</i> Lam. <i>Encycl. (Lamarck)</i> 1(2): 721 (1785)	

Table 1. Taxons included in the Bosques Naturales S.A. collection (Madrigal de la Vera, Extremadura, Spain).

The second collection in Extremadura is in the Arboretum of the La Orden-Valdesequera Research Center. Here we can find taxons of genus *Quercus* L., mainly from America (64%), Asia (10%), Europe (15%) and Extremadura (10%). About the 33 percent belong to the group of the american black oaks (v. fig. 1 and table 2).

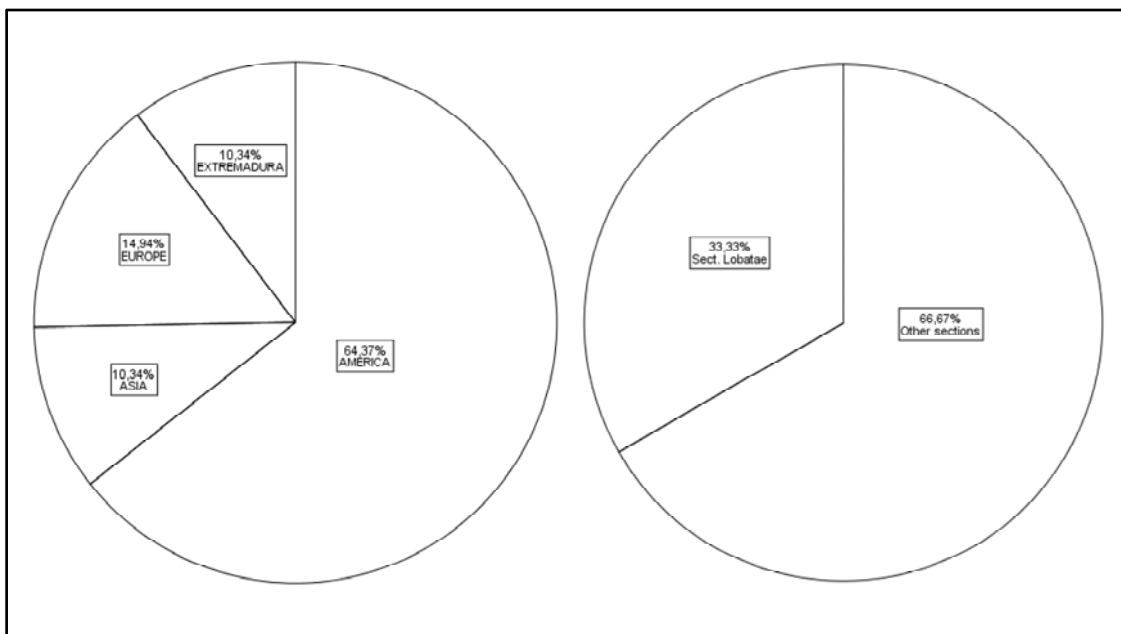


Fig 1. Distribution of taxons included in the La Orden-Valdesequera Research Center Arboretum (Guadajira, Extremadura, Spain).

Species	Hybrids
<i>Quercus agrifolia</i> Nee, Anal. Qenc. Nat. III: 271 (1801)	<i>Quercus x riparia</i> Laughlin, Phytologia 9: 102. (1963) (= <i>Quercus rubra</i> L. x <i>Quercus shumardii</i> Buckl)
<i>Quercus buckleyi</i> Nixon & Dorr, Taxon 34: 225 (1985)	<i>Quercus x discreta</i> Laughlin, Phytologia 7: 411 (1961) (= <i>Quercus shumardii</i> Buckl x <i>Quercus velutina</i> Lam.)
<i>Quercus coccinea</i> Münchh., Hausvater 5: 254 (1770)	<i>Quercus x fontana</i> Laughlin, Phytologia, 15: 294 (1967). (= <i>Quercus coccinea</i> Münchh. x <i>Quercus velutina</i> Lam.)
<i>Quercus ellipsoidalis</i> E.J.Hill, Bot. Gaz. 27: 204 (1899)	
<i>Quercus emoryi</i> Torr. in W.H.Emory, Not. Miiit. Recon.: 151 (1848)	
<i>Quercus falcata</i> Mich., Hist. Chenes Amer. Quercus no. 16 (t. 28) (1801)	
<i>Quercus gravesi</i> Sudw., Check Ust For. Trees US., ed. Rev. 86 (1927)	
<i>Quercus hemisphaerica</i> Bartram ex Willd., Sp. Pl. 4: 443 (1805)	
<i>Quercus ilicifolia</i> Wangenh., Beytr. Teut. Forstwiss.: 79 (1787)	
<i>Quercus imbricaria</i> Michx. Hist. Chenes Am. tt. 15, 16. (1801)	
<i>Quercus laurifolia</i> Mich., Hist. Chenes Am. 1.17. (1801)	
<i>Quercus marilandica</i> Muenchh., Hausvater, v. 253 (1770); cf. Little in Journ. Wash. Acad. Sci. xxxiii. 9 (194)	
<i>Quercus muehlenbergii</i> Engelm., Trans. Acad. Se. St. Louis, III: 391 (1878).	
<i>Quercus nigra</i> L., Sp. Pl. 995 (1753)	
<i>Quercus pagoda</i> Rafln., Alsog. Am. 23 (1838)	
<i>Quercus palustris</i> Munchh., Hausvater 5: 253 (1770)	
<i>Quercus phellos</i> L., Sp. Pl. 994. (1753)	
<i>Quercus rubra</i> L., Sp. Pl. 996 (1753)	
<i>Quercus shumardii</i> Buckl, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 12: 444. (1860-1861)	
<i>Quercus texana</i> Buckley, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 12: 444 (1860)	
<i>Quercus velutina</i> Lam., Encycl. 1: 721 (1785)	

Table 2. Taxons included in the La Orden-Valdesequera Research Center Arboretum (Guadajira, Extremadura, Spain).

In both collections there are preserved different provenances from the natural distribution range of many of black oaks species and hybrids (v. table 3).

Taxon	Arkansas	Florida	Georgia	Illinois	Kentucky	Louisiana	Iowa	Michigan	Mississippi	Missouri	New Jersey	New York	Ohio	Oklahoma	Pennsylvania	Tennessee	Total
<i>Quercus coccinea</i> Münch.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3	1	5
<i>Quercus falcata</i> Michx.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Quercus hemisphaerica</i> Bartram ex Willd.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Quercus laurifolia</i> Michx.	4	1	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Quercus muehlenbergii</i> Engelm.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3
<i>Quercus nigra</i> L.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6
<i>Quercus pagoda</i> Raf.	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Quercus palustris</i> Münchh.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	1	5
<i>Quercus phellos</i> L.	4	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8
<i>Quercus rubra</i> L.	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	3	-	7
<i>Quercus shumardii</i> Buckley	3	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	1	7
<i>Quercus velutina</i> Lam	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	5
<i>Quercus x benderi</i> Baen.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
<i>Quercus x capesii</i> W. Wolf	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Quercus x discreta</i> Laughlin	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	5
<i>Quercus x egglestonii</i> Trel.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
<i>Quercus x fontana</i> Laughlin	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	3
<i>Quercus x mutabilis</i> E. J. Palmer & Steyer	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Quercus x riparia</i> Laughli	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
<i>Quercus coccinea</i> Münchh. x <i>Q. shumardii</i> Buckl.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3
<i>Quercus incana</i> W. Bartram x <i>Q. phellos</i> L.	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4
<i>Quercus laurifolia</i> Michx. x <i>Q. nigra</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Quercus laurifolia</i> Michx. x <i>Q. phellos</i> L.	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Total	48	1	2	4	6	5	5	1	2	10	5	2	3	7	10	19	148

Table 2. Provenances of North American black oaks included in the Bosques Naturales S.A. collection (Madrugal de la Vera, Extremadura, Spain) and in the La Orden-Valdesequera Research Center Arboretum (Guadajira, Extremadura, Spain).

References :

- Miller, H.; Lamb, S. 1985. *Oaks of North America*. Naturegraph Publishers, Inc. Happy Camp California. 317 pp.
- Nixon, K. C. 1997. *Quercus*. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. 1993+. Flora of North America North of Mexico. 16+ vols. New York and Oxford. Vol. 3, pp. 445-447.
- Jensen, R. J. 1997. *Quercus* Linnaeus sect. *Lobatae* Loudon, Hort. Brit., 385 1830. Red or black oaks. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. 1993+. Flora of North America North of Mexico. 16+ vols. New York and Oxford. Vol. 3, pp. 447-468.
- Aunós, A. 2008. Selvicultura de *Quercus rubra* L. In : R. Serrada, G. Montero, J. A. Reque (eds.) *Compendio de Selvicultura aplicada en España*. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. pp. 773-778.

Acknowledgements :

This research has been financed by the project "Selection of genus *Quercus* species in Extremadura for timber production" (PDT09B031) granted by the European Regional Development Fund (ERDF) (2007-2013) and the Vicepresidencia Segunda y Consejería de Economía, Comercio e Innovación (Junta de Extremadura).

Artículos de divulgación.

Libros.

Comunicaciones a Congresos, Reuniones, Simposios.

- ⇒ **D.1** Presentación de una comunicación oral titulada *“North-American black oak diversity in Extremadura”* en las jornadas internacionales Oak Open Days 2010 SW Iberian Peninsula organizado por la International Oak Society, el día 28 de octubre de 2010 (v. fig. 34).



Figura 34. Portada de la comunicación oral presentada en las jornadas internacionales Oak Open Days 2010 SW Iberian Peninsula organizado por la International Oak Society, el día 28 de octubre de 2010.

- ⇒ **D.2** Presentación de un póster titulado *“Especies del género Quercus L. con interés maderero en Extremadura: primeros resultados de la evaluación de especies y procedencias”* (David García Alonso, Francisco María Vázquez Pardo, María Cabeza de Vaca Molina, Francisco Márquez García, Ignacio Urbán Martínez, Ricardo Julián Licea Moreno) en el Congreso Forestal *“Bosques del Futuro”* celebrado Parque Tecnológico de Galicia en San Cibrao das Viñas (Ourense) durante los días 25 y 26 de mayo de 2011 (v. fig. 35).

Se incluyó en la sesión IMPLICA/EXPLICA orientada a la exposición del papel de la sociedad y de la participación pública en los planes y políticas forestales, así como a servir de plataforma para escuchar a los agentes activos del sector forestal (beneficiarios potenciales de la investigación: administración, propietarios forestales, empresas forestales), crear un debate constructivo y fijar líneas concretas de avance en futuros proyectos.

Obtenciones, patentes.

No se han desarrollado actividades orientadas al registro de los materiales forestales de reproducción obtenidos o al desarrollo de patentes.

Otros.

BIBLIOGRAFÍA

- AMOR, A.; LADERO, M.; VALLE, C. J. 1993. Flora y vegetación vascular de la comarca de La Vera y laderas meridionales de la Sierra de Tormantos (Cáceres, España). *Stvdia Botanica* 11: 11-207.
- BUSSOTTI, F.; GROSSONI, P. 1997. European and Mediterranean oaks (*Quercus* L.; Fagaceae): SEM characterization of the micromorphology of the abaxial leaf surface. *Botanical Journal of the Linnean Society* 124 (2): 183-199.
- CRAFT, K. J.; ASHLEY, M. V.; KOENING, W. D. 2002. Limited hybridization between *Quercus lobata* and *Quercus douglasii* (Fagaceae) in a mixed stand in central coastal California. *American Journal of Botany* 89 (11): 1792-1798.
- CURTU, AL.; GAILING, O.; FINKELDEY, R. 2007. Evidence for hybridization and introgression within a species-rich oak (*Quercus* spp.) community. *Evolutionary Biology* 7: 218
- FORTINI, P.; VISCOSI, V.; MAIURO, L.; FINESCHI, S.; VENDRAMIN, G. G. 2009. Comparative leaf surface morphology and molecular data of five oaks of the subgenus *Quercus* Oerst (Fagaceae). *Plant biosystems* 143(3): 543-554.
- FRANCO, J. de A. 1990. *Quercus* L. En: S. Castroviejo & al. (eds.). Flora iberica. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid. Vol. 2: 15-36.
- HARDIN, J. W. 1976. Terminology and classification of *Quercus* trichomes. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 92 (4): 151-161
- HARDIN, J. W. 1979. Patterns of variation in foliar trichomes of eastern North-American *Quercus*. *American Journal of Botany* 66 (5): 576-585.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA; 2008a. Memoria del Mapa Geológico Nacional. Escala 1.50.000. Hoja Candeleda (600). 2ª Serie (Magna). Edición Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 79 pp.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA; 2008b. Hoja del Mapa Geológico Nacional. Escala 1.50.000. Hoja Candeleda (600). 2ª Serie (Magna). Edición Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- JHONSON, P. S.; SHIFLEY, S. R.; ROGERS, R. 2009. *The ecology and silviculture of oaks*. CABI Publishing. 600 pp.
- LLAMAS, F.; PEREZ-MORALES, C.; ACEDO, C.; PENAS, A. 1995. Foliar trichomes of the evergreen and semi-deciduous species of the genus *Quercus* (Fagaceae) in the Iberian Peninsula. *The Botanical Journal of the Linnean Society* 117 (1): 45-57.
- MILLER, H. A.; LAMB, S. H. 1985. *Oaks of North America*. Naturegraph Publishers, Inc. California. 327 pp.
- MULLER, C. H. 1952. Ecological control of hybridization in *Quercus* – a factor in the mechanism of evolution. *Evolution* 6 (2): 147-161.
- NAALAMLE AMISSAH, J.; BASSUK, N. 2009. Cutting Back Stock Plants Promotes Adventitious Rooting of Stems of *Quercus bicolor* and *Quercus macrocarpa*. *J. Environ. Hort.* 27 (3): 159–165.
- NIXON, K. C. 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Ann. Sci. For.* 50. Suppl.1: 25-34.
- NIXON, K. C. 1997. *Quercus*. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. 1993. Flora of North America North of Mexico. 16+ vols. New York and Oxford. Vol. 3, pp. 445-506.
- OLSSON, U 1975. Structure of stellate trichomes and their taxonomic implication in some *Quercus* species (Fagaceae). *Botaniska Notiser* 128 (4): 412-424.
- PALMER, E. J. 1948. Hybrid oaks on North America. *J. Arnold Arbor.* 29: 1-48.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; SÁEZ, C. 1991. Enumeración de los *Quercus* de la Península Ibérica. *Rivasgodaya* 6: 101-110.
- SAFOU, O.; SAINTMARTIN, M. 1989. Foliar trichome of some perimediterranean oaks. *Bulletin de la Societe Botanique de France-Letres Botaniques* 136 (4-5): 291-304.
- SANDOR, F. 2007. *Vegetative propagation techniques*. Perennial crop support series. Publication No. 2007-003-AFG. Jalalabad, Afganistan. 38 pp.
- THOMSON P. M.; MOHLENBROCK, R. H. 1979. Foliar trichomes of *Quercus* subgenus *Quercus* in the Eastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum* 60 (3): 350-366.
- VICIOSO, C. 1950. *Revisión del género Quercus en España*. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid.