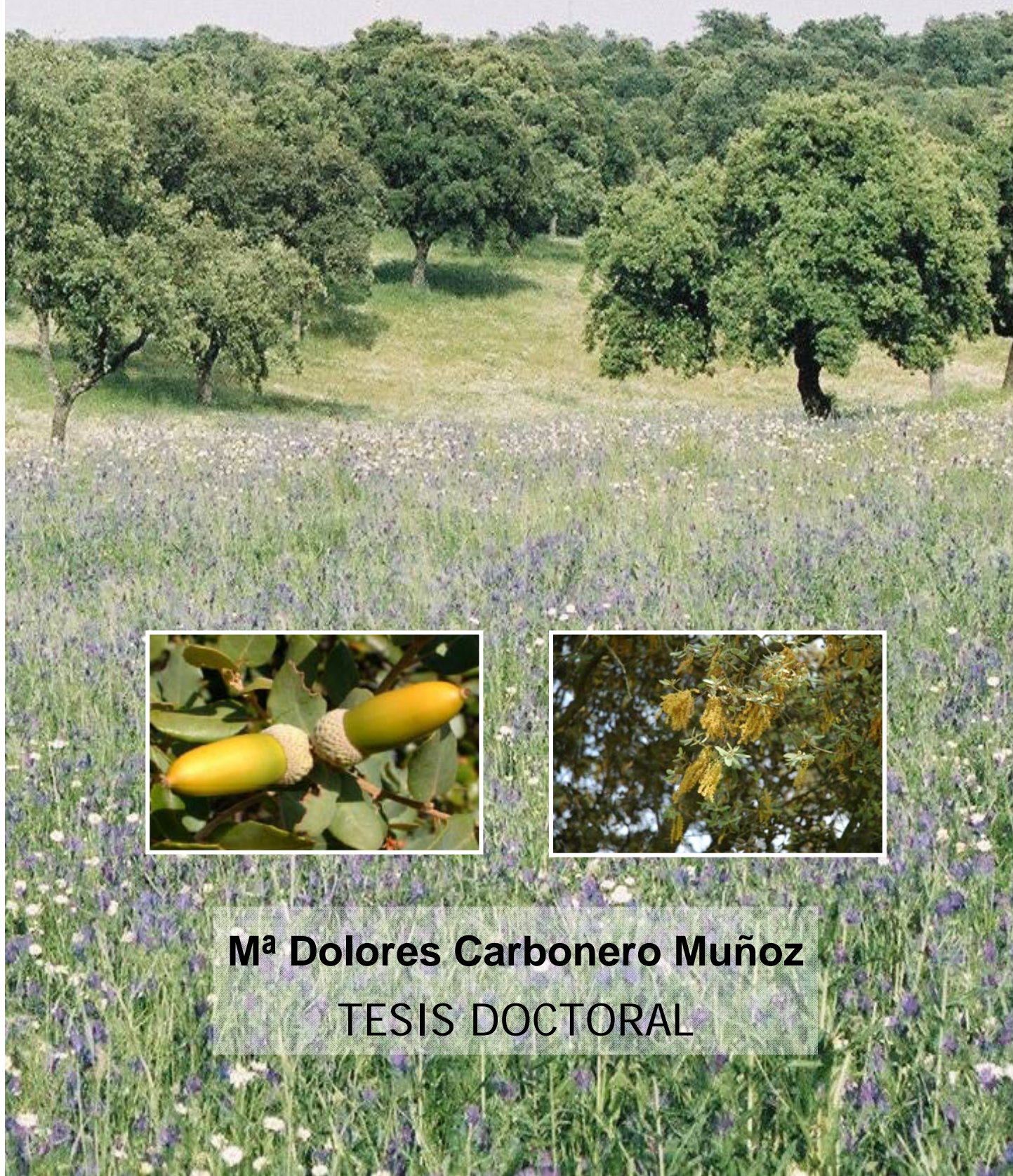


Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas



M^a Dolores Carbonero Muñoz
TESIS DOCTORAL

TITULO: *Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas*

AUTOR: *María Dolores Carbonero Muñoz*

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2011
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es

ISBN-13: 978-84-694-9098-3



TÍTULO DE LA TESIS:

Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas

DOCTORANDO/A:

M^a Dolores Carbonero Muñoz

INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS

Esta Tesis Doctoral analiza las características de la producción de bellota de la encina en la dehesa, centrándose principalmente en las variaciones en el espacio y en el tiempo de la producción, la morfología y la composición química de la bellota de encina. Las variaciones espaciales se estudian a nivel de población, variaciones entre individuos de una misma zona, y dentro del árbol, considerando el espacio conformado por su copa. El análisis temporales considera el periodo de maduración y diseminación de la bellota, la montanera, y el transcurso de seis años. Asimismo, se analiza las relaciones entre la meteorología del año y la producción, morfología y composición de la bellota y cómo les afecta la poda de mantenimiento del arbolado que tradicionalmente se hace en la dehesa. Para la realización de esta Tesis, se ha estado recogiendo y procesando bellotas durante seis años, y constituye, hasta la fecha, uno de los controles más exhaustivo y extenso disponible en España sobre producción y composición de bellota en la dehesa. Los resultados que se obtienen en esta Tesis suponen un avance en el conocimiento de la ecología de la encina en la dehesa y en la caracterización de su comportamiento productivo y de la composición de su bellota. En el plano aplicado, algunos resultados, principalmente aquellos derivados del análisis de los efectos de la poda, pueden derivar a recomendaciones prácticas y constituir parte del fundamento científico-técnico en el que se sustente un nuevo paradigma para la gestión de las podas del arbolado de la dehesa. En el plano instrumental, disponemos de una ecuación NIRS para estimar composición química de bellota de encina a partir de pulpa fresca molida. En el apartado introductorio del documento, la autora, detalla los aspectos novedosos que incluye esta Tesis. Parte de los resultados obtenidos se han presentando en cuatro Congresos Nacionales y en un Congreso Internacional y han servido para confeccionar tres capítulos de libros (las referencias concretas aparecen recogidas en el documento de la Tesis, en la portada de cada capítulo). Actualmente, se está ultimando los detalles para el envío de tres trabajos (derivados de dos capítulos de esta Tesis) a revistas científicas de reconocimiento internacional en el campo de la ecología y la gestión forestal. Tras la defensa pretendemos preparar para publicación los restantes tres capítulos. Por último, parte de los resultados se han trasferido al sector, a través de charlas a técnicos de cooperativas agroganaderas y a propietarios de dehesa, en las que ha participado la doctoranda y miembros del grupo de investigación. Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 8 de Junio de 2011

Firma del/de los director/es

Fdo.: P. Fernández Rebolle

Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas

M^a Dolores Carbonero Muñoz

A Juan Andrés

A mis padres

A Andrés y Juan que me distrajeron

***“La ciencia se compone de errores, que a su vez, son los pasos hacia la verdad”
(Julio Verne)***

***“Brotas derecha o torcida
con esa humildad que cede
sólo a la ley de la vida,
que es vivir como se puede”***

Las encinas (Antonio Machado)

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El uso múltiple y diversificado del suelo mediante la integración del pastoreo, el arbolado o los arbustos y la agricultura en rotaciones más o menos largas ha dado como resultado sistemas con una cierta rentabilidad en áreas de bajo potencial productivo. De hecho en la península ibérica la llamada “cultura del árbol”, es decir, la inclusión o asociación de cultivos arbóreos con cultivos herbáceos se encuentra presente por todo el territorio desde las pumaradas asturianas a los cultivos de almendro del sureste peninsular (Tello, 1999; Rigueiro, 2005). La integración del árbol en estas condiciones resulta fundamental para la sostenibilidad ambiental y económica del sistema, variando sólo su distribución por el territorio en función de las características del sistema. Así, el árbol suele distribuirse en forma de setos en las zonas en que su presencia es menos crucial para la producción herbácea (paisajes en bocage, fresnedas, etc.) y de manera homogénea por el territorio en los casos en que su presencia beneficia la producción de pasto (soutos, mansos de castaños, dehesas, marines menorquinos de pinos y acebuches, almendrales, etc.).

La dehesa constituye el sistema agrosilvopastoral más representativo de la península ibérica no sólo por su extensión (más de 4.000.000 de hectáreas) sino también por la notable importancia de sus valores económicos y ambientales. En general, las especies arbóreas presentes en las dehesas suelen ser las propias del ámbito mediterráneo, destacando los *Quercus* y de manera especial la encina, que aparece como especie prioritaria en el 70,1 % de su superficie (Costa *et al.*, 2006).

Al igual que ocurre en otros sistemas agrosilvopastorales, el árbol cumple un doble papel, pues es fuente de recursos primarios, y además contribuye al mantenimiento y estabilidad del sistema. Así, el arbolado de la dehesa contribuye a la creación de un microclima mucho más suave bajo su copa, que condiciona la fenología y composición del pasto y mejora las condiciones de estancia para el ganado. Además extrae agua y nutrientes de las capas más profundas del suelo y los pone a disposición en las capas superficiales, incrementa los contenidos del suelo en materia orgánica, mantiene y refuerza la estructura del suelo frente a la erosión, etc. En el caso de la encina, el papel productivo también ha sido crucial, pues ha proporcionado energía (a través de la producción de leña, carbón y picón) en épocas en que las fuentes eran escasas y caras. El papel de la bellota también ha sido determinante pues, además de ser una producción que se obtiene en una estación en la que no existen demasiados recursos en el campo, su alto poder energético la hace muy apreciada para el engorde y mantenimiento del ganado. La importancia de las diferentes producciones de la encina ha variado a lo largo de los siglos en función de las necesidades del hombre. Así, en la

actualidad la producción de leña ha perdido importancia (no llega a cubrir los costes de las podas), frente a la producción de bellota, muy apreciada por la alta demanda de productos de calidad derivados del cerdo Ibérico. De hecho la bellota se ha convertido en un bien preciado y escaso que es aprovechada por esta especie en toda su integridad.

La producción de la bellota de encina se caracteriza por su alta variabilidad entre individuos, entre zonas y entre años, pues los *Quercus* son especies veceras y con las producciones relativamente desincronizadas. Son múltiples los factores que inciden sobre la producción y calidad de la bellota, en algunos casos inherentes al árbol y en otros casos ajenos (meteorología, características ecológicas del medio, plagas y enfermedades, selvicultura, etc.). A pesar de su importancia sobre la economía de un sector como el del cerdo Ibérico y su contribución como fuente de alimento para la fauna silvestre, poco se sabe de los patrones de producción de bellota, y de la producción y calidad de las producciones en las distintas áreas de la dehesa.

La extracción de recursos de la encina mediante la poda data de antiguo, existiendo escritos que fijan la producción del árbol en la dehesa en dos cosechas: montanera y tala (Valle, 1985; Palomo, 2007; Acosta, 2008). Aunque el origen de las dehesas actuales es diverso, para aquellas cuyo uso como tal es datado desde la antigüedad, el aclaramiento del bosque y la extracción de leña por sus habitantes son prácticas que han ido ligadas a su existencia y mantenimiento. Por citar algunas crónicas, la comarca de Los Pedroches (Córdoba) fue denominada Fash al Ballut por los árabes (Llano de las bellotas), algo que es posible sólo con el ahuecamiento y adhesionamiento del bosque mediterráneo original (Valle, 1985). El cuidado del árbol y dentro de él la reglamentación de la poda, ha sido uno de los elementos de identidad de muchas dehesas. Así, Vázquez *et al.* (2001) cita la existencia de normas sancionadoras sobre podas excesivas: “.....que puedan cortar las ramas más altas de las encinas y solo un tercio de su fronda...” (Ordenanzas de Felipe II). Las Ordenanzas para el gobierno de las Siete Villas de los Pedroches (Siglo XIV) indicaban “... se prohíbe la corta en lugares que no estuviesen en condiciones, y se autoriza cortar o arrancar solo monte bajo dejando los pies buenos para fundar encinas...” (Merino Madrid, 1997). También se sancionan las talas excesivas de encinas con cuantías mayores si es para leña que para madera (Ordenanzas municipales de Trujillo en Vázquez *et al.*, 2001).

Los conocimientos y técnicas que se manejan en la dehesa proceden en general del acervo popular pues, como sistema de producción marginal que es, en pocas ocasiones se ha beneficiado de la investigación. Es por ello que muchas de las afirmaciones que se suponen ciertas son ideas o conocimientos tradicionales que se han ido transmitiendo, pero a los que

sería importante dotar de contenido científico. Así ocurre por ejemplo con el caso de la poda de mantenimiento, cuya realización se justifica en aras de una mejora de la producción, aunque sus efectos positivos o negativos, sobre todo cuando nos encontramos ante un arbolado bien formado y con una baja espesura, no están nada claros. Los altos costes de la misma, la escasez de personal cualificado y sus efectos negativos sobre el vigor del árbol si no se realiza de manera adecuada son cuestiones que hacen necesario cuestionar su oportunidad. Existen trabajos como los de Alejano *et al.* (2006), y Fernández y Carbonero (2008), que recomiendan una reducción de la intensidad de las podas y su supresión en casos de extrema debilidad del arbolado, y cuestionan su ejecución generalizada, recomendando una realización individual sólo cuando sea necesario por problemas sanitarios, por necesidad de contener el volumen del árbol, evitando tangencias de copas y sombreados perjudiciales para la producción o para garantizar su estabilidad estructural y evitar tangencias de copas y sombreados perjudiciales para la producción.

Aunque en los últimos años los aspectos productivos de la encina en la dehesa parecen despertar interés en el seno de la comunidad científica, y ven la luz nuevos resultados de investigación, no existen demasiados trabajos que aborden la producción de bellota en la encina desde un enfoque agronómico, a semejanza de otros estudios realizados sobre el olivo, almendro, castaño y otros árboles frutales con los que comparte nicho. Sin duda alguna, el lento crecimiento de este árbol, su gran variabilidad, polimorfismo y plasticidad, y su vinculación con sistemas extensivos de baja producción, han sido y son inconvenientes en el contexto de la investigación competitiva. Y esto a pesar de que la encina y su manejo en la dehesa presentan una profunda influencia del hombre, habiéndose visto afectada por muchas de las prácticas que se realizan sobre otros frutales (selección genética, marco de plantación¹, podas, fertilización, control del pastoreo², etc.) desde tiempos inmemoriales. De hecho, y a diferencia de la mayoría de las podas forestales en las que el principal objetivo es la consecución de una morfología que maximice la producción y calidad de la madera, la poda de la encina tiene una interpretación más cercana al ámbito de la fruticultura y un carácter más individual, persiguiendo la consecución de una estructura óptima del árbol para la producción de bellota.

¹ Las ordenanzas municipales de Trujillo, Zafra y Cáceres (Siglo XV) regulaban el número medio de árboles por superficie y la distancia a mantener entre árboles (Vázquez *et al.*, 2001).

² Regulación del pastoreo: “.....a finales del siglo XVIII estaba establecido que cada fanega de tierra debía mantener una oveja y no más.....”(Señorío de Feria, siglo XVIII en Vázquez *et al.*, 2001); “... por cada cinco fanegas una cabeza de ganado vacuno; dos fanegas para la de lanar ...” (Ordenanzas para el gobierno de las Siete Villas de los Pedroches, S. XIV en Ocaña, 1947).

Así pues, esta tesis trata de profundizar en las características de la producción de bellota de la encina en la dehesa, y proporcionar, en lo posible, datos e interpretaciones científicas que cubran algunas de las lagunas de conocimiento que existen. Los objetivos generales del presente trabajo han sido:

- Estudiar las variaciones en el espacio y en el tiempo de la producción, morfología y composición química de la bellota de encina.
- Estudiar las variaciones de la producción y la morfología de la bellota dentro de la copa del árbol.
- Analizar durante la montanera los patrones de diseminación de la encina y las variaciones que se producen en la morfología y en la composición química durante este periodo.
- Analizar el efecto de la poda de mantenimiento realizada a la encina en la dehesa sobre la cuantía de la producción y su distribución sobre la copa, la morfología y la composición química de la bellota, así como sobre la vecería y sincronía del arbolado.
- Analizar la relación existente entre las condiciones meteorológicas del año y la producción y morfología de la bellota y los patrones de diseminación del arbolado.

Para la obtención de estos objetivos generales la tesis se ha dividido en 5 capítulos en los que se tratan uno o varios objetivos simultáneamente.

El primer capítulo analiza las variaciones temporales que sufre la producción de bellota a partir de una serie de productividad de seis años, y estudia, dentro de cada año la diseminación de la bellota e indaga en la existencia de diferentes esquemas. También profundiza en las variaciones espaciales en la productividad y en la existencia de distintos patrones de fructificación en el arbolado de una zona. En el segundo capítulo se aborda el estudio de la morfología de la bellota, analizando las variaciones temporales debidas al año de muestreo y a la fecha de caída de la bellota, y variaciones espaciales ligadas al árbol, y a la posición del fruto dentro de la copa del árbol. También se analizan las relaciones que existen entre la carga productiva del árbol y la morfología del fruto.

El tercer capítulo analiza el papel de la meteorología sobre la cuantía de la producción de bellota, la morfología de la semilla y el desarrollo del periodo de diseminación de la bellota.

El estudio se realiza sobre el total de árboles analizados y sobre grupos de árboles que presentan diferentes patrones de producción.

El cuarto capítulo profundiza en el efecto de la poda sobre la cuantía de la producción y la morfología de la bellota en los años posteriores a su realización, así como en la modificación de los patrones de producción, la vecería y sincronía. También en este apartado se evalúan los efectos de la poda sobre la distribución de la productividad dentro del árbol.

El quinto capítulo estudia la composición química de la bellota de encina y analiza las variaciones temporales, achacables al año y a la fecha de recogida, y las debidas al árbol, así como la influencia de la poda. Se ha tratado de relacionar la composición química de la bellota con la carga productiva del árbol y con el peso de la bellota.

Para facilitar la lectura al inicio de la tesis se incluye un apartado de material y métodos comunes que se particularizan para cada capítulo.

Aspectos novedosos

El presente trabajo incluye aspectos novedosos o poco tratados relacionados con la producción de bellota:

- 1) *Análisis de la producción de bellota.* El estudio de la intensidad y frecuencia de la vecería así como del grado de sincronía de las producciones de bellota ha sido abordado en algunas especies de *Quercus*, pero escasamente en la encina debido a que se requieren series temporales largas. Nunca se han aplicado índices de vecería como la bianualidad o el porcentaje relativo utilizados para evaluar la vecería en especies cultivadas. También es novedosa la identificación mediante análisis cluster y el estudio de distintos patrones de producción de bellota en la encina coexistiendo en la misma zona.
- 2) *Estudio de la morfología de la bellota.* No son abundantes los trabajos que estudian la relación entre la carga productiva del árbol y el tamaño de la bellota. La particularización de estas relaciones para diferentes comportamientos productivos constituye un aspecto novedoso en esta tesis. También novedoso es el estudio de la variabilidad de la morfología de la bellota, así como de la estabilidad de las oscilaciones y su relación con factores como el individuo, la fecha de maduración y caída de la bellota, el año y la situación del fruto dentro de la copa del árbol.

- 3) *Análisis de la influencia de la meteorología.* El papel de la meteorología en la producción de bellota ha sido estudiado en especies de *Quercus* americanas y asiáticas pero mucho menos en *Quercus* mediterráneos, por la inexistencia de series suficientemente largas. Lo más novedoso de este apartado sería la particularización de la influencia de la meteorología para arbolado con diferentes comportamientos productivos.
- 4) *Influencia de la poda.* No se ha encontrado en la bibliografía, trabajos que cuantifiquen el efecto de la poda de la encina en la dehesa sobre la producción y la morfología de la bellota a largo plazo y este trabajo proporciona información sobre estos aspectos en un ciclo de poda. Además cuantifica el efecto sobre la alternancia productiva.
- 5) *Evolución de la composición química de la bellota.* Aunque la tecnología NIRS se encuentra ampliamente extendida para la predicción de características cualitativas y cuantitativas de numerosos productos agrícolas y forestales, son escasos los trabajos realizados sobre semillas silvestres, y en concreto bellota. En este trabajo se presenta la metodología y los resultados obtenidos con pulpa de bellota fresca. La influencia del tamaño del fruto y de la carga productiva sobre la composición química es un aspecto bastante estudiado en especies cultivadas aunque escaso en semillas silvestres, no existiendo información sobre esta relación en la encina. La poda, como herramienta que modifica la cuantía y las relaciones entre estas variables también constituye un aspecto novedoso en el presente trabajo.

ANTECEDENTES

La dehesa como sistema agrosilvopastoral singular en el mediterráneo

Se entiende por sistemas agrosilvopastorales a aquellos sistemas de uso de la tierra en los que coexisten plantas leñosas perennes (árboles o arbustos) y cultivos herbáceos (o pastos) bien en mezclas, zonificados o de forma secuencial en el tiempo, con la presencia de animales o sin ella (Fernández y Porras, 1999). Su gestión es muy compleja y requiere la confluencia de conocimientos pertenecientes a diferentes ramas de la ciencia, pues implica la realización de prácticas selvícolas, agrícolas y ganaderas en muchos casos simultáneamente, lo que requiere de un proceso de planificación rigurosa en el tiempo y en el espacio si se quiere optimizar los recursos con los que se cuenta y garantizar su conservación y el mantenimiento de unos ciertos niveles de producción (San Miguel, 1994; Fernández y Porras, 1999).

El uso múltiple del territorio permite obtener una mayor cantidad de beneficios que si las actividades productivas se realizasen por separado, y repercute positivamente no sólo en el propietario sino en el resto de la sociedad debido a las múltiples externalidades que aporta (diversidad paisajística, fijación de CO₂, disminuye los riesgos de incendios, configura territorios captadores y almacenadores de agua, etc). Además, la obtención simultánea y combinada de diferentes producciones ha sido una estrategia muy común hasta hace relativamente poco tiempo, debido a la necesidad de los sistemas de ser autosuficientes, ya que los recursos externos que se podían aportar eran escasos y caros: así hasta tiempos muy recientes la agricultura ha estado estrechamente unida a la ganadería y al monte (Martín, 2004). En la actualidad esta integración ha perdido peso quedando restringida a aquellas zonas en las que por su bajo potencial productivo sólo este uso múltiple permite la obtención de una cierta rentabilidad.

En los sistemas agrarios mediterráneos habría que destacar como elemento de identidad la “cultura del árbol”. Así, la inclusión o asociación de cultivos arbóreos y arbustivos con cultivos herbáceos constituía un camino para acceder a la humedad acumulada en estratos inferiores y retener el suelo fértil (Tello, 1999). Además, de su ramón obtenido a través de la poda y de las producciones frutales se obtenía alimento para el ganado y/o el hombre, madera para los útiles de labranza y combustible para el uso doméstico. El mantenimiento o integración del árbol dentro del sistema y su uso pasivo y activo como parte de la sostenibilidad ambiental y económica de las explotaciones constituyó una respuesta original al difícil desafío que el medio mediterráneo ponía al agricultor o ganadero. Multitud de ejemplos muestran esta integración del árbol dentro del conjunto agrario, entre los que

habría que destacar las dehesas ibéricas, las pumaradas asturianas, los soutos mansos del noroeste peninsular, los rasos, vedaus y boalares pirenaicos, las fresnedas adehesadas, los marines menorquinos y los pinares adehesados andaluces de pino piñonero (Rigueiro, 2005).

De todos ellos el más representativo es la dehesa, no sólo por su extensión sino también por la notable importancia de sus valores económicos y ambientales. Constituye un sistema de uso de la tierra con finalidad predominante ganadera creado por el hombre a partir del bosque mediterráneo original, siendo el sistema agrosilvopastoral más característico y representativo de España (2,9 millones de has), extendiéndose por las Comunidades Autónomas de Extremadura, Andalucía, Castilla-La Mancha y Castilla-León (Costa *et al.*, 2006). La dehesa presenta un sistema equivalente en el Sur de Portugal que recibe el nombre de montado (1.196.000 has). Se le encuadra como sistema agrosilvopastoral pues su gestión combina la producción agrícola (son frecuentes los cultivos en rotaciones más o menos largas), y ganadera a corto plazo, con la producción obtenida de arbustos y árboles a largo plazo (leñas, madera, corcho, etc.) (Fernández y Carbonero, 2008). A éstas habría que añadir otras producciones como la apicultura, setas o el turismo rural y un gran número de externalidades positivas ambientales (biodiversidad, paisaje, acumulación de agua, fijación de CO₂, disminución del riesgo de incendios, etc.) (Fernández y Carbonero, 2008)

Los dos elementos de identidad de la dehesa los constituyen el arbolado (formado por *Quercus* mediterráneos) y el pasto, en consonancia con la definición de sistema agrosilvopastoral que requiere la existencia de un componente leñoso (Fernández y Carbonero, 2008).

En general, las especies arbóreas presentes en las dehesas suelen ser las propias del ámbito mediterráneo, destacando los *Quercus* (encina, alcornoque, quejigo, quejigo andaluz y melojo). El fruto y el ramón de los *Quercus* han constituido desde hace tiempo un recurso muy importante en la alimentación del ganado, sobresaliendo principalmente la relación entre la bellota y el cerdo ibérico. Se puede decir que la encina es el árbol más representativo de la dehesa apareciendo como especie prioritaria en el 70,1 % de su superficie: 2.871.490 has de dehesa de encina frente a 4.096.914 has de dehesa según Costa *et al.* (2006).

La densidad o espesura del arbolado en la dehesa es variable entre zonas y explotaciones oscilando entre 30 y 60 árboles/ha (Fernández y Carbonero, 2008). Así por ejemplo, en Andalucía el 50% de las dehesas tiene densidades inferiores a 42 árboles/ha y el 75% densidades inferiores a 56 árboles/ha, según se desprende del informe de caracterización ambiental de las dehesas (Costa *et al.*, 2006). Esta espesura del arbolado no es homogénea en la dehesa, ni es deseable que lo sea desde el punto de vista ecológico ni productivo, pues la

dehesa como explotación suele integrar distintos tipos de vegetación (Fernández y Carbonero, 2008).

La encina como árbol vinculado a la dehesa

La encina. Descripción y ecología

La encina es una planta dicotiledónea perennifolia perteneciente al género *Quercus* que se incluye dentro del orden fagales y la familia de las fagáceas. El género *Quercus*, que agrupa a árboles caducifolios y perennifolios anemófilos, es su representante más importante, no sólo por tener más de 300 especies propias del hemisferio boreal, la mayoría en América del Norte, aunque también en los continentes europeo y asiático, sino también, por la extensión de los bosques que forma. En España, constituye la formación climácica de aproximadamente el 85% del territorio ibérico (Acedo, 2004).

Las especies actuales se agrupan en géneros y subgéneros aunque su separación es muy difícil por el polimorfismo de gran parte de ellas, por la superposición de áreas y por su propensión a hibridarse. Dentro del género *Quercus* se distinguen dos subgéneros *Cyclobalanopsis* y *Quercus*; el primero más primitivo y distribuido principalmente por Asia, y el segundo (*Quercus*) se subdivide en tres secciones *Lobatae* (robles rojos), *Protobalanus* y *Quercus* (Ramos, 2002). Dentro de cada sección muchas especies son interfértiles apareciendo variadísimos híbridos en las áreas comunes, por lo que gran parte de las variaciones intraspecíficas se deben a la hibridación introgresiva (Ruiz de la Torre, 2006).

La encina, que se incluiría dentro de esta última sección, fue descrita inicialmente por Linneo en 1753 como especie, aunque al ser un género con alto grado de hibridación, ha presentado problemas desde el punto de vista taxonómico a lo largo de la historia (Barbero *et al.*, 1992). Actualmente se acepta la clasificación contemplada en la Flora Ibérica (Castroviejo *et al.*, 1990) en la que aparece como una especie (*Q. ilex*) con dos subespecies: la subespecie *ballota* llamada comúnmente encina, y la subespecie *ilex*, a la que se le denomina con el término catalán “alzina”.

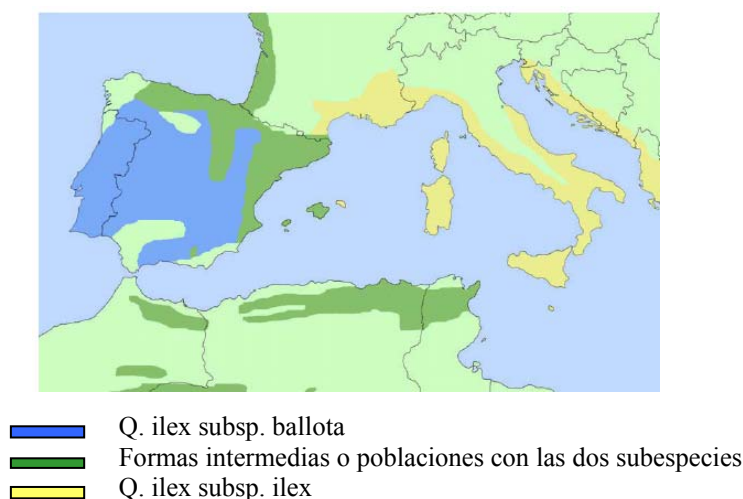


Figura 1. Mapa de distribución de *Quercus ilex* en el Mediterráneo Occidental (López de Heredia, 2006).

La subespecie *ballota* presenta una gran plasticidad ecológica, adaptándose a climas contrastados, soportando fríos invernales y calores veraniegos, y precipitaciones anuales de menos de 300 mm. Desde el nivel del mar llega a los 2000 m en Sierra Nevada y hasta casi los 3000 en el Atlas marroquí (Galán, 2004). La subespecie *ballota* es la encina del Sur, Centro y Oeste de la Península Ibérica, extendiéndose por el Valle del Duero, Levante y Bajo Aragón, hasta el valle del Ebro (Ruiz de la torre, 2006). Es rara en las vertientes al mar de las sierras y cordilleras, siendo propia de regiones de clima continental o subcontinental. La subespecie *ilex*, requiere de mucha humedad y no soporta los climas contrastados o continentales, por lo que su distribución es mucho más reducida concentrándose en la cordillera cantábrica y levante. En las áreas geográficas en las que ambas coinciden como la Cordillera Cantábrica y el sector septentrional de Levante aparecen formas intermedias que complican la clasificación (Jiménez *et al.*, 1996).

La encina es un árbol perennifolio y corpulento, poseedor de una copa redondeada, amplia y densa y que puede alcanzar hasta 25 metros de talla, aunque usualmente no supera los 14 metros (Rúper, 1957). El aspecto exterior es muy variable, no sólo por la diversidad de hábitats que ocupa sino por la influencia directa o indirecta del hombre (Ruiz de la torre, 2006).

La encina es una especie monoica en la que las flores masculinas aparecen agrupadas en amentos amarillentos. Estos se localizan en la base de los brotes del año, siendo muy visibles pues suelen producirse en gran cantidad formando racimillos colgantes de color amarillo que cubren el árbol en primavera, liberando gran cantidad de polen. Las flores femeninas aparecen solitarias, o dos o tres sobre un corto pedúnculo tomentoso localizado en los brotes axilares de las hojas del nuevo ramillo. Aún siendo una especie monoica, muchos

ejemplares presentan mayor abundancia de flores de un sexo que del otro, pudiendo esta proporción mantenerse o variar entre años en función de diferentes factores (Ramos, 2002; Ruiz de La Torre, 2006; Rodríguez-Barbero, 2009).

El fruto es la bellota, un aquenio protegido por una cúpula semiesférica (cascabillo) que en la madurez suele cubrir menos de la mitad de éste. Su forma es oblongo-cilíndrica, apuntada, presentando una gran variabilidad de formas y tamaños. El fruto de la subespecie *ballota* tiene un tamaño generalmente superior a la subespecie *ilex* aunque este carácter es muy variable, teniendo en general unos frutos más dulces. La cúpula, al igual que la bellota, tiene gran variabilidad de formas y tamaños; es grisácea y tomentosa exteriormente y tiene escamas planas y muy apretadas (Ruiz de la Torre, 2006). La forma y tamaño del cascabillo y la bellota sirven para distinguir las distintas especies así como formas o variedades dentro de las mismas (Colmeiro y Boutelou, 1854; Vicioso, 1950; Vázquez *et al.*, 1992).

En la bellota pueden distinguirse dos partes si realizamos un corte de fuera a dentro, a saber, pericarpio y semilla. El pericarpio o cáscara es una capa externa lignificada que protege a la semilla. La semilla a su vez consta de las siguientes partes: la testa que es una cubierta de consistencia membranosa más o menos pelosa, y el embrión que a su vez se divide en dos partes. Por un lado dos cotiledones de gran tamaño donde se acumulan gran cantidad de reservas y en el extremo opuesto a la base, el eje embrionario donde se desarrollará la futura planta. En él se distinguen el epicótilo (futura parte aérea de la planta), la radícula (que es lo primero que emergerá del fruto para originar la raíz), y el hipocótilo (zona de unión entre los dos anteriores) (Ramos, 2002).

Fenología de la encina

La fenología es la ciencia que trata de delimitar y caracterizar los procesos cíclicos o periódicos en los organismos vegetales, y sus relaciones con el medio ambiente en el que ocurren (Válora y Bautista, 2001; Ramos, 2002). Los estudios de fenología son de suma importancia no sólo en la comprensión de la dinámica de las comunidades vegetales, sino también para entender la respuesta de estos organismos a las condiciones climáticas y edáficas de una zona en particular (Válora y Bautista, 2001; Gómez-Casero *et al.*, 2004; Rodríguez-Barbero, 2009). Para una mejor comprensión de la misma vamos a dividir el periodo en el que el árbol se encuentra activo (época de crecimiento), y que ocupa todo el año excluyendo el periodo de reposo invernal en:

- Fase vegetativa para referirnos al fenostado o desarrollo de raíz, brotes y hojas (foliación)
- Fase reproductiva que incluye las fenofases de floración, polinización, fecundación, cuajado, crecimiento y maduración del fruto.

Fase vegetativa

En las plantas de crecimiento recurrente como la encina, durante el ciclo anual se suceden una, dos o más etapas de elongación, separadas por períodos de inactividad. En las encinas los primeros brotes comienzan a emitirse en febrero y su expansión puede terminar a finales de mayo o inicios de junio. El desarrollo de esta fase se inicia con el hinchamiento de las yemas para a continuación, producirse la apertura de los catáfilos (hojas que sirven de protección a una yema foliar o floral), la aparición de brotes y extensión de las hojas, y el acelerado desarrollo longitudinal de los mismos. La elongación de los entrenudos y la maduración de las hojas son fases que se suceden rápidamente (Molinas *et al.*, 1989; Rodríguez-Barbero, 2009). Las yemas de los brotes más largos que se corresponden con el ápice y las porciones distales de las ramas, pasan al estadio de yema hinchada antes que las restantes. Las últimas yemas en hincharse aunque terminan su crecimiento aproximadamente en el mismo momento que las demás, presentan unos brotes de longitud menor (Molinas y Caritat, 1989; Molinas *et al.*, 1989). El periodo de desarrollo de la fase de crecimiento es compatible con las fases reproductivas, en el tiempo y en el individuo, que no en el brote, pues la duración de la fase de crecimiento para la encina ronda los 90 días (Díaz, 2000; Rodríguez-Barbero, 2009).

La mayor parte de los esclerófilos perennes mediterráneos, efectúan en otoño una segunda actividad vegetativa cuando las temperaturas son favorables para el crecimiento y las lluvias llegan al final del verano. Este segundo crecimiento no se produce o se reduce, si las temperaturas disminuyen por debajo de la temperatura umbral o si las precipitaciones llegan al final del otoño (Macchia *et al.*, 1993; Rodríguez-Barbero, 2009). La duración de este periodo es más corta rondando los 40-50 días (Díaz, 2000)

La raíz comienza a crecer antes de que se desarrollen las yemas y su crecimiento generalmente termina posteriormente al del brote no estando tan supeditado a las temperaturas como los órganos aéreos. Crece con una intensidad variable durante el transcurso del periodo vegetativo. El desarrollo de gran parte de las hojas está relacionado con el desarrollo intenso de la raíz (Westwood, 1982).

Fase reproductiva

De forma simultánea a la evolución descrita de las yemas vegetativas se produce la evolución de las yemas de flor (Gil-Albert, 1991).

Floración, polinización y fecundación

La encina es un árbol monoico, es decir que posee órganos femeninos y masculinos en diferentes flores dentro de la misma planta. En principio, este es uno de los múltiples mecanismos que poseen las plantas para evitar o limitar la autopolinización. En muchas especies monoicas además de la barrera espacial de los órganos sexuales para evitar la autopolinización se emplea una barrera temporal de forma que la maduración de los órganos sexuales difiera en el tiempo (dicogamia). En el caso de la encina la maduración de las flores masculinas se produce antes que la de las femeninas (protandria), lo que favorece la alogamia. Sin embargo la flor femenina puede ser fecundada por polen del mismo pie, no tratándose de una especie autoestéril (Ramos, 2002). El desarrollo de las yemas de flor es común al de las yemas vegetativas hasta que se produce la apertura de los catafilos. En ese momento son visibles los amentos o las flores femeninas.

Las flores masculinas aparecen en el primer tercio basal de los brotes de crecimiento anual. Su desarrollo se inicia con la aparición de los amentos y diferenciación de las anteras. Cuando la inflorescencia finaliza su desarrollo, las tecas de las anteras comienzan a abrirse dejando libre el polen y comenzando los procesos de polinización (Vázquez, 1998). La floración finaliza con el marchitamiento de los amentos. El desarrollo de la flor masculina de la encina se produce a partir del mes de marzo y se prolonga aproximadamente hasta mediados del mes de abril (Vázquez, 1998; Gómez-Casero *et al.*, 2007; Rodríguez-Barbero, 2009), teniendo una duración media de 60 días.

Las inflorescencias femeninas se sitúan en la zona media o terminal de las ramas jóvenes (Vázquez, 1998; Gómez-Casero *et al.*, 2007; Rodríguez-Barbero, 2009). Éstas comienzan su desarrollo posteriormente a las masculinas; comenzando el periodo de plena receptividad de los estigmas hacia finales de marzo (Vázquez, 1998). El estado favorable para la fecundación es observable por el aspecto viscoso y color amarillo de los mismos. El marchitamiento de las flores acaece hacia finales de abril. La duración de la floración femenina ronda los 47 días teniendo pues una longitud inferior a la masculina (Díaz, 2000).

La polinización de las flores femeninas tiene lugar en el periodo de solapamiento de la dispersión del polen con el de receptividad de los estigmas. La diferente fenología de las flores de cada sexo, provoca que en el conjunto de los árboles exista un desfase en los máximos de floración de cada uno de ellos (Díaz, 2000; Ramos, 2002; Gómez-Casero *et al.*, 2007; Rodríguez-Barbero, 2009). Los árboles de fenología más temprana pueden ser polinizados por un mayor número de individuos, al coincidir su periodo de receptividad de estigmas con las fases de dispersión de polen de un gran número de árboles. El caso opuesto es el de los árboles más atrasados, que actúan preferentemente como polinizadores (Díaz, 2000). Aunque el comienzo y finalización de las distintas fases están determinadas por la meteorología, existe una alta variabilidad intrapoblacional atribuible al componente genético de los individuos (Elena-Roselló, 1993; Pérez Latorre *et al.*, 1996; Ramos, 2002). Algunos estudios realizados indican que en masas claras se detecta un mayor periodo de solapamiento de ambas floraciones que en masas densas, favoreciéndose la autopolinización, con lo que se favorece también una mejor transmisión de los caracteres del árbol productor al fruto (Ramos, 2002).

Gómez-Casero *et al.* (2007) citan que las amplitudes fenológicas más cortas de floración se obtienen los años con primaveras más cálidas, y las mayores en primaveras más frías. Rodríguez-Barbero (2009) señala que las temperaturas cálidas en abril son necesarias para los procesos de floración femenina y que estas condiciones adelantan además la emergencia de flores masculinas, aunque si son seguidas de un periodo frío mejoran el solapamiento entre ambas floraciones al retrasar la liberación del polen. La escasez de precipitaciones también propicia un adelanto de la floración, y las sequías, si producen un debilitamiento de los árboles disminuyen la cuantía de la misma, aunque en situaciones que no sean drásticas, las fases de floración y polinización están más influenciadas por la temperatura que por la lluvia (Gómez-Casero *et al.*, 2007), teniendo las primeras un peso clave tanto en su inicio como en su duración. Autores como Rúperez (1957) y Gómez-Casero *et al.* (2007) señalan también que la floración se adelanta en individuos localizados a menores altitudes y dispuestos en dirección al sol, y en individuos recién podados.

Una de las ventajas de la unisexualidad, en el caso de una planta monoica como la encina, es la flexibilidad que tiene a la hora de dedicar recursos para las funciones masculina y femenina en función de sus necesidades o/y condiciones ambientales. Así, unas condiciones más estresantes parecen favorecer la masculinidad (Aizen y Kenigsten, 1990; Obeso *et al.*, 1998; Ramos, 2002). La posición de las flores dentro de la copa del árbol también sigue una serie de tendencias ya que se detectan un mayor número de flores masculinas en las partes

altas de la copa, pues desde esa posición el polen va a ser más fácilmente dispersado por el viento (Sedgley y Griffin, 1989; Ramos, 2002). La mayor densidad de arbolado también redundaría en una mayor proporción de flores masculinas, lo que estaría relacionado con unas condiciones de mayor competitividad por los recursos y por tanto de mayor estrés (Ramos, 2002). Son varios los trabajos que indican que el número de flores masculinas y femeninas varía entre individuos y dentro de estos entre años, aunque esta plasticidad no quita que existan individuos claramente posicionados en los dos extremos de la escala sexual (Jordano, 1988; Arista *et al.*, 1997; Vázquez, 1998; Rodríguez-Barbero, 2009).

En ocasiones y coincidiendo con determinadas condiciones meteorológicas puede producirse una floración otoñal, de duración y eficacia considerablemente más corta que la primaveral.

Cuajado, desarrollo, maduración y diseminación de la semilla

Tras la fase de polinización y si el óvulo ha sido fertilizado, se produce el cuajado del fruto. No cuajan todas las flores femeninas aunque hayan sido polinizadas, y la amplitud de esta caída natural varía según la especie (Gil-Albert, 1991). Normalmente puede hablarse de caídas fisiológicas y caídas accidentales, diferenciándose ambas pues las primeras se producen siempre en mayor o menor escala. En casi todos los tipos de frutos se habla de tres caídas fisiológicas que serían:

- La caída de cuajado, que básicamente es el desprendimiento masivo de residuos florales, flores sin fecundar y pequeños frutos mal cuajados.
- La caída de verano que es una caída típica de competencia entre frutos y que se produce normalmente al terminar la fase de multiplicación celular y empezar el engrosamiento. Esta competencia acentuada por la escasez de recursos que acaece en verano para el clima mediterráneo, provoca que los frutos más atrasados y los peor situados se desprendan y caigan. Esta caída puede incrementarse peligrosamente en circunstancias de déficit nutricional, sequías, etc., siendo de una entidad importante para el caso de la encina (Cecich y Sullivan, 1999; Díaz, 2000; Ramos, 2002).
- Finalmente habría que citar la caída de madurez que se incluye dentro de las llamadas fisiológicas, aunque existen árboles con una tendencia mucho más marcada a que ésta se produzca. Su ocurrencia no se compensa con aumentos en el tamaño o calidad de los frutos que quedan, pues acaece ya en el periodo de maduración, y se ve

incrementada por el efecto añadido de lluvias o vientos muy frecuentes al inicio del otoño.

Entre las caídas accidentales de fruto habría que citar causas parasitarias (plagas y enfermedades) y/o meteorológicas (sequías, tormentas, vientos, etc.). Muy frecuentes son las caídas de bellota que se producen al inicio del otoño debido a la incidencia de insectos perforadores de bellota (Vázquez, 1998; Rodríguez-Barbero, 2009).

Tras el cuajado inicial comienza el desarrollo o crecimiento de la bellota que finalizará en el mes de noviembre (Vázquez, 1998). A lo largo de este periodo pueden distinguirse tres fases: la fase de crecimiento, la fase de maduración y la fase de diseminación.

La fase de crecimiento se corresponde con el periodo en que los frutos aumentan progresivamente de tamaño. Aunque existen muchos factores que pueden afectar a la velocidad de crecimiento se considera que es a partir de mediados de julio cuando los frutos comienzan a aumentar paulatinamente de tamaño. Es durante esta fase en la que se producen los mayores porcentajes de pérdidas o aclareos de fruto debido a distintas causas ya citadas.

Posteriormente a la fase de crecimiento ocurriría la fase de maduración que se define como el conjunto de cambios externos (cambio de color verde a pardo), sabor y textura que el fruto experimenta cuando completa su crecimiento (Westwood, 1982). Tiene una duración muy corta que va desde mediados de octubre a finales de noviembre, y finaliza cuando los frutos comienzan a desprenderse de la cúpula, que sería el momento en el comenzaría la fase de caída o diseminación.

La bellota como fruto de la encina

La producción de bellota de encina en la dehesa

Dentro de las funciones productivas que presenta la encina en la dehesa, la producción de bellota ha sido una de las más valoradas desde antiguo, habiendo sido objeto de consumo humano y animal (Fernández y Carbonero, 2008). La encina no ha sido una especie olvidada en el intento llevado a cabo por el hombre de “frutalizar” el bosque mediterráneo; pues desde antiguo ha experimentado un lento pero intenso proceso de mejora, orientando la selección hacia la dulzura del fruto, su tamaño y la proporción de inflorescencias femeninas. Esto explica que el área por donde se extiende la dehesa, coincide básicamente con la distribución de las formas de encina que en su mayoría producen bellotas dulces (Blanco *et al.*, 2001), y quizá por esto sea la

encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) la especie dentro de los *Quercus* con mayores producciones y calidad nutritiva de bellota (Vázquez, 1998).

La importancia que la producción de bellota en dehesas ha tenido para la alimentación del ganado e incluso para el hombre (Huntsinger *et al.*, 1991; Fernández y Carbonero, 2008) ha hecho que de éste tema se tengan referencias desde el siglo I D.C (Vázquez *et al.*, 2001; Palomo, 2007). Ahmad ibn Muhammad al-Razi (887 - 955 d.C.), llamado en castellano el moro Rasis, en su *Crónica del Moro Rasis*, describe la comarca de Los Pedroches (Córdoba) en la segunda mitad del siglo X de la siguiente manera: “*Et en su término ha un llano mui hermoso et mui bueno que es cercado de los montes, que lo hacen asi mui hermoso et mui bueno... Et lo demas de esta tierra no hay otros árboles si non encinas, et por ello le llama el llano de las vellotas, et son mas dulces que cuantas ha en Espanya*” (Ocaña, 1947; Valle, 1985).

La producción de bellota es una característica tremendamente variable entre zonas, entre años e incluso individuos. En la **tabla 2** se trata de sintetizar la información encontrada al respecto en diferentes trabajos desarrollados en España. Otra de las dificultades que se detecta a la hora de analizar la información existente estriba en la heterogeneidad de metodologías empleadas en la evaluación de la producción de bellota (aforo tradicional, aforos visuales, recogida física parcial y total de la producción, etc.) y en las unidades en la que se expresan los resultados (kilogramos por árbol, kilogramos por hectárea, arrobas de peso vivo de cerdo por hectárea, número medio de semillas por ramo, etc.). Además, en muchos trabajos no se detalla claramente la metodología utilizada. Este hecho unido a la enorme diversidad de dehesas existente y a la variabilidad de las producciones que presentan los distintos árboles da lugar a una gran disparidad de valores. Gea *et al.* (2006) indican que estos factores hacen muy difícil la extracción de conclusiones claras al respecto, incidiendo en la importancia de una mayor pormenorización y a ser posible homogeneización de las metodologías empleadas, y la necesidad de emplear series temporales de mayor duración a las utilizadas hasta la fecha.

Si repasamos brevemente algunos de los datos más relevantes encontramos que la producción de bellota en la dehesa para la encina es en general superior a la que se encuentra en bosques del noreste peninsular, datos que en la tabla se encuentran recogidos en los trabajos de Verdú *et al.* (1980), Siscart *et al.* (1999) y Milla *et al.* (2002). A esto contribuye el que dentro de la encina las mejores cosechas de bellota se obtienen en la subespecie *ballota* frente a la subespecie *ilex* (Montoya, 1993), a la menor selección del arbolado y a la mayor densidad de árboles por superficie para la subespecie *ilex*. La mayor cuantía de los valores

obtenidos para la encina en la dehesa pone de manifiesto la importancia de su faceta productiva, cuidada e incentivada por su principal beneficiario que es el hombre.

Tabla 2: Producción de bellota (valores medio o rango de producción) expresados en gramos por metro cuadrado de copa, kilos por árbol ó kilos por hectárea, aportados por diferentes autores en dehesas ubicadas en distintas localidades.

| Referencia | Procedencia | Especie | Producción media | | |
|--|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------|-------------|
| | | | g/m ² | kg/árbol | kg/ha |
| Vázquez (1998) | | Alcornoque (<i>Q. suber</i>) | 0,5 -135* | | |
| Vázquez (1998) | | Quejigo (<i>Q. faginea</i>) | 0,5-87* | | |
| Vázquez (1998) | | Roble andaluz (<i>Q. pyrenaica</i>) | 0,5-57* | | |
| Vázquez (1998) | | Coscoja (<i>Q. coccifera</i>) | 0,5-26* | | |
| Torrent (1964) | Andalucía y Extremadura | | 600-650 | | |
| Escudero <i>et al.</i> (1985) en Martín <i>et al.</i> (1998) | Andalucía | Roble andaluz (<i>Q. pyrenaica</i>) | 48,6 | | |
| Martín <i>et al.</i> (1998) | Andalucía | Encina | 115,8-285,8* | 7,1-25,3* | 291,5-296 |
| Martín <i>et al.</i> (1998) | Andalucía | Alcornoque | 19,5-171,1* | 0,6-16,9* | 82,7-399,2 |
| Martín <i>et al.</i> (1998) | Andalucía | Quejigo (<i>Q. faginea</i>) | 11,6-48,0* | 0,8-3,7* | 130,4-415,0 |
| Porras (1998) | Huelva | Encina | 22,9 | | |
| Cañellas <i>et al.</i> (2001) | Huelva | Encina | 0-94* | 0,8-42,5 | |
| Medina (1956) en Laguna (1998) | Córdoba | | 670 | | |
| Fernández y Carbonero (2007) | Córdoba | Encina | 8,5-20,7 | | |
| | | | 0-203 | 414-978 | |
| Fernández y Carbonero (2007) | Sevilla | Encina, alcornoque y quejigo | 3,7-12,2 | | |
| | | | 0-371* | 414-1428 | |
| Fernández y Carbonero (2007) | Málaga | Encina | 9,3-31,9 | | |
| | | | 0-77,3* | | |
| Medina (1963) en Martín <i>et al.</i> (1998) | Extremadura | | 20,8 | | |
| García <i>et al.</i> (2005) en Gea <i>et al.</i> (2006) | Extremadura | | 12,86 ± 6,54 | | |
| Cañellas <i>et al.</i> (2007) | Badajoz | Encina-Alcornoque | 674,3 ± 120,4 | | |
| Gómez <i>et al.</i> (1980) en Gea <i>et al.</i> (2006) | Salamanca | Encina | 86,6 | | |
| Escudero <i>et al.</i> (1985) en Martín <i>et al.</i> (1998) | Salamanca | Encina | 120,1 | | |
| Álvarez <i>et al.</i> (2002) | Salamanca | | 0,1-87,9* | 19 | 475 |
| Cañellas <i>et al.</i> (2001) | Toledo | Alcornoque | 0,98-237,39* | | |
| Bellot <i>et al.</i> 1992 Martín <i>et al.</i> (1998) | Cataluña | Encina | 25,9 | | |
| Verdú <i>et al.</i> 1980 en Martín <i>et al.</i> (1998) | Cataluña | Encina | 14 | | |
| Siscart <i>et al.</i> (1999) | Cataluña | Encina | 15,7-58,4 0,1-116,1* | | |
| Milla <i>et al.</i> (2002) | Huesca | Encina | 0,823-131,858 | | |
| Fernández y Carbonero (2007) | Córdoba | Encina | 8,5-20,7* | | |
| | | | 0-203* | 414-978 | |

*Rango de producción. Valores máximos y mínimos obtenidos

Factores que determinan la producción de bellota

Son diversos los factores que influyen en la producción anual de bellotas en la encina, pudiendo dividirse en intrínsecos y extrínsecos según sean inherentes a la planta o no. Dentro de los factores intrínsecos cabe considerar la edad de la planta y factores controlados o influenciados por la genética como son el potencial de producción o la vecería. Como factores extrínsecos estarían la densidad del arbolado, la afectación por plagas y/o enfermedades, aquellos factores relativos al manejo por el hombre (podas, laboreo, fertilización) y por último factores climáticos y ecológicos.

Factores intrínsecos

Edad

La edad es un factor que afecta a la producción debido a que el árbol pasa por un periodo de juvenilidad que dura hasta los 15 años aproximadamente, y en el que apenas produce fruto. Su duración es menor en pies que provienen de brotes o en masas más aclaradas (Montoya, 1993; Dey, 1995). Según diversos autores, las mayores cosechas de bellota en la dehesa se obtienen cuando la encina tiene una edad entre los 50 y los 150 años (Medina Blanco 1956; Montoya, 1993; Escribano y Pulido, 1998 en Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007), edad en la que se encuentran la mayor parte del arbolado de las dehesas españolas (Plieninger *et al.*, 2003; Martín Vicente y Fernández Alés, 2006). El esfuerzo reproductor disminuye con la edad ya que en individuos senescentes la producción de bellotas decae aunque lentamente (Johnson, 1994; Dey, 1995). Por esta razón, diversos autores (Drake, 1991; Johnson, 1994; Dey, 1995; Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000) encuentran relación entre la producción de bellota y el diámetro del tronco del árbol, en la medida que el diámetro del tronco puede ser un estimador de la edad. De hecho, Downs y McQuilkin (1944), encuentran que la producción en *Q. rubra* se incrementa por encima de 36 cm de DBH, y disminuye a partir de 60 cm. Montoya (1993) en encina, indica que las mayores producciones se producen a partir de los 75-80 cm de circunferencia del tronco y hasta valores de 130 cm (Vázquez, 1998).

Asimismo, dado que el diámetro de la copa del árbol guarda relación con el diámetro del fuste (Greenberg, 2000), se ha encontrado que pies con mayores superficies de copa arrojan una mayor productividad de bellota (Drake, 1991; Dey, 1995). Esto guarda relación

no sólo con la edad del árbol, sino con la posición de mayor dominancia sobre árboles de menor envergadura, adquiriendo una ventaja a la hora de obtener recursos, principalmente luz, y mejorando por tanto sus posibilidades de fructificación (Johnson, 1994; Dey, 1995; Tietje *et al.*, 1999; Guariguata y Sáenz, 2002; Peter y Harrington, 2002; Bellocq *et al.*, 2005). Sin embargo, existen trabajos como el de Cañellas (1992) en el que se encuentra que la producción por metro cuadrado de copa decrece conforme aumenta el tamaño de ésta, y el de Carbonero *et al.* (2010) que indican productividades similares. En este sentido Greenberg (2002), apunta que la altísima variabilidad individual de las producciones convierte a la superficie de copa en un pobre indicador de la producción.

Potencial de producción

Una de las cuestiones más documentadas en numerosos trabajos realizados con distintas especies de *Quercus* en diversas condiciones, es que algunos pies son consistentemente muy productivos y otros lo son muy poco. Estas diferencias no parecen estar claramente relacionadas con una característica externa de los árboles sino más bien con una capacidad inherente de producción de flores femeninas (Johnson, 1994; Koenig *et al.*, 1994; Dey, 1995; Cecich y Sullivan, 1999; Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000), aún cuando distintos autores señalan que el número de flores masculinas y femeninas varía entre individuos, y dentro de éstos, entre años (Jordano, 1988; Arista *et al.*, 1997; Vázquez, 1998; Rodríguez-Barbero, 2009), y que unas condiciones más estresantes parecen favorecer la masculinidad (Aizen y Kenigsten, 1990; Obeso *et al.*, 1998; Ramos, 2002). De hecho Wolfgast (1972) transplantó a un sitio común pies buenos, medios y malos productores de bellota para la especie *Q. ilicifolia* (bear oak) y éstos mantuvieron su tendencia natural en cuanto a fructificación. La proporción flores masculinas/flores femeninas es una característica genética del individuo que influye directamente en su capacidad productiva (Elena-Roselló *et al.*, 1993; Bonnet y Webber, 1995; Ramos, 2002), existiendo pies en los que una alta proporción de flores son masculinas y las pocas femeninas existentes no son funcionales, siendo estos árboles improductivos. Del mismo modo también existen pies denominados “castizos” en los que la capacidad innata de producir una alta proporción de flores femeninas los hace muy productivos. Así, existe constancia de que dentro de una masa de *Quercus* unos pocos pies concentran una gran parte de la capacidad productiva total de la zona (Johnson, 1994; Koenig *et al.*, 1994; Dey, 1995; Laguna, 1998; Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000; Guariguata y Sáenz, 2002). Montoya (1993) indica que dentro de un encinar el 20 % de los

árboles suele aportar el 60 % de la cosecha, y Carbonero *et al.* (2010) encuentran que el 80% de la producción de bellota en la dehesa la aporta el 34,7% del arbolado más productivo. Greenberg (2000) afirma que, independientemente de la especie, los buenos productores son siempre menos de la mitad de la población.

Vecería y sincronía

Cuando la producción de semilla o fruto en una planta presenta años o periodos de elevada producción seguidos de años con baja o nula producción se dice que presenta vecería o alternancia (“masting”) (Montesinos, 2007). Éste es un proceso que se observa tanto en plantas de hoja caduca como perenne, cultivadas o silvestres, pareciendo ser inherente a la naturaleza de las plantas policárpicas (Ramírez, 2001). Se han descrito hábitos alternantes de fructificación en muchas especies, entre las que estarían el manzano, peral, nogal, cítricos, *Quercus*, etc.

A priori la pregunta lógica a la que deberíamos responder sería ¿qué razones existen para que en la naturaleza existan especies veceras? La vecería es un mecanismo de supervivencia y perpetuación de las especies en el tiempo, mediante la estrategia de formar el mayor número de semillas en el año en carga y acumular sustancias de reserva en el año de descarga (Ramírez, 2001). Es más frecuente en plantas leñosas y de larga vida que se ven menos afectadas por no dedicar esfuerzos a la reproducción durante algunos años (Monselise y Goldschmidt, 1982; Kelly, 1994). La vecería parece deberse a la inhibición de la floración provocada por la síntesis de giberelinas que tiene lugar en los frutos o a que el alto número de frutos reduce la acumulación de reservas previa a la diferenciación floral (Agustí *et al.*, 2003).

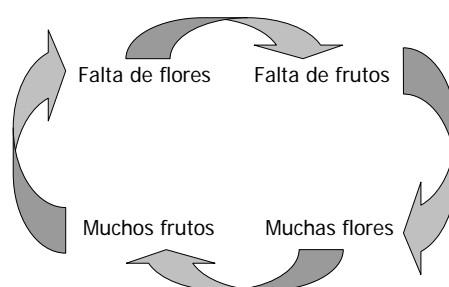


Figura 2. Esquema de la alternancia de cosechas (Agustí *et al.*, 2003)

La vecería parece ser un fenómeno resultante de la interacción de varios factores funcionales y evolutivos. Sería lógico pensar que, en ausencia de la actuación de factores evolutivos, la producción de semillas debería guardar una relación constante con los recursos disponibles (Montesinos, 2007). Este comportamiento o teoría ha sido denominada “de

concordancia de recursos” (*resource matching*) (Kelly y Sork, 2002), y las especies cuya producción va ligada a la cantidad de recursos existentes en el medio, por ejemplo cuantía de las precipitaciones, presentarán una variación interanual de la producción baja o moderada (sin vecería) si se encuentran en climas que presentan una cierta regularidad en el régimen de precipitación, y alta (con vecería), si el clima presenta una ocurrencia alta de eventos de sequía como es el caso del mediterráneo (Ims, 1990; Kelly, 1994). Se espera de las especies que presentan este comportamiento, una alta sincronía entre individuos en la producción. Puesto que la producción en este caso va ligada a la cantidad de recursos existentes en el medio, no sería esperable la ocurrencia de ciclos productivos regulares, ni a nivel de individuo ni a nivel de población. La evolución de la producción estrictamente en base a los recursos existentes en el medio es un comportamiento que ha sido encontrado en diferentes especies de bambú y en bosques de Malasia dominados por dipterocarpaceas (Kelly, 1994; Kelly y Sork, 2002).

El hecho de que muchas especies presenten patrones de producción que no se ajustan en absoluto a la estricta dependencia del nivel de recursos en el medio (*Fagus*, *Quercus*, *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Dacrydium*, etc.), y la existencia de una alta variabilidad en las producciones respecto a la mayor homogeneidad de factores meteorológicos y edáficos (Koenig y Knops, 2000; Kelly y Sork 2002) hace lógico pensar que puedan existir estrategias de tipo evolutivo o genético, que influyen en los comportamientos productivos, y que redundan en una mayor eficiencia a la hora de la supervivencia y reproducción de la especie a largo plazo. Ya que la teoría de la concordancia de recursos no aporta una explicación satisfactoria a la cuestión del por qué existen especies que presentan un patrón intermitente de la producción de semillas se han propuesto tres explicaciones o teorías, que complementan a la anterior.

La primera de ella conocida como “*teoría del saciado de predadores*” (*predator satiation*), sugiere que la producción intermitente de grandes cosechas reduce la pérdida de semillas por saciado de los predadores (Montesinos, 2007). Las variaciones de la producción entre años actuarían como un mecanismo de control de las poblaciones de predadores manteniendo sus poblaciones bajas y sorprendiéndolas con caídas de producción drásticas tras cosechas muy abundantes, de modo que la eliminación o atenuación de la variabilidad interanual podría incrementar las poblaciones de predadores de semillas. La mayor efectividad a la hora de controlar a los predadores se conseguiría con la existencia de unas producciones interanuales con altos contrastes (bimodalidad), altas producciones en años no consecutivos, inexistencia de ciclos regulares en la producción y alta sincronía entre

individuos. Claro está, que el control puede ser efectivo si los predadores dependen exclusivamente de una sola fuente de alimentación (por ejemplo los insectos perforadores de bellota dependen exclusivamente de la producción de ésta), pues si son generalistas o existe una gran variedad de los mismos, las ventajas argumentadas al amparo de esta teoría disminuyen, y la estrategia para garantizar la reproducción por semilla debería incluir además, la ocurrencia de una cierta asincronía en las producciones para mantener controladas las poblaciones de predadores y permitir el escape de un cierto número de semillas (Ims, 1990; Shibata *et al.*, 1998). Así se ha comprobado que en *Betula alleghaniensis* (Kelly *et al.*, 2001) las pérdidas en producción debidas a la incidencia de insectos especialistas se minimizan incrementando la variación de la producción entre años y las pérdidas debidas al consumo por parte de depredadores generalistas (aves) se palian reduciendo la sincronía. Una situación muy similar encontramos para las producciones de bellota de encina, que cuentan con una gran diversidad de predadores que van desde insectos perforadores de bellota especializados (*Curculio elephas* y *Cydia* spp.) a predadores más generalistas como ratones, jabalíes, pájaros, etc.

La segunda teoría se conoce como la “teoría de la eficiencia de la polinización” (*wind pollination*), y propone que en especies anemófilas concentrar la producción de polen en algunos años incrementa la eficiencia en la polinización (Kelly y Sork, 2002; Rees *et al.*, 2002; Piovesan y Adams, 2005; García Mozo *et al.*, 2007), y por tanto incrementa la producción de semillas. Este hecho ha sido demostrado en distintas especies anemófilas (Kelly, 1994; Shibata *et al.*, 1998; Kelly *et al.*, 2001), aunque no siempre (Sork *et al.*, 1993; Kelly y Sullivan, 1997). Así una alta producción de polen no guarda necesariamente una fuerte relación con la producción final de semillas ya que el ciclo reproductivo puede verse afectado tras la polinización por una gran cantidad de factores bióticos y abióticos.

De hecho, en el caso de los *Quercus* propios de climas mediterráneos, la frecuencia elevada de eventos meteorológicos drásticos (heladas y sequías primaverales, altas temperaturas estivales, etc.) pueden mermar la cosecha de bellotas aunque la producción de polen haya sido elevada. Además para las especies de este género, la asincronía existente entre la floración masculina y femenina resta cierta importancia a este comportamiento como facilitador de la reproducción y supervivencia de la especie. Y, tras la polinización, el árbol puede abortar un gran número de flores femeninas fecundadas sin que esto suponga una pérdida de energía importante para el individuo (Smith *et al.*, 1990; Sork *et al.*, 1993).

La tercera teoría se conoce como la “teoría de los dispersores de semillas” (*Attraction of seed dispersers*). Se centra en la potencial competencia que se establece entre árboles por

atraer agentes dispersantes de semillas. Al igual que para la teoría del saciado de predadores la eficiencia del proceso reproductivo dependerá de la respuesta de los agentes dispersantes a las variaciones en la producción y a la complejidad de relaciones que se establezcan entre semilla dispersada, esfuerzo reproductivo y disponibilidad efectiva de semillas (Ims, 1990). De acuerdo con esta teoría, para un mismo año y zona encontraríamos árboles que realizan una gran inversión de recursos en la reproducción y árboles con escasa producción (alta variabilidad intraanual), mientras que entre años la variabilidad de la población debería ser baja (Koenig *et al.*, 1994; Kelly y Sork, 2002).

La bellota, al ser una semilla muy energética, tiene un gran número de animales que la consumen, siendo algunos depredadores facultativos, es decir, que además de preñar contribuyen a su dispersión. Este es el caso de algunas aves y pequeños roedores que almacenan las semillas para consumo enterrándolas y es frecuente que parte germine y escape a la predación (Gómez, 2003; Pérez Ramos, 2007; Puerta, 2008). Así pues, la dispersión sería un efecto colateral de la predación (*predator-dispersed plants*), que aumentaría los años de mayor producción, pudiendo explicar las pautas productivas observadas en los árboles (Koenig *et al.*, 1994).

Sork *et al.* (1993) encuentran en especies de robles, patrones de producción de bellota estrechamente relacionados con la meteorología pero también detectan la existencia de ciclos individuales. Estos dos hechos, a priori, serían incompatibles estrictamente con la teoría de la concordancia de recursos, por lo que los autores concluyen que la variación interanual de la producción se debe conjuntamente a razones genéticas y ambientales. Tratando de aportar argumentos que expliquen la vecería desde un punto ambiental y evolutivo se encuentran los trabajos de Isagi *et al.* (1997) y Satake y Iwasa (2000), que indican que las variaciones interanuales de la producción se pueden explicar desde un punto de vista fisiológico ya que los árboles destinan un porcentaje de los recursos almacenados a aspectos reproductivos. Cuando los recursos almacenados están por encima de un determinado umbral o nivel de recursos (que es una característica individual de cada árbol), éste produce cosecha, cuando se encuentra por debajo no lo hace o la producción es mínima. Puesto que esta hipótesis podría conducir a unas producciones aleatorias y totalmente desincronizadas, lo que no coincide con la realidad, los autores proponen que la relativa sincronía en la producción de semillas, que provoca que existan años en los que la mayor parte de los árboles alcancen altas o bajas producciones, se produciría vía polinización. Además la existencia de períodos con producciones mínimas debido a un escaso nivel de reservas en fotosintatos mantendría

controladas a las poblaciones de predadores especialistas (Kelly y Sork, 2002; Rees *et al.*, 2002).

Esta hipótesis, que integra aspectos inherentes al árbol, disponibilidad de recursos y características meteorológicas, puede explicar de una manera más satisfactoria la gran variedad de comportamientos productivos existente respecto a la explicación más simple y restrictiva que proponía la teoría de concordancia de recursos. Así y en consonancia con lo expuesto por Koenig *et al* (1994) no existe un solo factor que “gobierne” la producción de semilla y su variación entre años, al menos en un género tan diverso y extendido como *Quercus*, y la tarea para clarificar y profundizar en este tema permanece abierta.

La vecería, analizando una masa o población es la resultante de tres factores: variabilidad, sincronía y periodicidad. La sincronía se ha definido como la tendencia de los individuos a llevar a cabo parte de su ciclo a la vez que otros miembros de la población (Ims, 1990). En principio, la sincronía se achacó a factores climáticos, pues es evidente que en climas con estaciones diferentes éstas determinan el inicio y finalización de las diferentes fases del ciclo. Sin embargo, la existencia de sincronía en climas tropicales que no poseen diferenciación estacional, hizo sospechar que debía de haber algo más detrás de este hecho y que la sincronía o asincronía de las producciones podía representar una estrategia que los individuos adoptaban para maximizar su éxito reproductivo. Así, la preservación de la mayor cantidad posible de semillas de la predación puede direccionar el comportamiento productivo del árbol a favor de una mayor sincronía y variabilidad interanual cuando existen pocos depredadores y especialistas. Es decir, que son las condiciones ecológicas imperantes en cada zona las que determinan qué estrategia puede ser más interesante de cara a maximizar el éxito reproductivo (Ims, 1990).

El género *Quercus* está constituido por especies que se caracterizan por tener un grado de sincronización pobre (Garrison *et al.*, 2006; Gea *et al.*, 2006), pudiendo no compartir individuos de la misma especie y situados en la misma zona los años de mayor producción (Kelly, 1994; Healy, 1999; Greenberg, 2000; Liebhold *et al.*, 2004).

Autores como Herrera *et al.* (1998) y Koenig *et al.* (2003) han propuesto que la sincronía y la variabilidad intra e interanual de las producciones han evolucionado de manera independiente probablemente para asegurar la supervivencia de un cierto número de semillas en un medio muy cambiante y heterogéneo (Herrera *et al.*, 1998; Koenig *et al.*, 2003).

Cuando en una misma área conviven varias especies de *Quercus*, la sincronía intraespecífica de las producciones es mayor que la que se detecta entre especies (Liebhold *et al.*, 2004; Rodríguez Estévez *et al.*, 2007), no existiendo correlación en la evolución de la

producción entre ellas (Koenig *et al.*, 1994; Martín Vicente *et al.*, 1998; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007). Estas diferencias se deben básicamente a diferencias en la fenología y duración de los ciclos de maduración de los frutos y a requerimientos ambientales ligeramente distintos. La sincronía está relacionada con variaciones espaciales en las condiciones del hábitat (Liebhold *et al.*, 2004), por lo que en general aumenta a medida que los individuos están más próximos (Ims, 1990, Martín Vicente *et al.*, 1998). No obstante el grado de sincronía puede aumentar por un accidente climático, de manejo o por un aumento excesivo de la producción. La ocurrencia de sucesos meteorológicos drásticos (como una helada severa) hace que los individuos disminuyan o incluso pierdan por completo su producción, poniendo a todos los individuos en la misma etapa del ciclo (Liebhold *et al.*, 2004). La ocurrencia de una alta cosecha generalizada provoca una mayor inhibición de yemas florales que dará como resultado una reducción de la producción del año siguiente (Ramírez, 2001).

En cualquier caso el comportamiento vecero y relativamente sincrónico de la producción de semillas parece ser una característica más común en hábitats de baja fertilidad, pues en esta situación el tiempo requerido para recuperarse de una alta cosecha se incrementa (Kelly y Sork, 2002) y en plantas dominantes dentro de sus comunidades, pues su dominancia les facilita la organización de una estrategia conjunta para saciar a los predadores. La variabilidad en la producción de semilla decrece en latitudes más altas y lo hace paralelamente a la disminución en la variabilidad de las precipitaciones (Kelly y Sork, 2002), y es menor en plantas con semillas polinizadas por insectos y dispersadas por frugívoros y por agentes abióticos, más que en aquellas dispersadas por predadores.

Factores extrínsecos

La meteorología

La meteorología condiciona la producción, especialmente a corto-medio plazo, pues a largo plazo las características genéticas parecen tener más peso que los factores ambientales (Dey, 1995). La influencia de las condiciones meteorológicas sobre el retraso o precocidad de la brotación, la duración del periodo de floración y polinización, el inicio y duración de la maduración y caída de la bellota, etc., ha sido comprobada en una gran variedad de *Quercus* (McGee, 1974; Kriebel *et al.*, 1976; Schiarbaum y Baley, 1981; Elena-Rosselló *et al.*, 1993; Stephan *et al.*, 1996; Díaz, 2000; López-Carrasco *et al.*, 2007). Y, es por ello que las condiciones meteorológicas pueden ayudar a predecir la cuantía de la cosecha de semillas

(Koenig y Knops, 1996; Cecich, 1997; Vázquez, 1998; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008), siendo especialmente claves durante las fases de floración, polinización y maduración.

Algunos autores indican que las temperaturas precedentes a la floración parecen ser el factor que más influye en la producción de polen de los *Quercus* (Andersen, 1980; Kämpylä, 1984; Silva *et al.*, 1999 en Rodríguez Estévez *et al.*, 2008), pues un invierno más cálido y húmedo favorece una mayor producción de flores dado que la hinchazón y rotura de yemas se inicia a finales del invierno (García-Mozo *et al.*, 2007; Rodríguez Estévez *et al.*, 2007), y la existencia de unas temperaturas bajas, o la ocurrencia de heladas pueden disminuir su cuantía e incluso destruirlas (Masaka y Sato, 2002). La influencia de las condiciones ambientales anteriores a la floración sobre la cuantía de la cosecha ha sido citada además en fagáceas como *Fagus sylvatica*, *F. grandifolia* y *F. selvatica* (Piovesan y Adams, 2001) y en especies cultivadas como el olivo (Navarro, 1989; García-Ortiz *et al.*, 1996), aunque matizada por la cuantía de la cosecha inmediatamente anterior que actúa como elemento de fomento o inhibición del esfuerzo reproductivo a desarrollar. Además un adelanto en el inicio del periodo vegetativo debido a las suaves temperaturas ambientales, puede originar un periodo de floración y polinización más prolongado, y por tanto una mayor coincidencia entre la floración masculina y femenina, mejorando su eficiencia (Díaz, 2000). También se ha datado que primaveras con ausencia de temperaturas extremas precedidas de otoños lluviosos y suaves aumentan la probabilidad de una alta floración (Koenig *et al.*, 1996; Masaka y Sato, 2002; Rodríguez Estévez *et al.*, 2007).

Las bajas temperaturas durante las fases de floración y polinización tienen un efecto negativo sobre la fecundación de las flores (Sork *et al.*, 1993; Masaka y Sato, 2002; Rodríguez Estévez *et al.*, 2007), pero también las altas temperaturas, la lluvia, las heladas, y el granizo son negativos para la supervivencia de las mismas (Cecich, 1997). Las lluvias y una cierta humedad ambiental al inicio de la floración favorecen la producción de polen, (Larsen y Cecich, 1997; García Mozo *et al.*, 2007) pero en plena floración pueden destruir flores, disminuir la eficiencia de la polinización y destruir pequeños frutos especialmente si se producen de manera torrencial (Cecich, 1997). Las primaveras secas, especialmente si las estaciones anteriores lo han sido, provocan la caída de flores y frutos pequeños pues la disponibilidad de agua es un factor limitante en la producción de bellota (Johnson, 1994; Siscart *et al.*, 1999; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007). En cualquier caso las condiciones meteorológicas inmediatamente antes y durante la floración y polinización son claves para garantizar una buena cosecha (Cecich, 1997).

Durante la primavera, el éxito de la floración, está relacionado con la incidencia de orugas defoliadoras (*Tortrix viridana*, *Catocala nymphaeogona*, etc.) las cuales aparte de consumir hojas, disminuyendo los recursos del árbol y la posibilidad de su síntesis, destruyen brotes fructíferos, flores e incluso frutos pequeños (Larsen y Cecich, 1997). Aunque su incidencia tiene relación con la meteorología, pues el frío detiene e incluso puede impedir su desarrollo, parece estar principalmente ligada a la dinámica del crecimiento de las poblaciones de estos insectos, en la que se alternan ciclos de abundancia con ciclos de escasez.

El verano no parece ser una estación tan influyente en la productividad de bellota, aunque Sork *et al.* (1993) encuentran relaciones entre ésta y la severidad de la sequía estival, entendida como la combinación entre temperaturas y déficit hídrico, y Pulido *et al.* (2004), relacionan la ocurrencia de abortos tempranos de las bellotas con las altas temperaturas de julio y agosto. Cecich (1997) apunta que en especies como el roble blanco (*Quercus alba*), la producción de flores y de bellotas no están relacionadas, debido a la sensibilidad de esta especie a las temperaturas máximas del mes de julio, y que realmente la variable más relacionada con la cosecha final serían los frutos viables que quedan transcurrido este mes.

Desde el punto de vista meteorológico el otoño constituye una estación clave para consolidar la cosecha de bellotas especialmente en su tramo inicial. Así, la ocurrencia de lluvias al comienzo del mismo (mes de septiembre) parece asegurar la producción y minimizar la caída temprana de frutos (García-Mozo *et al.*, 2007, Rodríguez *et al.*, 2007). Por el contrario, la sequía unida a unas altas temperaturas durante los meses de septiembre y octubre provoca la caída de gran cantidad de fruto inmaduro (Vázquez, 1998; Pérez-Laorga, 1999) debido a la escasez de agua para su desarrollo. Además, las altas temperaturas de los meses de octubre y noviembre contribuyen a acelerar los ciclos biológicos de los insectos perforadores de bellota (*Cydia* spp y *Curculio elephas*) y por tanto aumenta el riesgo de pérdidas de producción (Vázquez *et al.*, 1990; Pérez-laorga, 1999; Soria *et al.*, 1999).

Lusk *et al.* (2007) y Koenig y Knops (2000) encuentran correlación entre la producción de bellota y la pluviometría anual. Sin embargo esta relación no se ha detectado en estudios realizados en dehesas y encinares españoles, aunque sí relaciones con la pluviometría en determinados momentos del año (Pulido *et al.*, 2004; García-Mozo *et al.*, 2007; López-Carrasco *et al.*, 2007; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007). Este hecho pone de manifiesto la mayor importancia de las lluvias en determinados momentos del ciclo fenológico del árbol frente a la pluviometría acumulada anualmente, de cara a la consolidación de cosechas.

El mayor peso de la pluviometría anual sobre la productividad en especies norteamericanas, podría estar relacionado con la homogeneidad climática de la zona de distribución de los *Quercus* con menos probabilidades de ocurrencia de fenómenos meteorológicos drásticos (Sork *et al.*, 1992; Lusk *et al.*, 2007). En cambio, en el mediterráneo europeo abundan las irregularidades climáticas y la ocurrencia de años similares es muy escasa (Isagi *et al.*, 1997), pudiendo la meteorología explicar mejor las oscilaciones de producción. Algo similar ocurre en el área de distribución de los *Quercus* en Japón (Masaka y Sato, 2002).

No existen demasiados trabajos en los que se ponga de manifiesto la relación entre meteorología y fase de diseminación o caída del fruto, aunque de su desarrollo y aprovechamiento depende íntimamente la calidad de la carne del cerdo Ibérico, principal depredador. Así, aunque la meteorología no nos va a cuantificar de manera precisa la cosecha, puede ser un elemento útil de cara a preveer producciones, a matizar cuantías previamente aforadas o planificar la gestión de montaneras ya iniciadas (López-Carrasco *et al.*, 2007). De hecho, las condiciones climáticas del otoño guardan relación con el inicio, desarrollo y duración de la maduración de la bellota. Así, en los otoños cálidos y húmedos, especialmente si van precedidos de primaveras largas, con suaves temperaturas y abundancia de lluvias, se observa un adelanto del inicio de la montanera respecto a los más fríos y secos (Díaz, 2000; López-Carrasco *et al.*, 2007). Otros factores que influyen en la maduración y diseminación de las bellotas, propiciando una caída menos homogénea en forma de pulsos acentuados, serían los fuertes vientos y lluvias (Larsen y Cecich, 1997; Vázquez, 1998a; Olea *et al.*, 2004, López Carrasco *et al.*, 2007), y la incidencia de insectos perforadores de bellota. La duración de las montaneras también parece estar muy ligada a las temperaturas medias de este periodo, pues unas condiciones más favorables de temperatura y precipitación contribuyen a una maduración y caída más rápida de las bellotas. Por el contrario, la existencia de unos otoños e inviernos fríos propicia unos patrones de maduración y diseminación de la bellota mucho más prolongados en el tiempo (Díaz, 2000; López-Carrasco *et al.*, 2007).

Esta variabilidad interanual de la productividad ligada a las condiciones meteorológicas se superpone a la variabilidad debida a la genética, detectándose una diversidad de comportamientos, tanto en la fenología como en las producciones, aún a pesar de encontrarse en zonas con similares condiciones ecológicas y climáticas (Díaz, 2000; Montesinos, 2007).

Características ecológicas del medio

La dehesa se ha asentado generalmente sobre suelos delgados y oligotróficos por lo que quizás debido a esta adaptación secular del arbolado al medio no es posible detectar relaciones concluyentes entre fertilidad del mismo y productividad (Martín Vicente *et al.*, 1998), aunque diferentes autores (Demchik y Sharpe, 2000; Kloss y McBride, 2002; Abrahamson y Layne, 2003) indican que la mayor capacidad de producir biomasa para distintas especies de árboles, está influenciada por factores relacionados con la mayor fertilidad y en especial con una mayor disponibilidad de agua en el suelo a lo largo de todo el ciclo productivo. En especial habría que destacar el trabajo de Abrahamson y Layne (2003) que aunque no encuentran relaciones significativas entre producción de bellota y precipitación, sí lo hacen con la textura del suelo, poniendo de manifiesto que hay una relación más estrecha entre producción y disponibilidad de agua en el suelo que con la precipitación, ya que esta primera variable influye en mayor medida en la fisiología de la planta. En el trabajo realizado por Carbonero *et al.* (2004) se indica que a texturas de suelo con mayor contenido en arcilla, y a mayores contenidos en materia orgánica y en fósforo y potasio asimilable se ha observado un mayor vigor del arbolado y una mayor capacidad de recuperación de la fracción foliar de las copas. Peter y Harrington (2002) encuentran las mayores producciones de bellota en suelos con una buena capacidad de retención de agua pero sin problemas de encharcamiento frente a suelos más pobres y arenosos. Carbonero *et al.* (2010) encuentran que en ambientes más áridos y pobres en recursos la producción se concentra en un menor número de árboles, que sin embargo arrojan unos mayores valores medios. En estas situaciones la mayor envergadura de los pies también parece aportar una posición de ventaja a la hora de la fructificación, ya que debido a su mayor envergadura disponen de más ventajas a la hora de obtener recursos, mejorando por tanto sus posibilidades de fructificación (Dey, 1995). Montoya (1993) afirma que en zonas de suelos más pobres, o con mayor incidencia de patógenos los años de carga se producen más de tarde en tarde viéndose incrementada también la vecería de las cosechas, y Freeman *et al.* (1981) y Obeso *et al.* (1998) indican que la feminidad de la planta se encuentra asociada a ambientes menos estresantes o con más disponibilidad de recursos. La orografía suave y sin grandes pendientes, característica de muchas zonas adehesadas atempera la incidencia de solanas y umbrías disminuyendo además el grado de solapamiento del arbolado, lo que puede incrementar el número de flores femeninas, ya que como indica Ramos (2002) la proporción de flores masculinas aumenta a medida que lo hace el grado de sombreo.

Gestión de la dehesa

Gestión de la espesura. La densidad.

La densidad de plantas por superficie, es uno de los factores más importantes de cara a determinar la producción de semillas para un determinado individuo y por superficie (Baker, 1972; Wulff, 1986; Martín Vicente *et al.*, 1998). Así, se trata de una de las variables que el hombre ha manejado en la dehesa de cara a optimizar la productividad frutal junto al resto de producciones como pastos y cultivos.

La disminución de la densidad inicial del arbolado en el bosque originario, junto con la selección de pies con buenas características productivas ha permitido maximizar la producción de bellota en la dehesa, pues ha reducido la competencia por luz, agua y nutrientes en un medio no especialmente generoso en recursos. Así, en aquellas zonas más abiertas y por tanto mejor iluminadas y aireadas, la floración se adelanta, existe una mayor proporción de flores femeninas y una mayor sincronía entre la floración femenina y la masculina, mejorando la eficiencia de la polinización (Ramos, 2002). Además, a la hora de seleccionar material para reproducir a partir de bellotas, en las masas claras existe una mayor probabilidad de que las características genéticas de la madre se transmitan a la descendencia (Ramos, 2002).

El grado de sombreado modifica también la distribución de la floración por sexos en el árbol, ya que aunque la floración femenina es más abundante en las zonas medias de la copa del árbol y la masculina en las zonas altas para facilitar así al viento su papel como dispersor del polen (Ramos, 2002), un aumento en el grado de sombreado aumenta la proporción de flores masculinas, detectándose que aquellas zonas con una alta densidad de arbolado presentan una mayor “masculinidad”.

Sin embargo, una masa demasiado clara no mejora más la capacidad productiva individual y la producción total puede disminuir por falta de efectivos. Y al contrario, pues la producción de bellota por superficie es proporcional a la superficie cubierta por las copas hasta un cierto límite difícil de determinar, pero que está en relación con el grado de competencia entre árboles y depende del medio y edad del arbolado (Montoya, 1988; Healy *et al.*, 1999). Así, la disminución de la producción por árbol en una masa densa puede compensarse hasta cierto punto por la existencia de un mayor número de árboles. Un estudio de Vieira (1991) a este respecto demuestra que el óptimo de ocupación e iluminación se consigue en el alcornoque cuando se mantienen fracciones de cabida cubierta del 60% para cualquier edad o tamaño. En el mismo sentido se manifiestan Martín *et al.* (1998), que

encuentran una producción por hectárea similar para dehesas con una baja densidad de arbolado (23 pies/ha) con unas producciones medias por árbol de 285,8 g/m² y 25,3 kg/pie, y unas producciones por hectárea de 291,5 kg/ha, y dehesas con una alta densidad de arbolado (59,5 pies/ha), que exhiben unas menores producciones por árbol 115,8 g/m² y 7,1 kg/pie y unas producciones por hectárea de 296,0 kg/ha. Vázquez *et al.* (2001b) afirma que por encima de 50 pies /ha la producción por superficie decae aunque aumente la densidad del arbolado, por efecto de la competencia por diferentes recursos, principalmente la disponibilidad de luz. En este mismo sentido se manifiestan autores como Drake (1991), Johnson (1994), Dey (1995), Healy *et al.* (1999), Guariguata y Sáenz (2002) y Abrahamson and Layne (2003), que recomiendan el aclareo de copas y el aumento de la disponibilidad de luz para aquellos ejemplares más productivos si se quiere mejorar la producción por superficie. Peter y Harrington (2002) en un estudio realizado sobre *Q. alba* en Oregón, encuentran las mayores producciones de fruto en áreas abiertas y sobre pies con copas en forma de “champiñón” o “columna”, ambas estructuras típicas de formaciones abiertas del arbolado. Montoya (1993) y Vázquez (1998) indican que en individuos con porte llorón y copa más amplia existe una mayor probabilidad de producción de semillas pues se maximiza la cantidad de copa expuesta a la luz. Sin embargo Martín *et al.* (1998) encuentran las mayores producciones de bellota por superficie (58,5 g/m²; 399,2 kg/ha) en áreas con densidades de 160 pies/ha, aunque indicando que se trata de zonas con abundancia de agua y que presentan un clima poco continental.

Gea *et al.* (2006) resalta los excelentes resultados que aporta la distribución y el manejo del arbolado en la dehesa, pues consigue idénticas producciones de fruto con unas menores densidades permitiendo además la obtención de una serie de producciones adicionales (pastos y cultivos) que revierten de una manera muy evidente en la rentabilidad y estabilidad del sistema.

Gestión de la forma del árbol. Las podas.

Las podas pueden considerarse como el tratamiento selvícola por excelencia en zonas adehesadas (Navarro y Fernández, 2000). Su objetivo es la consecución de una estructura óptima del árbol para la producción de bellota, lo que se consigue con distintos tipos, a saber, podas de formación, podas de mantenimiento y podas sanitarias.

La poda de formación hace referencia al conjunto de operaciones realizadas en los primeros años de vida sobre la encina (25 primeros años según Montoya, 1993) buscando la consecución de un árbol con un fuste limpio del que partan tres brazos divergentes limpios de

ramas pequeñas conformando una copa aplanada, abierta y equilibrada. Las podas de mantenimiento tienen por objetivo estimular la producción de aquellos bienes de interés para el hombre: bellota, leña y ramón. A veces, estas labores se realizan de manera que se mantenga la forma lograda para el árbol, mientras que otras veces, se desatiende por completo la arquitectura ya conseguida para la encina. Por último habría que hablar de las podas sanitarias cuyo objeto sería eliminar aquellas ramas, secas o decrépitas por ataque de alguna plaga o enfermedad. Dependiendo del grado de afectación, estas podas pueden ser desde livianas hasta extremadamente severas.

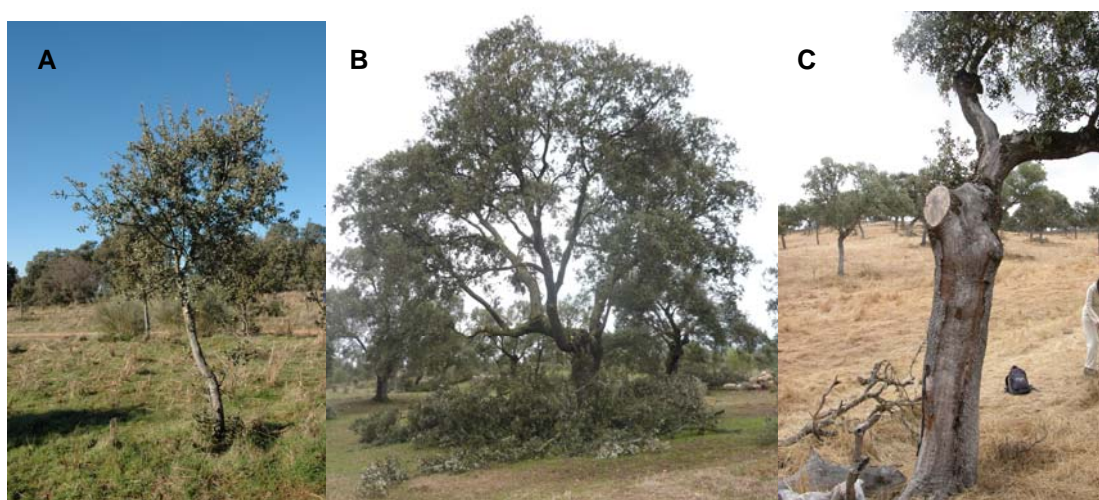


Figura 1. Tipos de poda que se realizan sobre la encina en la dehesa: (A) poda de formación, (B) poda de mantenimiento y (C) poda sanitaria

En función de la intensidad y objetivos podrían diferenciarse dos tipos básicos de poda de mantenimiento: *las limpias* y *las talas*. Las podas de mantenimiento llamadas limpias pretenden una mayor producción de bellota para la montanera, junto a la obtención de leñas finas, picón y ramón para el ganado. Tienden a abrir el interior de la copa sobre los brazos ya formados, eliminando las ramas secas, verticales y bajas, preocupándose por mantener la conformación de la copa y ampliarla. Además descargan al árbol de peso innecesario y estimulan rebrotes en la periferia de la copa. Estos rebrotes están constituidos fundamentalmente por ápices laterales que se convierten con más probabilidad en yemas sexuales (Montoya, 1988; Bonnet y Webber, 1995). La eliminación de follaje al quitar ramas verticales y bajas, posibles sumideros improductivos y sombreadores del árbol, permite una iluminación más homogénea y mejora la aireación lo que repercute en una mayor eficiencia de la polinización. Así en definitiva, se favorece la producción frutal del árbol. La limpia se caracteriza por su moderación, tanto en la cuantía como en el grosor de las ramas cortadas, que pocas veces sobrepasa los diez centímetros de diámetro. Las talas sin embargo buscan un

mayor beneficio en leñas gruesas, siendo inapreciable el trabajo de limpieza que se realiza sobre la copa. En la tala, el árbol y la fructificación salen perjudicados con respecto a la limpia y con demasiada frecuencia, con respecto a si se dejara sin podar (Fernández y Porras, 1999). Talas típicas en este sistema son los desmoches y olivados realizados en las dehesas salmantinas.

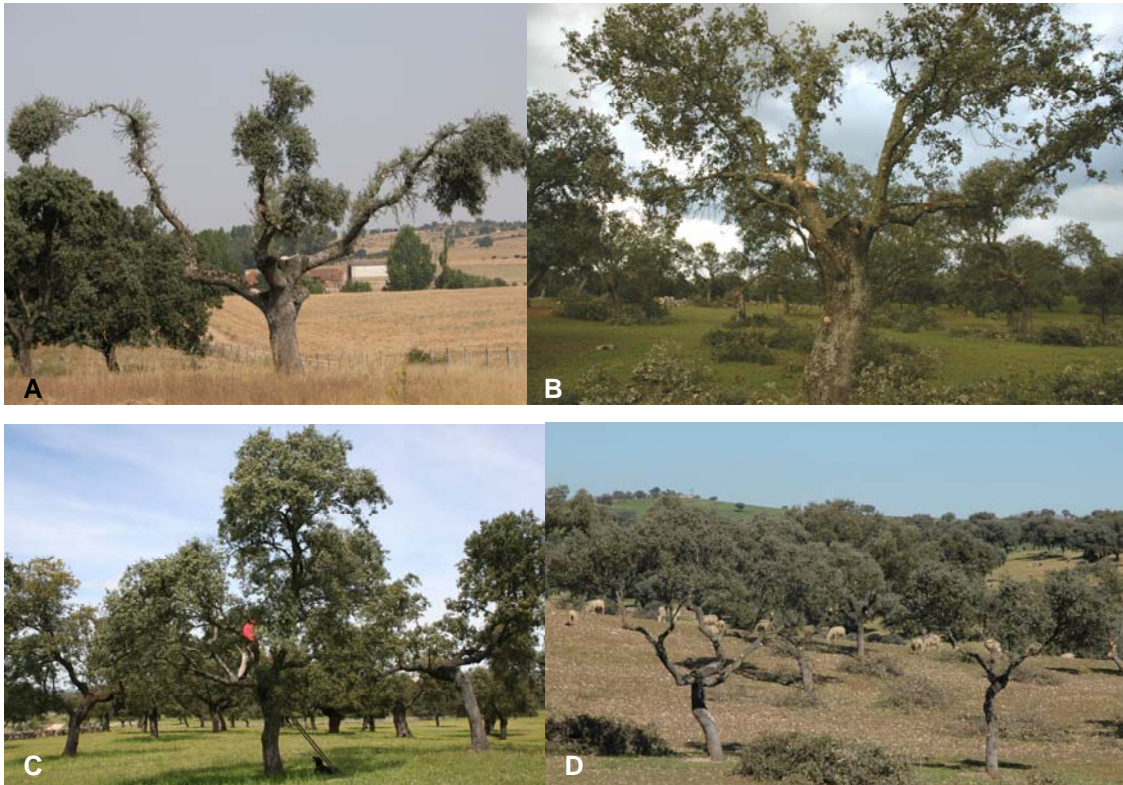


Figura 2. Tipos de poda de mantenimiento: (A) desmoche, (B) tala, (C) limpia de intensidad liviana y (D) limpia de intensidad fuerte

Aunque la poda de mantenimiento realizada a la encina es una práctica muy extendida y defendida por los propietarios y gestores de dehesas, los estudios científicos realizados, aportan datos contradictorios y ponen en tela de juicio su eficacia. Así en dehesas ibéricas encontramos trabajos como los de Porras (1998) en Huelva, Cañellas *et al.*, 2001 en Toledo, Álvarez *et al.* (2004) en Salamanca, Cañellas *et al.* (2007) en Toledo, para los que no existen diferencias significativas entre árboles podados y no podados. Cuando las podas presentan una intensidad media (Porras, 1998; Alejano *et al.*, 2006; Cañellas *et al.*, 2007), árboles podados presentan una producción similar a los no podados. Cuando éstas alcanzan una intensidad fuerte, autores como García-Ortiz *et al.* (1996) y Alejano *et al.* (2006), encuentran que la producción de los árboles podados nunca supera a los no podados. Existen también autores norteamericanos (Drake, 1991; Johnson, 1994; Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000; Stelzer *et al.*, 2004 ; Belloq *et al.*, 2005; Lombardo y Mcarthy, 2008), que abordan el efecto

de la poda sobre la producción de bellota, entendiendo en este caso la poda como un conjunto de operaciones dirigidas a disminuir la densidad del arbolado mediante realces, clareos y rozas: ellos no obtienen tampoco resultados significativos.

Una poda realizada durante un ciclo de altas producciones tiene una mayor impacto sobre la producción de bellota que si se realiza durante un ciclo de bajas producciones, ya que la potencialidad de producción en el primer caso es mucho mayor y la reducción de la biomasa da lugar a una mayor disminución de la producción (Lombardo y MCarthy, 2008). De hecho, en algunos trabajos realizados en olivo se recomienda podar durante años de bajas producciones (años de “descarga”), para minimizar estos efectos negativos (Florensa y Solé, 1996; Perez Mohedano, 2005), o bien podar en años de alta producción (años de “carga”) si lo que se desea es atenuar la intensidad de las oscilaciones interanuales (Navarro, 1989). Por tanto la poda tiene un efecto amortiguador, reduciendo la vecería cuando se realiza un año de carga, al disminuir la ocurrencia de picos máximos de producción, equilibrar el crecimiento y la producción, y por tanto redistribuir mejor los recursos de los que dispone el árbol permitiendo unas producciones más constantes (García-Ortiz *et al.*, 1996; Florensa y Solé, 1996; Rodríguez y Villalba, 1998; Pastor y Humanes, 2000; Perez Mohedano, 2005). En especies forestales sin embargo este efecto no se ha detectado, principalmente debido a la mayor dependencia de las producciones de los recursos del medio y a su altísima variabilidad interanual e intrapoblacional (Bellocq *et al.*, 2005; Lombardo y MCarthy, 2008). Todos los autores que han abordado este tema con especies del género *Quercus*, citan como una dificultad para la obtención de resultados concluyentes la vecería y falta de sincronía de las producciones y argumentan que su efecto es efímero y está muy atenuado por variaciones interanuales y entre individuos.

La producción no ha sido la única variable que se ha estudiado en relación a la poda. En el trabajo de Alejano *et al* (2006) se observa que los crecimientos diamétricos de los árboles son mayores en las encinas sometidas a poda débil o no podadas, que en aquellas sometidas a podas de mayor intensidad, indicando un fuerte desvío de recursos para la reconstrucción de las copas, por lo que se recomienda no realizarlas en pies con un estado de vigor medio o bajo. También Natividade (1932; 1937) y Cañellas y Montero (2002) indican que la producción de corcho no se resiente con podas livianas pero sí con podas de fuerte intensidad.

En frutales, la poda, al provocar una asignación de recursos diferentes, pues elimina ramas con una fuerte tendencia vegetativa en beneficio de aquellos brotes y ramas más productivos, y al adelantar las brotaciones, incide sobre la maduración y desarrollo de los

frutos, pudiendo proporcionar cosechas más tempranas y de mejor calidad (Harper *et al.*, 1970; Armijo, 1989; Costa y Vizzotto, 2000; Melgarejo, 2000; Razeto y Díaz de Valdés, 2001; Davarynejad *et al.*, 2008)

Otras prácticas de gestión

Además de la poda, en el manejo del arbolado existen otras prácticas que pueden influir en la producción de bellota (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007). Así, el laboreo ocasional puede tener efectos positivos en el estado del árbol al eliminar la compactación del suelo producida por la presencia continua del ganado, mejorar la infiltración del agua (Pulido *et al.*, 2004) y al limitar la ocupación de especies de matorral, muy competitivas e invasoras, aumenta la disponibilidad de recursos (Fernández Ranchal *et al.*, 2008). Los trabajos de Pulido *et al.* (2004) y Moreno *et al.* (2007) encuentran que la producción de bellota es mayor en las dehesas cultivadas periódicamente y pastoreadas que en las invadidas de matorral, pudiendo, según los autores achacarse este hecho a la mayor profundidad de suelo que hay en las dehesas cultivadas. Sin embargo Martín Vicente *et al.* (1998) no encuentran relación entre la producción de bellota y la mayor fertilidad, pluviosidad o cobertura de matorral, aunque confirman la mayor productividad de bellota en dehesas ($>100 \text{ g/m}^2$) que en montes ($<75 \text{ g/m}^2$).

Por el contrario, si el laboreo se realiza en zonas con pendiente puede aumentar la pérdida de suelo y si es frecuente, mineraliza y reduce el contenido en materia orgánica, normalmente escasa en los suelos de dehesa. Si se practica debajo de las copas de los árboles puede romper raíces superficiales y en zonas afectadas por patógenos de suelo puede contribuir a su dispersión (Fernández Ranchal *et al.*, 2008).

La fertilización contribuye a mejorar el estado del arbolado y a aumentar su resistencia frente a factores bióticos y abióticos (Demchik y Sharpe, 2000; Kloss y McBride, 2002; Abrahamson y Layne, 2003), aunque no existen estudios directos que constaten que mejore la producción de bellota. Sí se encuentran evidencias indirectas como las aportadas por Pulido *et al.* (2004) y Moreno *et al.* (2007) y citadas anteriormente, que indican una mayor producción de bellota en dehesas cultivadas y pastoreadas. Normalmente el cultivo lleva asociado una fertilización orgánica y/o mineral y el pastoreo aporta un enriquecimiento del suelo en nutrientes también a través de las deyecciones de los animales.

Un pastoreo intenso tiene efectos negativos en la regeneración de la arboleda, no sólo por consumo directo de semillas y plantas sino que al aumentar la compactación del suelo en

superficie dificulta el contacto suelo-bellota necesario para la germinación y la penetración de la radícula, y aumenta la escorrentía superficial (Fernández Rebollo *et al.*, 2004). No existen sin embargo datos que avalen que la mayor intensificación del pastoreo reduzca la producción de bellota (Huntsinger *et al.*, 1991) más allá de propiciar unas condiciones tan drásticas que den lugar a un rápido decaimiento y muerte del arbolado.

Plagas y enfermedades de la encina

Las plagas y enfermedades son el cuarto grupo de factores extrínsecos que se han establecido, y que por su propia naturaleza se encuentran estrechamente relacionados con los factores climáticos. Dentro de ellos vamos a considerar dos tipos: en primer lugar patógenos primarios que son aquellos capaces de producir una pérdida importante de vigor al arbolado y ser causantes de su muerte, y patógenos secundarios que son aquellos que afectan a la producción aunque no suelen producir pérdidas de vigor y no son capaces de matar al árbol. Entre los primeros hay que citar a todos aquellos agentes bióticos implicados en lo que se conoce como decaimiento de los *Quercus*. Cabe destacar a patógenos de raíz como el hongo *Pythium* spp y especialmente a *Phytophthora cinnamomi*, que, hoy por hoy es la principal enfermedad que afecta a las dehesas del suroeste español, y hongos causantes de chancros de tronco y ramas como, diversas especies del género *Botryosphaeria* (Sánchez *et al.*, 2008). Estos agentes provocan decaimiento crónico o muerte del individuo con el consiguiente perjuicio para la producción de semillas. Otro agente capaz de causar la muerte es la bacteria *Brenneria quercina* productora de chancros sangrantes, y que tiene un efecto directo y cuantificado sobre la producción ya que provoca exudaciones en ramas, tronco y bellotas pudiendo reducir la cosecha hasta en un 40% (Navarro y Fernández, 2000).

Entre las plagas consideradas patógenos primarios, habría que destacar a los insectos perforadores de tronco (*Cerambyx* spp., *Coroebus* spp., etc.) aunque no existe constancia que provoquen directa o indirectamente pérdidas en la producción (Fernández de Córdoba, 2008). En cuanto a los patógenos secundarios que afectan a la producción encontramos básicamente plagas. Podemos clasificarlas en vegetativas si atacan a brotes jóvenes, hojas e inflorescencias, y reproductivas si afectan a frutos. Dentro de las vegetativas, destacamos la lagarta verde (*Tortrix viridiana* L.) cuyas orugas comen hojas tiernas y brotes de primavera que son los portadores del futuro fruto, en algunos casos se han cuantificado pérdidas de producción de más del 40% (Vázquez, 1998b); *Lymantria dispar* L. (lagarta peluda), *Catocala nymphagoga*, (agrimensora) y otras que provocan graves defoliaciones (Fernández

de Córdoba, 2008). Plagas como el mosquito de las agallas (*Driomyia lichtenstein*) o algunas especies de pulgones (*Myzocallis pictus*, *Myzocallis komareki*, *Thelaxes suberi* y *Lachnus roboris*) son un problema menor pues tienen una influencia muy reducida sobre la producción de bellota (Fernández de Córdoba, 2008)

Las plagas reproductivas no afectan tanto a la producción como las anteriores; quizá su mayor efecto estriba en reducir la viabilidad de la semilla y adelantar la diseminación de la bellota. Las más importantes son el gorgojo de las bellotas (*Curculio elephas*) y la polilla *Cydia fagiglandana*.. Ambas ponen sus huevos en las bellotas, y las larvas se desarrollan dentro de la semilla hasta alcanzar su madurez que coincide con la maduración y caída del fruto. El porcentaje de bellotas afectadas es muy variable, oscilando entre el 10 y el 85 % (Soria *et al.*, 1999; Vázquez, 1998b; Bonilla y Arias, 2000 y 2001; Fernández de Córdoba, 2008); aunque Vázquez (1998b) llega a cuantificar en algunas dehesas extremeñas ataques por *Curculio elephas* y *Cydia fagiglandana* en un grado que alcanza al 100% de las bellotas. Éste se incrementa con otoños tempranos y lluviosos, ya que estas condiciones favorecen el desarrollo de las poblaciones de insectos. Estos ataques no supondrían un problema tan grave si las bellotas pudieran ser consumidas por el ganado (Vázquez, 1998b) pero las perforaciones que ocasionan los minadores al abandonar el fruto son una vía de entrada al interior de la bellota tanto de humedad como de hongos que provocan pudrición y rechazo por parte del ganado especialmente el porcino (Bonilla, 2001). Además al consumir las sustancias de reserva de las semillas hacen que se pierda capacidad de germinación y vigor en la plántula.

La forma y tamaño de la bellota de encina en la dehesa. Factores influyentes.

El tamaño de la semilla está considerado como uno de los rasgos vegetales de mayor relevancia ecológica ocupando un lugar prioritario en la ecología de las plantas (Leishman *et al.*, 2000; Garrido *et al.*, 2005), al estar asociado tanto con la capacidad de las especies de dispersarse y establecerse, como con características vegetativas como la forma de crecimiento y la altura (Leishman *et al.*, 2000; Willson y Traveset, 2000; Garrido *et al.*, 2005). A pesar de esto, existe una importante variabilidad achacable a la variación de las condiciones ambientales (Gutterman, 1992; Garrido *et al.*, 2005), el momento de la polinización y la duración del ciclo vegetativo y reproductivo (Jordano, 1993, Sakai y Sakai, 1996) o los patrones de adjudicación de recursos que la planta hace a cada una de sus estructuras jerárquicas (Gutterman, 1992; Vaughton y Ramsey, 1998; Garrido *et al.*, 2005). Así el tamaño del fruto puede aumentar si éste se sitúa en las zonas centrales de la panícula para especies como *Rumex crispus* y *Oryza sativa*, o en brotes centrales respecto a brotes laterales para el caso del girasol (Harper *et al.*, 1970).

Diferentes autores señalan a la duración del periodo vegetativo como la principal fuente de variación del tamaño de la bellota a nivel individual. Así, Aizen y Woodcock (1992) Díaz-Fernández *et al.* (2004), y Díaz (2000), indican que cuando se registra el mayor adelanto en la brotación y floración, se producen las cosechas de frutos con mayor tamaño. Esta correspondencia directa del tamaño de la bellota con la duración del periodo de crecimiento de los árboles ha sido señalada con anterioridad para otras especies de *Quercus* (Baker, 1972; Jensen, 1993). Todas estas relaciones estarían en consonancia con la teoría de la concordancia de recursos pues el tamaño evoluciona en paralelo a los recursos disponibles (Montesinos, 2007). Unas brotaciones más tempranas, y por tanto una mayor duración del periodo de crecimiento permite brotaciones mayores y por tanto mayores superficies foliares, mayor capacidad fotosintética y mayor cantidad de nutrientes en hojas que luego serán movilizadas hacia la bellota.

La importante cuantía de las variaciones en el tamaño de la semilla dentro de una planta también radica en la dependencia del tamaño de dos variables, el número de semillas que la planta determina producir y la cantidad de recursos disponibles. Aunque la planta posee una relativa capacidad de mantener el tamaño y peso de la semilla modificando el número de las mismas, la variación en la cantidad de recursos ambientales una vez que esta variable ha sido determinada puede hacer necesaria una modificación en el tamaño de las semillas. Así,

uno de los costes de oportunidad más asumidos en ecología es el existente entre número y tamaño de las semillas (Smith y Fretwell 1974; Jakobsson y Eriksson, 2000). A pesar de esto, trabajos como los de Silvertown (1989) y Venable (1992), indican que no siempre existe una correlación negativa entre estas dos variables ya que si existe una cantidad adecuada de recursos, podrá obtenerse un mayor número de semillas y de mayor tamaño.

Diferentes autores como Smith y Fretwell (1974) y McGinley y Charnov (1988) indican que la situación óptima sería que toda la semilla de la que dispone una planta presentara idénticas características, fruto de un reparto equitativo de los recursos que dispone, priorizando la mayor cantidad posible de semillas de gran tamaño. Las semillas con estas características dispondrían de importantes ventajas para la supervivencia ya que presentan una mejor capacidad competitiva (Geritz et al., 1999), protección frente a heladas (Ramos, 2002), mayor eje embrionario y mayor vigor (Ramos, 2002), mayor tasa de germinación (McGinley y Charnov, 1988; Tecklin y McCreary, 1991; Ramos, 2002; Gómez, 2004), mayor sincronía en la emergencia de las plantas (Gómez 2004), mayor capacidad de rebrote y resistencia a la herbivoría (Bonfil, 1998), mayor tamaño del tallo y mayor desarrollo radical (Tecklin y McCreary, 1991; Andersson y Frost, 1996; Frost *et al.*, 1997; Hachemi Merouani *et al.*, 2000; Karrfalt, 2003), mayor resistencia a la sequía y a limitaciones en nutrientes (Baker, 1972; Silvertown, 1989; Seiwa *et al.*, 2002; Gomez 2004).

Sin embargo las plantas son incapaces de proveer a las semillas de la misma cantidad de recursos, ni de producir semillas de un único tamaño óptimo (Smith y Fretwell, 1974, McGinley y Charnov, 1988; Garrido *et al.*, 2005). Así, la existencia de esta variabilidad sería inconsistente con la teoría que habla de una fuerte selección direccional hacia semillas de tamaños grandes por las ventajas que presentan. Es por ello que distintos estudios (Harper *et al.*, 1970; Leishman *et al.*, 2000; Gómez, 2004; Garrido *et al.*, 2005) hablan de que la variación en el tamaño de la semilla dentro de la planta puede tener un carácter adaptativo, y surgir como consecuencia de la existencia de presiones selectivas en distinta dirección como serían la predación, la dispersión y la capacidad de establecimiento. Así grandes cosechas de semillas de menor tamaño pueden incrementar la dispersión (Baker 1972; Parciak, 2002; Díaz *et al.*, 2003; Gómez, 2004), pues las semillas más pequeñas y en mayor número pueden potencialmente dispersarse mejor, y si las condiciones ambientales no son drásticas establecerse relativamente bien. En contraste, cosechas de baja cuantía con semillas de mayor tamaño se dispersan peor pero pueden establecerse mejor si las condiciones de establecimiento son peores.

Esta línea estaría en conflicto con las probabilidades de escapar a la predación, pues es evidente que semillas más pequeñas tienen más posibilidades de eludirla, por lo que si se analiza la totalidad del ciclo reproductivo, una semilla más pequeña puede tener mayores posibilidades de establecerse (Gómez, 2004). La variación de la cuantía de la cosecha entre años también puede favorecer a un tipo de semillas frente a otras, pues en años de alta producción podría favorecerse un mayor porcentaje de supervivencia para semillas grandes, por el simple hecho de que habría un mayor número de las mismas, y en años de bajas cosechas es evidente que la semilla grande va a ser mayoritariamente consumida. Lógicamente la presión selectiva se inclinará hacia aquel lado más ventajoso para la totalidad del ciclo reproductivo y esto va a depender mucho de las condiciones ambientales que variarán más o menos en función de las características y condiciones del ecosistema en estudio (Parciak, 2002).

La meteorología

La morfología del fruto, dependiente de una gran cantidad de factores que interaccionan entre sí, no queda al margen de la influencia de los factores meteorológicos (Leishman *et al.*, 2000). Entre los factores meteorológicos más importantes que determinan el tamaño del fruto estaría la precipitación acaecida durante la primavera (Wolf, 1986; Montoya, 1988) y la precipitación acumulada hasta la fecha del inicio de la montanera (Vázquez, 1998b; Díaz, 2000). Otro factor muy determinante del tamaño de la semilla es la ocurrencia de lluvias en el inicio del otoño, pues es evidente que sin humedad no existe posibilidad de desarrollo del fruto y se produce la caída masiva del mismo. A todos estos resultados habría que unir los trabajos realizados en dehesas de Huelva por Alejano *et al.* (2008) que encontraron diferencias significativas en el tamaño de las bellotas entre años, y éste se correlacionó positivamente con la cantidad de agua caída. La escasez de precipitaciones no sólo influye en el tamaño del fruto sino en la forma y simetría del mismo. Hodar (2002) y Díaz y Moller (2003) indican que las condiciones de estrés a las cuales pudiera estar sometido el árbol durante el periodo de desarrollo de la semilla afectan a la forma del fruto indicando que la sequía es una de las variables causantes de las modificaciones y asimetrías de hojas y frutos. Lógicamente, el grado de afectación por distintos tipos de estrés depende mucho también del estado sanitario del árbol, características genéticas, adaptación al medio, etc.

Durante el verano se producen las fases iniciales del desarrollo de los frutos. Sork (1993), Pérez-Laorga *et al.* (1998) y Díaz-Fernández *et al.* (2004) indican una fuerte

afectación del tamaño por veranos excesivamente cálidos ya que la mayor o menor carestía de agua, va a reflejarse en el tamaño final del fruto. Los cambios bruscos de temperatura de finales de verano y principios de otoño como los propiciados por tormentas provocan una recuperación en la actividad del árbol y un flujo intenso de savia que en las zonas más frágiles de inserción del árbol como son el contacto semilla-árbol, provocan grietas por las que fluye la savia y podrían propiciar el desprendimiento prematuro del fruto y/o su maduración parcial (Vázquez *et al.*, 2000)

La relación negativa entre altas temperaturas durante inicios del otoño con el tamaño del fruto se justifica pues está constatado que otoños con temperaturas medias altas aceleran el ciclo biológico de perforadores (Vázquez *et al.*, 1990; Soria *et al.*, 1999; Bonilla y Arias, 2001; Xiaodong *et al.*, 2003), y por tanto se produce más caída de bellota inmadura. Las heladas durante el proceso de maduración del fruto, disminuyen el tamaño y peso de los mismos al provocar su caída de forma prematura (Gea *et al.*, 2006). En cambio los inicios de otoño (mes de octubre) con unas temperaturas medias mínimas suaves propician frutos de mayor tamaño ya que es indicativo de ausencia de heladas, y mayor periodo de desarrollo del fruto (Sork *et al.*, 1993; Díaz, 2000; López-Carrasco *et al.*, 2007). La ocurrencia de inviernos más cálidos y suaves aumenta la duración del periodo durante el que se produce la maduración final del fruto, y permite llevar a término esta fase para aquellas semillas que presentan un desarrollo más atrasado.

Características ecológicas del medio

Distintos estudios indican que el tamaño de la bellota parece estar negativamente correlacionado con la continentalidad. Así por ejemplo, Matsuda *et al.* (1986) observó que en climas secos (< 600 mm anuales) se encuentran bellotas más grandes que en climas húmedos (>700 mm anuales), aunque éste señala que la componente genética tiene más fuerza que las variables ecológicas. En el mismo sentido se expresa Rafia *et al.* (1991) que encuentran bellotas de mayor tamaño en zonas xéricas, de la Península ibérica, frente a zonas más húmedas de Italia. La reducción en el tamaño de la bellota podría responder a la menor duración y mayor frialdad de la estación de crecimiento como ha sido citado en otras especies de *Quercus* (Aizen y Woodcock, 1992; Díaz-Fernández *et al.*, 2004).

El tamaño y la morfología de la bellota también parecen estar afectados por la fisiografía y textura del suelo. Así Álvarez *et al.* (2002) encuentran mayores pesos de bellota en llanuras más ricas en materia orgánica y más fértiles (3.81 g) frente a laderas con una

fertilidad más baja (3.12 g). Otros autores como Fernández *et al.* (2004), indican diferencias en cuanto al peso según el tipo de suelo, encontrando que el peso medio es mayor en suelos graníticos que pizarrosos (5,8 g frente a 5,0 g).

Gestión de la dehesa

Gestión de la espesura. La densidad

Aunque no existen estudios realizados sobre dehesas Milla *et al.* (2002), compararon el peso de la bellota para diferentes densidades de arbolado en carrascales aragoneses de *Q. ilex* subsp *ilex* del noreste español, encontrando que en zonas densas el peso medio obtenido fue de 0,8 g/bellota frente al 2,9 g/bellota en zonas abiertas. Este hecho estaría ligado a que aquellas zonas mejor iluminadas pueden acumular una mayor cantidad de carbohidratos lo que a su vez propicia fructificaciones más abundantes, duraderas y de mayor calidad (Nuzzo *et al.*, 1999; Pastor y Humanes, 2000, Gea *et al.*, 2006). Son numerosos los estudios que informan de la influencia de una mayor iluminación en la obtención de cosechas más tempranas, abundantes y de mayor calibre (Westwood, 1982; Gil Albert, 1991; Pastor y Humanes, 2000; Razeto y Díaz de Valdés, 2001) en cultivos leñosos, aunque estos efectos no son tan evidentes cuando examinamos sistemas forestales (Drake, 1991; Johnson, 1994; Peter y Harrington 2002; Bellocq *et al.*, 2005; Lombardo y McCarthy, 2008; Alejano *et al.*, 2011). Así Pastor y Humanes (2000), en olivo encuentran que los frutos de mayor peso y riqueza en aceite se sitúan en las partes altas y exteriores de al copa del árbol y los de menor calidad en las partes interiores, y Cañellas (1992) analizando la producción y morfología en un alcornocal encuentra diferencias entre orientaciones y posiciones dentro de la copa. Alejano *et al.* (2011) encuentran que la bellota con un mayor peso es la que se encuentra en la zona sur de la copa del árbol.

Gestión de la forma del árbol. Las podas

Los efectos de la poda sobre la morfología del fruto se han puesto de manifiesto en distintos trabajos principalmente sobre cultivos leñosos. Uno de los efectos de la poda sobre el fruto es el aumento de su peso, longitud y grosor (Harper *et al.*, 1970; García-Ortiz *et al.*, 1996; Porras, 1998; Razeto y Díaz de Valdés, 2001) debido a la mayor cantidad de recursos que dispone el árbol al disminuir la cantidad de biomasa que es necesario mantener, y

principalmente a la reducción de botones florales, lo que permite una mayor cantidad de asimilados por fruto. Sin embargo, la cuantía de este aumento no sólo depende del número de semillas entre las que habría que distribuir el total, sino de la cantidad total de recursos de los que dispone el árbol. Así, el aumento del tamaño no es de la misma magnitud si la poda se realiza durante un ciclo de altas producciones o un ciclo de bajas producciones, ya que la cantidad de recursos del árbol son distintos. Este hecho es puesto de manifiesto por Venable (1992) quien en especies de *Quercus*, observa un aumento en el tamaño de los frutos acompañado a su vez por un aumento de la producción tras la poda; mientras que otros autores como Porras (1999), Costa y Vizzotto (2000), Razeto y Díaz de Valdés (2001) y Davarynejad *et al.* (2008) encuentran que el aumento en el tamaño va acompañado de una disminución en la producción. Otros estudios como los realizados por Álvarez *et al.* (2004), y Alejano *et al.* (2006), sobre *Quercus* no encuentran diferencias significativas entre el calibre de fruto de árboles podados y el de árboles no podados. Autores como Harper *et al.* (1970) en haba, Razeto y Díaz de Valdés (2001) en chirimoya, y Davarynejad *et al.* (2008) en cerezo, indican que el efecto de la poda sobre la cuantía y calidad de la producción depende del momento fenológico de realización de la misma.

En frutales se detecta una relación negativa entre el grosor y peso frente al ratio longitud/grosor, en los primeros años tras la poda (García-Ortiz *et al.*, 1996; Florensa y Solé, 1996; Costa y Vizzotto, 2000; Pastor y Humanes, 2000; Razeto y Díaz de Valdés, 2001; Avanza *et al.*, 2005; Perez Mohedano, 2005; Davarynejad *et al.*, 2008), lo que indica que ésta tiende a aumentar el tamaño, calibre y achatamiento de los frutos. Es por ello que los estudios realizados sobre cultivos leñosos citan su influencia positiva sobre la calidad de la fruta. Los efectos de la poda sobre la morfología del fruto en árboles forestales, son sin embargo efímeros y poco consistentes, lo que es achacable a la heterogeneidad del material con el que se trabaja, a la variabilidad de las producciones y a la gran cantidad de factores ambientales que inciden sobre su evolución, que impide la obtención de resultados más concluyentes a diferencia de lo que ocurre en especies cultivadas (Florensa y Solé, 1996; Perez Mohedano, 2005; Belloq *et al.*, 2005; Annicchiarico *et al.*, 2006; Gunasekera *et al.*, 2006; Lombardo y Mccarthy, 2008).

Plagas y enfermedades de la encina

Las principales plagas que afectan al tamaño de la bellota serían las provocadas por los llamados fitófagos perforadores de bellota, *Cydia* spp (Lepidoptera, *Tortricidae*) y *Curculio*

elephas (Coleoptera, *Curculionidae*). Sus larvas se alimentan y desarrollan dentro de los frutos de quercíneas y castaños. En la encina (*Q. ilex*) esta actividad larvaria provoca una caída prematura y una disminución en el peso y tamaño de las bellotas, además de incrementar la humedad, pudriciones y pérdida de calidad en el fruto afectado. Así Soria *et al.* (1996) encuentran que las bellotas sanas presentan un peso mayor que aquellas afectadas ($3,73 \text{ g} \pm 2,10 \text{ g}$ frente a $2,99 \text{ g} \pm 1,79 \text{ g}$). Vázquez (1998) indica pérdidas de peso húmedo del 57%. La tasa de germinación también se reduce en bellotas infectadas alcanzando el 25% de no germinadas frente al 2,6% en bellotas sanas. Aunque de manera más indirecta, también las plagas que inciden sobre los brotes y hojas del árbol pueden afectar al tamaño de la bellota ya que disminuyen la cantidad de recursos que almacena y que puede producir el árbol (fotosintatos). Este último aspecto se encuentra desarrollado en el apartado relacionado con la productividad de bellota.

La composición química de la bellota de encina en la dehesa. Factores influyentes

Las semillas son óvulos maduros de los cuales, de darse las condiciones oportunas nacerán nuevas plantas. Se forman en el ovario que a su vez se desarrolla hasta formar el fruto, que es la estructura encargada de proteger a las semillas y asegurar su dispersión. En el caso de las bellotas el fruto queda reducido al pericarpio o cáscara externa.

En la bellota fresca la relación pulpa/cáscara ronda los valores de 5,3, suponiendo ésta última un 15,5 % del peso total (de Blas *et al.*, 1999). Si se incluye la cáscara, la bellota resulta un alimento que presenta grandes cantidades de fibra y taninos lo que la hace poco digestible y proclive a causar trastornos digestivos al ganado. Vázquez y Ariza (1969) indican que la relación pulpa/cáscara no varía entre subespecies de encina, habiendo encontrado para *Quercus ilex ilex* un 15,8% de cáscara y para *Quercus ilex ballota* un 15,5%. Tampoco se detectan diferencias significativas entre especies para este parámetro, pues en la encina la cáscara representa un 18,45% del peso total, en el quejigo un 17,08% y en el alcornoque un 18,88% (Fernández *et al.*, 2004). Este parámetro no parece ser tampoco fijo durante la montanera pues Penco (1995) y Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) indican que decrece conforme avanza el periodo de montanera desde valores de 19 en la primera quincena de noviembre hasta valores de 3,8 en la segunda quincena de diciembre según el primer autor. Sin embargo Fernández *et al.* (2004) no encuentran diferencias significativas para esta variable entre bellotas maduras e inmaduras.

La pulpa de las bellotas incluye una cubierta o testa de consistencia membranosa y más o menos pelosa, dos cotiledones de gran tamaño que incluyen al endospermo donde se acumulan gran cantidad de reservas, y el embrión. Su composición química englobaría a un conjunto de compuestos de almacenamiento que está presente en grandes cantidades (carbohidratos, lípidos o proteínas) y por otro lado a componentes relacionados con la maquinaria bioquímica encargada de las transformaciones de las sustancias de reserva y compuestos secundarios que juegan distintos papeles en la biología de las semillas como serían inhibidores de la germinación, alcaloides, etc. (Besnier, 1989).

La humedad supone entre el 40%-60% del total de la bellota decorticada y entera (De Blas *et al.*, 1999; Vázquez *et al.*, 2001) aunque su contenido varía mucho dependiendo de la meteorología, estado sanitario y periodo de la montanera considerado. Así, en plena montanera con una humedad ambiental entre el 70-100% de saturación, la humedad de la bellota oscila entre el 50-65%, mientras que si la humedad ambiental se encuentra por debajo del 50% la humedad de la bellota puede descender por debajo del 30% (Vázquez *et al.*, 2001). En cualquier caso, diferentes autores como Bonner y Vozzo (1987), Sánchez (2002) y Tejerina *et al.* (2010) observan que el porcentaje de humedad en la pulpa desciende a medida que se desarrolla la montanera, ya que posteriormente a la maduración la semilla pierde paulatinamente agua. El estado sanitario puede incrementar notablemente el contenido en humedad de la bellota ya que en semillas atacadas por perforadores la humedad puede alcanzar valores superiores al 75% (Vázquez *et al.*, 2001) favoreciendo la ocurrencia de pudriciones.

Los hidratos de carbono constituyen el principal componente nutritivo de la bellota, suponiendo la principal forma de reserva de energía. Dentro de ellos el almidón es el principal representante suponiendo alrededor del 62% de la materia seca total (Almeida *et al.*, 1992; Fernández *et al.*, 2005). Durante la germinación los granos de almidón son degradados a glucosa y así son movilizados para su utilización. Otros hidratos de carbono que se pueden encontrar en las semillas son azúcares libres como glucosa o sacarosa que pueden suponer entre el 4,7% (Fernández *et al.*, 2005) al 11,2 % (Almeida *et al.*, 1992). La pared celular, especialmente la de las células del pericarpio y del embrión pueden considerarse como un compartimento extra de almacenaje de carbohidratos que posteriormente son utilizados durante la germinación (Besnier, 1989; Perisse, 2002). Según Bonner y Vozzo (1987), los contenidos en azúcares solubles disminuyen desde el inicio del periodo de diseminación hasta el final mientras que el almidón aumenta, preparándose para su función principal que es utilizarse en la germinación. Sin embargo si analizamos el periodo de premontanera, los contenidos de

azúcares y almidón se incrementan en función del grado de madurez de la bellota pasando de un 9% y un 39% respectivamente en septiembre a un 13% y un 57% en noviembre (Almeida *et al.*, 1992).

El almacenamiento de los lípidos en las semillas no es tan general como el de las sustancias hidrocarbonadas y nitrogenadas puesto que los lípidos simplemente sustituyen al almidón como fuente de energía. Sin embargo respecto a otros tejidos vegetales sobresaldría la gran cantidad de lípidos existente en las semillas (Perisse, 2002). Los lípidos están presentes principalmente en forma de triglicéridos, en su mayoría del tipo no saturado aunque también existen fosfolípidos y glucolípidos, localizados generalmente en forma de organelos subcelulares (Besnier, 1989). Constituyen la forma de reserva de energía más eficiente ya que los carbonos en los ácidos grasos están más reducidos que en los hidratos de carbono y por tanto la oxidación de los lípidos libera el doble de energía. Además las grasas y carbohidratos retienen agua y protegen a las semillas de la desecación y bajas temperaturas por lo que suelen ser características de especies que viven en entornos xéricos y con semillas difíciles de desecar (Vázquez, 1998).

La bellota es un alimento rico en grasa con contenidos que oscilan entre el 4% (Fernández *et al.*, 2005) y los 13,7% (Aparicio, 1987) sobre sustancia seca. Sus contenidos aumentan desde el inicio del periodo de diseminación hasta el final, en paralelo al proceso que experimentan los carbohidratos de reserva. En general el porcentaje de grasa en bellota de encina (7,2%-16,5% sobre materia fresca) es superior al encontrado en otras especies como alcornoque (4,6-8,6%) y quejigo (4,1-7,6%) (Vázquez, 1998; Fernández *et al.*, 2004). El ambiente también parece tener una cierta influencia sobre los contenidos en grasa. Aunque no se cuenta con trabajos realizados en bellota, bastantes autores indican que altas temperaturas durante la fase de llenado aumentan los contenidos en grasa (Harris *et al.*, 1978; Dornbos y Mullen, 1992; Herrero *et al.*, 1999; Edwards *et al.*, 2010). Por el contrario, la ocurrencia de sequías y estrés hídrico especialmente durante esta fase redundan en una disminución del contenido en grasas y azúcares y un aumento en el contenido en proteínas (Sinclair, 1976; Salado-Navarro *et al.*, 1985; Geiger y Wen-Jang, 1988; Dornbos y Mullen, 1992, Yaniv *et al.*, 1995; Moyeja, 1997; Edwards *et al.*, 2010). La explicación parece radicar en que altas tasas de removilización de nitrógeno de las hojas a las semillas adelantan la senescencia y disminuyen la longitud del periodo de llenado en la semilla (Sprent, 1976; Oliker *et al.*, 1978; Molleja, 1997). Este aumento en la tasa de acumulación de proteínas, se compensa con un ritmo más lento de acumulación de grasa y otros componentes (Rotundo *et al.*, 2009; Edwards *et al.*, 2010). El estado sanitario también puede influir en el contenido en grasa de la bellota

pues bellotas atacadas por *Curculio* presentan una menor cantidad de grasa (Vázquez, 1998; López-Carrasco *et al.*, 2004; Daza *et al.*, 2007)

La alimentación del cerdo Ibérico es el factor más influyente sobre la calidad final de su carne y grasa, dado que existe una relación directa entre la alimentación que ingiere y la composición de la misma (Ramos, 2003). En el cerdo, los lípidos consumidos son incorporados a los depósitos grasos sin sufrir prácticamente modificaciones (De Pedro *et al.*, 2002), mientras que en los rumiantes las bacterias presentes en su sistema digestivo saturan los ácidos grasos insaturados, generando cantidades elevadas de ácidos palmítico y esteárico (Ortiz y Maciá, 2001 en Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008). Así la alimentación en régimen de montanera, dará lugar a animales en los que su grasa posee un perfil de ácidos grasos similar al de la bellota. La principal característica de la grasa de la bellota es su elevado contenido en ácido oleico (C18:1) que, en general, sobrepasa el 60% pero que puede bajar hasta el 53,6% y alcanzar el 70,6% (Vázquez *et al.*, 2001; Fernández *et al.*, 2005; López-Carrasco *et al.*, 2005). A continuación le sigue el ácido linoleico (C18:2) con unos valores medios entre el 16%- 18% pero que puede alcanzar mínimos de 12% y máximos del 21% (Vázquez *et al.*, 2001; Fernández *et al.*, 2005; López-Carrasco *et al.*, 2005; Daza *et al.*, 2007). El tercer ácido graso en importancia es el palmítico (C16:0) con unos valores medios que oscilan del 12 al 15% pero que pueden alcanzar mínimos de 10,7% (Vázquez *et al.*, 2001) y máximos del 20,6% (López-Carrasco *et al.*, 2005). El cuarto ácido graso en importancia es el esteárico (C18:0) que presenta unos valores medios comprendidos entre el 3%-4% pero con mínimos de 0,6% (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2004) y máximos de 4,9% (Fernández *et al.*, 2005). El ácido linolénico (C18:3) presenta porcentajes en torno al 1% (De Blas *et al.*, 1999) con mínimos de 0,1% y máximos de 2,4% (Ramos *et al.*, 1964; Fernández *et al.*, 2005). El consumo de bellotas y pasto en montanera provoca un perfil de ácidos grasos en el cerdo Ibérico difícil de predecir a priori ya que pueden producirse diferentes transformaciones bioquímicas en función de la composición de la bellota y el pasto, que como se ha ido viendo no presentan valores fijos. Así y por poner un ejemplo, en dietas ricas en linolénico como sería la alimentación a base de pasto, no se produce un incremento en este ácido sino en ácido oleico, sin embargo dietas ricas en linoleico como sería la alimentación con bellota provocan un mayor depósito de esteárico y menor de oleico y palmítico (Aparicio, 1987; Aparicio, 1992). Es por ello que limitar los controles de calidad y de alimentación al perfil de ácidos grasos en el momento del sacrificio, supone una abstracción excesivamente simplista (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008).

En menor porcentaje encontraríamos los ácidos aráquico (C20:0) y gadoleico (C20:1) con unos porcentajes del 0,4% y 0,5% respectivamente (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2005). Por último y como ácidos más minoritarios encontraríamos al ácido palmitoleico (C16:1) para el que se citan unos contenidos en bellota del 0,1-0,3% (Gago, 1989; Vázquez *et al.*, 2001; Fernández *et al.*, 2005), el ácido mirístico (C14:0) con unos contenidos del 0,05-0,12% (Vázquez *et al.*, 2001), el ácido margárico (C17:0) con unos contenidos medios del 0,14% (Gago, 1989), y el ácido margaroleico (C17:1) con unos contenidos del 0,1% (Tejeda *et al.*, 2002). Para el resto de ácidos como son el C12:0 (ácido láurico) y el C15:0 los porcentajes son inferiores al 0,1% existiendo escasa bibliografía al respecto (Cava *et al.*, 1997; Daza *et al.*, 2007). Según López-Bote *et al.* (1999) en la hierba existe un mayor porcentaje de ácido linolénico (44,9%), y palmítico (15,6%) y menores de linoleico (11,8%), oleico (9,4%) y esteárico (2,0%) que en la bellota.

El perfil de ácidos grasos en bellota difiere en función de la especie de *Quercus* analizada. La bellota de alcornoque presenta valores superiores a la de encina y quejigo en ácidos linolénico y oleico, y la de encina presenta valores superiores de esteárico y palmítico, siendo el contenido en oleico muy parecido al que presenta el alcornoque (Vázquez, 1998). También se han encontrado diferencias zonales en función del tipo de suelo para los ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico (Fernández *et al.* 2005). Así se encuentra un menor contenido en oleico en suelos de sustrato granítico frente a pizarroso, mientras que encontramos un menor contenido en linoleico, linolénico y palmítico en suelos de sustrato pizarroso frente a granítico. Las variaciones entre árboles son importantes para los cinco ácidos más importantes (Sánchez, 2002; Fernández *et al.*, 2005) y también existen fuertes diferencias entre años para los contenidos en ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico (López-Carrasco *et al.*, 2005). El desarrollo de la montanera es un factor que también influye en el perfil de ácidos grasos aunque no de la misma manera cada año (López-Carrasco *et al.*, 2005; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009; Tejerina *et al.*, 2011).

Los ataques de las plagas afectan a los contenidos en ácidos grasos, indicando López-Carrasco *et al.* (2004), que en las bellotas maduras atacadas por *Curculio*, se reduce en un 20,9% el contenido graso de la pulpa, y se origina un depósito de grasa subcutánea con menor nivel de ácido oleico y de ácidos grasos monoinsaturados, y mayor nivel de ácido esteárico y de ácidos grasos saturados, que en los cerdos alimentados con bellotas sanas (Daza *et al.*, 2007). La meteorología también puede influir sobre el perfil de ácidos grasos. Así Harris *et al.* (1978) y Dornbos y Mullen (1992) indican que el estrés por altas temperaturas en verano parece ser el responsable de alteraciones en la composición de la grasa de la semilla de girasol

y soja, causando una marcada reducción de los porcentajes en ácido linoleico y linolénico y un aumento en los contenidos de ácido oleico. López-Carrasco *et al.* (2004), sin embargo, no encuentran efecto de las heladas sobre la calidad de la bellota aunque sí sobre su peso.

Las proteínas existentes en las semillas presentan una mayor variabilidad de clases que las sustancias hidrocarbonadas. Se almacenan como cuerpos proteicos sólidos pudiendo tratarse de a) proteínas enzimáticas (metabólicamente activas), que suelen formar parte de los compuestos nitrogenados insolubles de las cubiertas o proteínas de reserva y b) proteínas de reserva que se encuentran en los cotiledones, capa más externa del endospermo (capa de aleurona) y en todo el endospermo rodeando a los gránulos de almidón, y que tienen la función de ser degradadas a aminoácidos durante la germinación (Besnier, 1989; Perisse, 2002).

La bellota es considerada un alimento no proteico, por su bajo contenido en proteína. Contiene alrededor de un 5% sobre sustancia seca (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008), con mínimos de 3,6% y máximos de 10,5% (Fernández *et al.*, 2005), de la que un 39% es soluble y un 65% degradable en el rumen (De Blas *et al.*, 1999). De Blas *et al.* (1999) indican que el coeficiente de digestibilidad de la proteína de la bellota es del 82% para los rumiantes y de 75% para el porcino, debido a que aproximadamente un 25% de la misma se encuentra ligada a la pared celular lo que reduce su digestibilidad en especies no rumiantes.

El porcentaje de proteína en bellota de encina es inferior al encontrado en otras especies como alcornoque (6,1-8,5%) (Aparicio, 1987; Rodríguez Estévez *et al.*, 2008) y ambos a su vez contienen una cantidad inferior a la encontrada en el quejigo (7,0%-8%) (Fernández *et al.*, 2004; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008). El estado sanitario puede influir en el contenido en proteína de la bellota encontrando Daza *et al.* (2007), una mayor cantidad de proteína en bellotas atacadas por *Curculio*, aunque López-Carrasco *et al.* (2004) no encuentran diferencias significativas entre bellotas sanas y atacadas en este aspecto.

Aunque la bellota es un alimento pobre en proteína, presenta un perfil de aminoácidos con alta variabilidad y diferencias al nivel de especie (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008). Así la bellota aporta gran cantidad de aminoácidos esenciales: metionina (0,06%), cistina (0,09%), triptófano (0,08%), y en mayor porcentaje treonina (0,26%) y lisina (0,21%) (De Blas *et al.*, 1999). La treonina es uno de los nueve aminoácidos esenciales para los animales superiores, siendo frecuentemente el tercer aminoácido limitante, después de lisina y metionina en dietas de porcino (De Blas *et al.*, 2000)

En el análisis de alimentos se conoce con el nombre de cenizas al conjunto de minerales que no arden ni se evaporan. La bellota contiene un alto contenido de macrominerales como potasio, calcio, fósforo y magnesio, y microminerales como hierro y

cobre (De Blas *et al.*, 1999; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008). La mayoría de elementos minerales en las semillas se acumulan en los granos de aleurona y cuerpos proteicos, aunque en el caso del fósforo también puede estar ligado a azúcares (Besnier, 1989). Para bellota de encina decorticada el porcentaje de cenizas expresado sobre sustancia seca se encuentra entre el 1,2% (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2004) y 2,5% (Cava *et al.*, 1997). Los contenidos de cenizas en otras especies de *Quercus* como quejigo y alcornoque suelen ser superiores a los encontrados en encina (Cañellas *et al.*, 2003; Fernández *et al.*, 2004) con un 2,6% y un 2,5% respectivamente. El estado sanitario parece influir también en el contenido en cenizas de la bellota encontrando una mayor cantidad en bellotas atacadas por *Curculio* aunque las diferencias son pequeñas y no tienen apenas importancia (López-Carrasco *et al.*, 2004).

Aunque la bellota con cáscara tiene un apreciable contenido en fibra (25% según De Blas *et al.*, 1999), la bellota decorticada resulta un alimento pobre en este elemento con valores que oscilan entre el 1% aportado por López-Carrasco *et al.* (2005) al 7% aportado por Cava *et al.* (1997). El contenido de fibra en pulpa para otras especies resulta similar aportando autores como Cañellas *et al.* (2003) un 1,7% para quejigo, y un 1,8% para alcornoque. En cambio sí se detectan variaciones en los contenidos en fibra entre tipos de suelo (Fernández *et al.*, 2005).

Dos de los componentes que afectan a la digestibilidad de la bellota de *Q. ilex* son los taninos y la lignina que respectivamente suponen un 4,3% y un 2,0% de la materia seca de la pulpa y un 8,5% y un 30,4% de la materia seca de la cáscara (Morales *et al.*, 2002 en Rodríguez Estévez *et al.*, 2008). A su vez, en la bellota encontramos dos tipos de taninos: taninos condensados o no hidrolizables que suponen la menor parte y que se concentran en la cáscara (1,3% en la cáscara y 0,1% en la pulpa) y taninos hidrolizables que se encuentran en una proporción de 6,5% en la cáscara y 4,2% en la pulpa (Ramírez *et al.*, 1983; Rodríguez Estévez *et al.*, 2008). El contenido de taninos totales es mayor en las bellotas inmaduras, debido a una mayor presencia de taninos hidrolizables (Frutos *et al.*, 2005). A medida que transcurre la montanera y como consecuencia de un incremento de contenido de humedad en los cotiledones, el contenido de taninos disminuye, pues parte de las proteínas se solubilizan pasando de un 10% de taninos en septiembre a un 4% en noviembre (Almeida, 1992), y de un 14,3% a mediados de noviembre a un 8,4% a finales de enero (Tejerina *et al.*, 2011). La cantidad de taninos es mayor en especies como el quejigo y el alcornoque que en la encina y se incrementa al aumentar la relación pulpa/cáscara, que a su vez es mayor en bellotas grandes que en pequeñas. Este aumento en la cantidad de taninos en bellotas de mayor tamaño

se debe al aumento en la cantidad de taninos hidrolizables, principalmente en la pulpa ((Ramírez *et al.*, 1983).

Otros compuesto presente en la bellota e interesante de reseñar sería la vitamina E en forma de isómeros alfa y gamma tocoferol. El isómero alfa es más abundante en el pasto, mientras que el isómero gamma se encuentra en mayores concentraciones en la bellota (López-Carrasco *et al.*, 2011). Los tocoferoles son un grupo de antioxidantes potentes y su acumulación en los tejidos les confiere a estos una mayor estabilidad frente a la oxidación lipídica. Su interés también radica en que los contenidos de estos isómeros varían para cerdos engordados a base de pienso o a base de bellota y pasto, e incluso según el tiempo o engorde en extensivo, por lo que podrían utilizarse como elemento discriminante (Rey *et al.*, 2007). Algunos trabajos (Cantos *et al.*, 2003; Tejerina *et al.*, 2011) indican la relación que existe entre la cantidad de polifenoles, taninos y γ -tocopherol en la bellota, lo que redundaría en una alta resistencia al enranciamiento para los productos de los animales que hayan sido cebados con esta materia prima.

Según De Blas *et al.* (1999) la bellota fresca entera tendría un valor energético de 1730 Kcal/kg, y Fernández *et al.* (2005) en bellota seca indican valores medios de 4705 Kcal/kg. Varela *et al.* (1965) indican que los nutrientes digestibles totales se estiman en un 87,05% para la bellota de encina, y Aparicio (1992) encuentra valores energéticos de 3,57 Kcal/kg de materia seca y un 93,45% de nutrientes digestibles totales.

Espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS)

La tecnología NIRS o espectroscopía en el infrarrojo cercano es una técnica de análisis basada en la proyección de un haz de energía perteneciente a la región del espectro electromagnético comprendido entre las longitudes de onda de 700 y 2500 nanómetros sobre la muestra. Ésta, en función de su composición y de la naturaleza de los enlaces presentes en sus moléculas, realizará una absorción selectiva de energía y reflejará otra determinada cantidad, la cual será cuantificada por unos receptores (Benito *et al.*, 2001). La absorción de energía por parte de la materia obedece a la ley de Lambert-Beer según la cual cuando una radiación electromagnética de longitud de onda definida incide sobre una sustancia, la fracción de la radiación absorbida es una función de la concentración de la sustancia en la trayectoria de la luz y del espesor de la muestra (Alomar, 1998 y Cozzolino, 1998, citados por Cozzolino, 2002).

La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) tiene su origen en 1939 pero no fue usada con fines analíticos hasta 1954 (Garrido *et al.*, 2000). Desde la década de los setenta se emplea en la industria agroalimentaria, farmacéutica, petroquímica, etc., como alternativa a los métodos químicos y químico-biológicos tradicionales pues es una técnica rápida, no destructiva ni contaminante, con un bajo coste por muestra, sencillez de manejo, precisión similar a la del método de referencia, y nula o escasa preparación de la muestra para su análisis, entre otras ventajas.

Entre sus inconvenientes estarían en primer lugar el manejo de una gran cantidad de datos espectrales, parte de los cuales son redundantes debido a solapamientos de las bandas de absorbancia, aspecto éste que se resuelve empleando algoritmos matemáticos para la síntesis de datos (Garrido *et al.*, 2000). Un segundo inconveniente lo constituiría la necesidad de mantener un paso óptico constante, para tratar de minimizar los fenómenos de radiación dispersa (“scatter”), lo que hace necesario el uso de una molienda muy fina para conseguir un tamaño de partícula pequeño y uniforme. Este aspecto se ha resuelto en parte con instrumentos NIRS dotados de módulos de análisis y cápsulas que utilizan ventanas ópticas de gran superficie y que permiten el análisis de producto intacto (Wetzel, 2001), aunque en algunos casos, y debido a la poca preparación previa que la muestra requiere antes de ser analizada, la falta de homogeneidad puede dificultar la obtención de buenos resultados. Sin embargo la principal limitación de la metodología NIRS es que debe ser calibrada con el método convencional usado como referencia, y de ahí la importancia que tiene la calidad del dato analítico en la obtención de unas medidas espectroscópicas con la precisión adecuada (Garrido *et al.*, 2000).

Un aspecto importante de la tecnología NIRS es la posibilidad de abordar el análisis de varios constituyentes desde dos perspectivas diferentes: como análisis cuantitativo o/y cualitativo. Así, esta técnica se puede utilizar para determinar la composición química de un producto, es decir, su contenido en humedad, grasa, proteína, carbohidratos, etc., y permite además la determinación de propiedades físicas, parámetros sensoriales, y otras características de muy variada naturaleza (variedad, lugar de origen de la muestra, etc.). El análisis cuantitativo se basa en relacionar matemáticamente los datos espectrales generados por el instrumento NIRS con los valores químicos o biológicos obtenidos por el método de referencia (Windham *et al.*, 1989), mientras que el análisis cualitativo relaciona una determinada característica con la información espectral mediante un algoritmo.

Actualmente el análisis cuantitativo está ampliamente extendido para predicción de composición química aunque es el análisis cualitativo el que presenta las mayores

perspectivas de desarrollo debido a su rapidez para clasificar muestras, a sus aplicaciones concretas en la detección de fraudes y autenticidad de productos, y en su uso como técnica no destructiva a nivel de la línea de producción (Portal, 1999)

Aplicaciones de la tecnología NIRS al análisis de productos agroforestales

La aplicación de la tecnología de análisis NIRS al ámbito de la agricultura, ganadería y al forestal es especialmente idónea debido a que los productos agroforestales presentan una gran variabilidad y suelen ser perecederos, por lo que las características de la técnica de análisis NIRS, como fiabilidad y rapidez, unido a que no es una técnica destructiva, la hacen más apropiada que las técnicas de análisis tradicional.

No existen demasiados trabajos que hayan profundizado en las posibilidades del análisis de la composición química de la bellota a través de la tecnología NIRS (de Pedro *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2005; Carbonero *et al.*, 2006), aspecto de interés si tenemos en cuenta las evidencias existentes en cuanto a la influencia de factores como el árbol, el año, la fecha de recogida, meteorología, zonas, etc., sobre la cuantía de la cosecha y la calidad. Son características todas ellas que hacen que se trate de un producto cuya heterogeneidad requiere de un amplio muestreo, lo que lo hace especialmente atractivo para este tipo de metodología. A ese alto grado de variación que presenta la composición química del producto, habría que unir el que la bellota constituye el alimento básico para el último tercio del ciclo de producción del cerdo Ibérico, y que por tanto su influencia sobre la calidad del mismo es primordial. De hecho la metodología NIRS sí está siendo utilizada para analizar la composición de la grasa del cerdo ibérico y como herramienta discriminante del cebo en cerdo a base de diferentes tipos de alimentación con unos buenos resultados (de Pedro *et al.*, 1997; de Pedro, 2000). La tecnología NIRS aporta altas correlaciones entre los datos predichos NIRS para humedad, grasa, fibra, cenizas y proteínas en piensos molidos e intactos, no encontrando diferencias apenas entre los resultados obtenidos para los dos tipos de preparaciones (Garrido *et al.*, 2003).

Velasco *et al.* (1999b) encuentran coeficientes de determinación superiores a 0,95 para predicción de grasa y humedad en semillas intactas de *Brassicaceae*. En aceituna intacta que es un producto con cierta similitud con la bellota por su alto contenido en grasa y humedad, Cayuela *et al.* (2009) encuentran un R^2 superior a 0,85 para grasa y humedad, y León *et al.* (2003) encuentran un R^2 superior a 0,80 para los mismos parámetros. Núñez *et al.* (2005) en pasta de aceituna encuentran coeficientes de determinación superiores a 0,95 para humedad y

grasa, y para De Pedro *et al.* (2001) en grasa de cerdo ibérico los coeficientes de determinación en ambos parámetros superan los valores de 0,90.

También se encuentran buenos resultados en semillas de cereales molidas e intactas para el parámetro proteína (Garrido *et al.*, 2003). Sin embargo Williams (1975) y Flinn y Murray (1992) encuentran en avena un alto error típico de predicción para la proteína debido a la dificultad de preparación de muestras homogéneas al tener un alto porcentaje de cáscara y grasa. Esa misma problemática aparece en la bellota pues la molienda incluye además de la pulpa a la testa o cubierta, lo que junto con el alto porcentaje en grasa provoca la formación de grumos y dificulta la obtención de una molienda fina y homogénea.

La determinación de la fibra tiene su complejidad pues este componente no se corresponde con una entidad molecular definida sino con determinaciones empíricas que por tanto no permiten definir los grupos químicos reales involucrados. Sin embargo Cozzolino (2002), aporta coeficientes de determinación por encima de 0,80 en muestras de alimentos aunque también obtiene errores de predicción bastante altos. Garrido *et al.* (2003), encuentran coeficientes de determinación superiores a 0,95 y errores de validación cruzada inferiores a 0,6 en muestras de pienso analizado en forma molida e intacta. Y Williams (2001), afirma que el NIRS puede predecir fibra con seguridad en un amplio espectro de productos.

Las cenizas son otro componente complicado de estimar vía NIRS ya que las sustancias inorgánicas y los minerales no poseen absorción en la región del infrarrojo. Sin embargo los minerales y otros elementos inorgánicos pueden estar asociados a la estructura orgánica bajo la forma de óxidos, quelatos u otros complejos que indirectamente pueden ser estimados por el NIRS (Cozzolino, 2002). De hecho Garrido *et al.* (2003), encuentran coeficientes de determinación superiores a 0,85 en piensos presentados de forma molida e intacta y errores inferiores a 0,75. Cozzolino (2002) en muestras de alimentos encuentra coeficientes de determinación de 0,92 y errores de 1,03.

El análisis cuantitativo de ácidos grasos presenta la dificultad de que es el mismo grupo molecular (-CH₂-) el que absorbe la radiación NIRS, y que existen ácidos como el linoleico y linolénico con una gran similitud en su modelo de absorción (Ramos, 2003). Sin embargo Sato *et al.* (1995), en semillas de girasol enteras y descascarilladas encuentran unos altos coeficientes de correlación ($r^2 > 0,95$). También encuentran buenos resultados Velasco *et al.* (1999a), en semillas de girasol ($r^2 > 0,85$) para ácido oleico (C18:1) y linoleico (C18:2), y en semillas de colza intactas para las que obtienen coeficientes de determinación superiores a 0,75 salvo para los ácidos esteárico (C18:0) y gadoleico (C20:1). También León *et al.* (2003),

en aceituna fresca e intacta obtienen coeficientes de determinación superiores a 0,75 para los ácidos oleico (C18:1) y linoleico (C18:2). De Pedro *et al.* (1997) obtiene unos mejores resultados en grasa fundida de cerdo ibérico con coeficientes de determinación superiores a 0,80 para los ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) y linoleico (C18:2).

La alta humedad que presenta la bellota constituye otra problemática a añadir a los altos contenidos en grasa y a los restos de cubierta, ya que el agua es un gran absorbente en el infrarrojo, lo que dificulta la medida de otros constituyentes, particularmente aquellos que se encuentran en bajo porcentaje (Fernández de Ahumada, 2004). En opinión de Isaksson *et al.* (2000), la problemática causada por productos de alta humedad se explica porque el agua está fuertemente asociada a polímeros orgánicos mediante enlaces de hidrógeno muy débiles, y por tanto muy sensibles a variaciones en la temperatura, presencia de otros iones, etc.

La tecnología NIRS ha sido ampliamente usada para análisis de almidón, ya que los métodos tradicionales son demasiado laboriosos y caros, y pueden presentar importantes variaciones entre laboratorios debido a la complejidad del procedimiento (Orman y Schumann, 1991; Hong *et al.*, 1996; Bao *et al.*, 2001). Por citar algunos ejemplos, Orman y Schumann (1991), encontraron coeficientes de determinación superiores a 0,70 y errores similares a los métodos de referencia en maíz molido. En arroz molido Bao *et al.* (2001), encontraron coeficientes de determinación de 0,91, y Delwiche *et al.* (1996), valores de 0,82. Hong *et al.* (1996), en trigo sarraceno obtienen coeficientes de determinación superiores a 0,93 y errores similares a los errores de los métodos de referencia y Hartmann y Pfaue (1998), en pulpa de patata encontraron valores para el coeficiente de determinación de 0,93. El NIRS ha sido también una metodología muy empleada para la predicción del contenido en azúcares en frutas y hortalizas tanto de forma intacta como en formas de presentación que implican la destrucción de la muestra. Así Kwang *et al.* (1996), midieron el contenido en azúcares en manzana intacta con unos resultados de $r^2=0,95$ y $ETVC=0,33$. Tongming *et al.* (2000), en trabajos realizados sobre diferentes frutas y hortalizas intactas (pepino, tomate, col y manzana) concluyeron que el nivel de exactitud para la predicción de azúcares totales, glucosa, etc., comparada con los métodos químicos tradicionales era satisfactoria para el análisis de rutina. En algunos casos como el de la zanahoria y para la determinación de determinados parámetros (glucosa y fructosa) se hacía necesario la retirada de parte del tejido superficial (Schultz *et al.*, 1998). Goula y Adamopoulos (2003) realizaron predicciones de azúcares en zumo de tomate con resultados para el coeficiente de variación superiores a 0,95 y errores de predicción inferiores a 0,1.

MÉTODOS GENERALES

La zona de trabajo

El trabajo se realizó en la finca Navalpaloma localizada al nordeste de la provincia de Córdoba en la comarca de Los Pedroches, y situada a una altitud de 780 m, siendo sus coordenadas $38^{\circ} 16' N$, $40^{\circ} 23' O$ (figura 1). Desde el punto de vista bioclimático (Rivas-Martínez, 1987) la finca se encuentra en el piso mesomediterráneo, lo que implica unas temperaturas medias anuales entre $13^{\circ} C$ y $17^{\circ} C$ ($15,8^{\circ} C$ de media en el periodo analizado) y un índice de termicidad de 210 a 350. El periodo de actividad vegetal es de 9 a 11 meses, lo que significa que durante esos meses la temperatura media supera los $7,5^{\circ} C$, por ser esta temperatura considerada como límite para que se produzca dicha actividad. La precipitación media anual es de 753,3 mm con un máximo de 105,6 mm en diciembre, aunque en el periodo analizado siempre nos encontramos por debajo de esta cifra. El periodo de sequía es muy marcado, sobre todo en los meses de junio, julio y agosto.

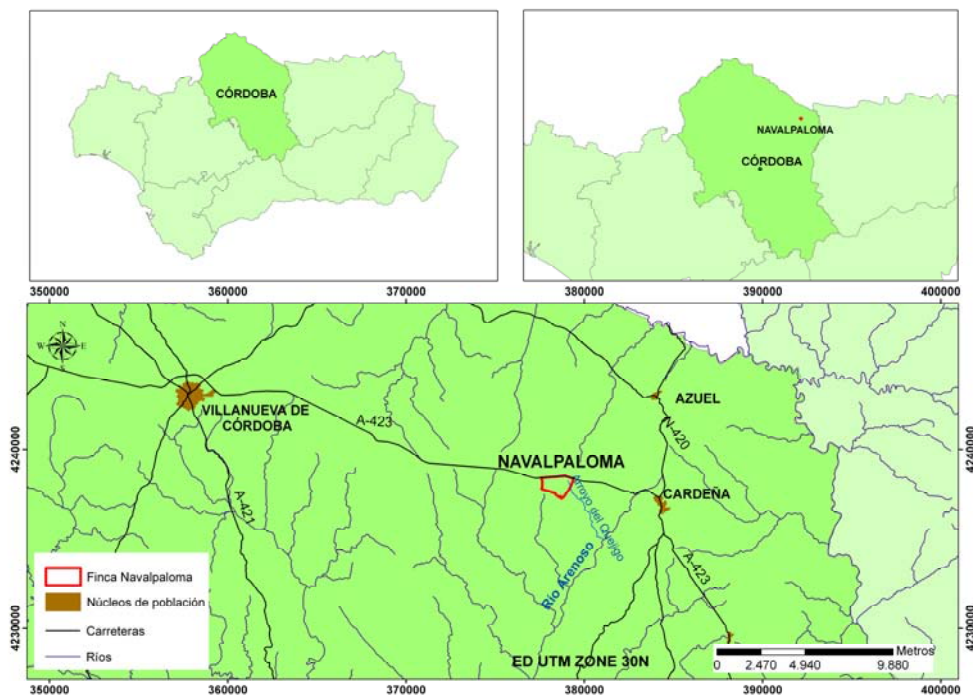


Figura 1. Localización de la finca Navalpaloma en la provincia de Córdoba.

Las figuras 2 y 3 muestran los valores medios mensuales para las temperaturas y precipitaciones durante los seis años que ha durado el trabajo. Los datos meteorológicos corresponden a la estación de Villanueva de Córdoba, que cuenta con información diaria y que está situada a una altitud de 725 m con coordenadas $38^{\circ} 19' N$ y $4^{\circ} 37' O$. La consulta de datos de carácter más cualitativo, como la ocurrencia de fenómenos de carácter drástico,

granizo, fuertes vientos e intensidad de las lluvias se realizó en el Boletín semanal de Información Agraria que edita la Junta de Andalucía y mediante entrevistas quincenales a las personas que se encargan de la gestión de la explotación.

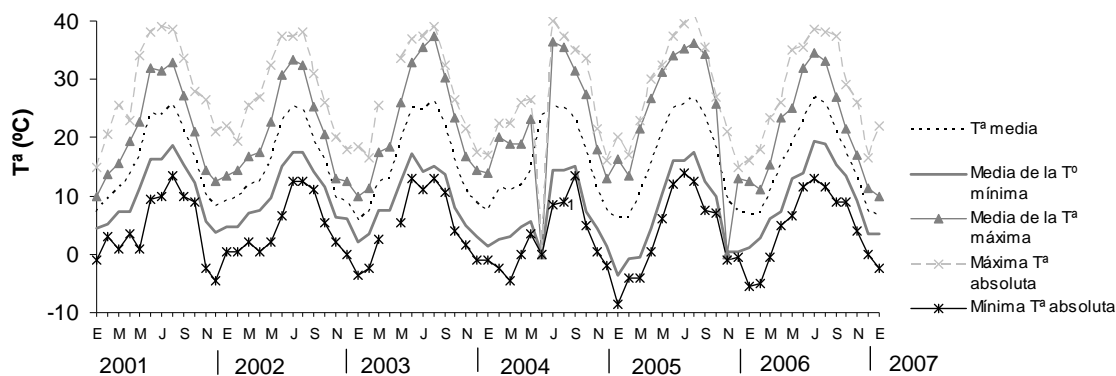


Figura 2. Temperatura media, temperatura media de las mínimas y máximas, y temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas mensualmente durante 2001-2007 en la estación meteorológica de Villanueva de Córdoba.

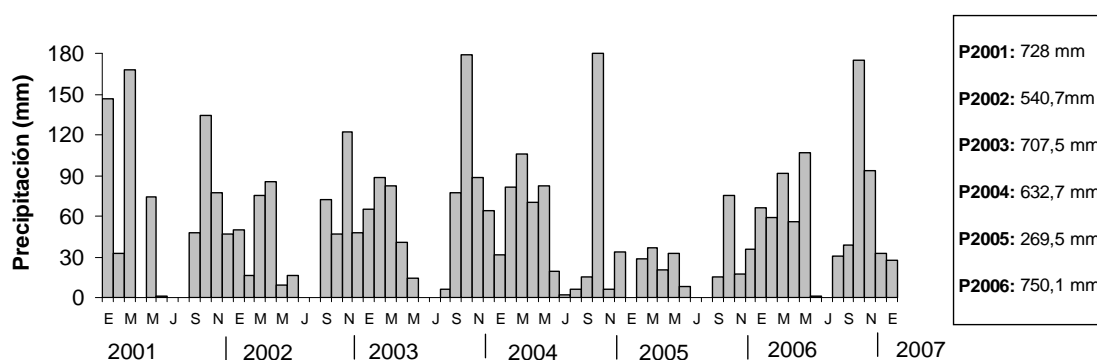


Figura 3. Precipitación mensual y anual registrada durante 2001-2007 en la estación meteorológica de Villanueva de Córdoba.

De este periodo 2001-2006, habría que destacar el año 2005 por su prolongada sequía y por presentar las mayores temperaturas medias, pero también las temperaturas máximas y mínimas absolutas más extremas. Los registros medios anuales salvo para el 2005, son similares aunque las diferencias entre estaciones y especialmente entre montaneras (octubre a enero) y premontaneras (septiembre) son más acusadas. Así, las tres primeras montaneras (2001/02, 2002/03 y 2003/04), destacan por la ausencia de fenómenos meteorológicos drásticos; es decir, son montaneras en las que las lluvias comienzan temprano (entre septiembre y octubre), las temperaturas mínimas no registran heladas hasta el mes de enero, y durante todo el invierno se producen lluvias de manera más o menos abundante. La montanera 2002/03 se caracteriza por el temprano inicio de las lluvias, a principios de septiembre, altas

temperaturas otoñales y fuertes vientos durante el mes de noviembre. Para las montaneras 2004/05 y 2005/06 las lluvias otoñales se retrasaron hasta finales de octubre siendo bastante escasas durante el otoño e invierno de la primera. Además, la montanera 2005-06 presentó una brusca bajada de temperatura a mediados de noviembre. En cambio la montanera 2006-07 se caracterizó por un otoño e invierno con lluvias continuas y temperaturas muy cálidas.

El relieve de la finca es llano, siendo su cota media de 780 m con extremos de 795 y 754 m sobre el nivel del mar. Se ubica sobre el batolito de Los Pedroches por lo que tiene unos suelos silíceos, de carácter ácido, baja fertilidad química y textura arenoso-franca. Según el Mapa de Suelos de Andalucía (CSIC-IARA, 1989) los suelos predominantes en la finca corresponderían a la unidad 38 (cambisoles principalmente), constituida por suelos de escasa profundidad desarrollados sobre granitos, gneises y otras rocas intrusivas de grano grueso, y en los que abundan los afloramientos rocosos.

Tabla 1. Descripción de un perfil de suelo situado en las proximidades de la finca Navalpaloma

| Horizonte | Descripción |
|-----------|--|
| A11 | 0-10 cm; pardo amarillento oscuro (10YR4/4), en seco; arenoso-franco; estructura migajosa, fina, débilmente desarrollada, muy friable en húmedo; frecuentes raíces, medias; reacción nula; límite gradual y plano. |
| A12 | 10-20 cm; pardo amarillento oscuro (10YR4/4), en seco; franco-arenoso; estructura migajosa, muy friable en húmedo; escasas raíces; reacción nula; límite neto y ondulado. |
| B | 20-40 cm; pardo fuerte (7.5YR5/6), en seco; franco-arenoso; estructura subangular, gruesa, moderadamente desarrollada, moderadamente friable en húmedo; reacción nula; límite neto e irregular. |
| C | 40- cm; franco-arenoso; estructura prismática, media, fuertemente desarrollada, moderadamente friable en húmedo, blando en seco; reacción nula. |

Fuente: Catálogo de suelos de Andalucía.

La vegetación actual de la finca es la correspondiente a una dehesa de encina con una densidad arbórea media de 67 pies por ha y una fracción de cabida cubierta del 33,37%. La distribución del arbolado en la finca por clases diamétricas muestra una típica distribución de dehesa madura (figura 2.7), que aún no está envejecida pero que presenta una deficiencia en las clases diamétricas menores. El matorral, compuesto por especies del género *Cistus* como la jara pringosa y el jaguarzo, así como de regenerado de encina, queda reducido a las zonas con menor profundidad de suelo, y zonas con afloramientos rocosos que dificultan el acceso al ganado bovino que pastorea la finca. Los pastos son de buena calidad, presentando una buena relación entre gramíneas y leguminosas (Cuadros, 2001).

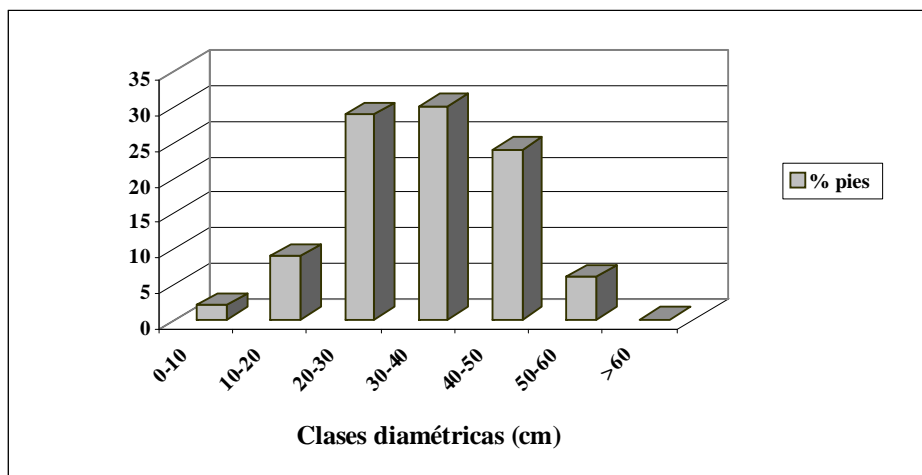


Figura 4. Distribución por clases diamétricas de la masa

El principal uso de la explotación es el ganadero, con la cría de ganado vacuno en ecológico (0,39 UGM/ha) y porcino (0,64 cerdos/ha), aunque el ganado porcino sólo permanece en la misma durante los meses de montanera en régimen de contrato de reposición. La finca está dividida en siete parcelas, realizándose el pastoreo del ganado vacuno de forma continua en cada parcela, aunque dándole periódicamente descansos a algunas parcelas. Los aprovechamientos forestales constituidos por la leña procedente de las podas son cada vez menos significativos. Actualmente, la poda de formación y de mantenimiento del arbolado es llevada a cabo por el encargado de la finca articulándose sobre la división en parcelas de la explotación y se realiza con una periodicidad de 8-9 años. El año que le toca la poda a una parcela se tratan todos los árboles de la misma. Tiene como objetivos fundamentales la formación del árbol y, la poda de mantenimiento, la limpieza de ramas enfermas y la eliminación de ramas interiores para fomentar la fructificación, según la creencia de la zona. De estas podas, el ramón es aprovechado por el ganado vacuno, se recoge la leña y, con las ramas de menor diámetro el encargado hace picón.

Elección de parcelas y árboles. Diseño muestral.

Se han elegido cinco parcelas de la explotación y en cada parcela 10 árboles. Los 10 árboles se ubicaban próximos, en zonas de orografía uniforme. Los árboles no mostraban signos debidos a plagas o enfermedades. A estos árboles se le midió la altura total, el diámetro normal (DBH), el diámetro de copa (DC), como media de tres medidas, y la profundidad de la copa. Las características morfológicas del arbolado seleccionado se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Valores medios, máximos y mínimos de altura (H), diámetro normal (DBH) y diámetro de copa (DC) de los árboles muestreados.

| Id parcela | H (m) | | | DBH (cm) | | | DC (m) | | |
|------------|-------|------|------|----------|------|------|--------|------|------|
| | Media | Máx. | Min. | Media | Máx. | Min. | Media | Máx. | Min. |
| P1 | 6,6 | 7,3 | 5,5 | 36 | 45 | 30 | 9,2 | 10,6 | 6,5 |
| P2 | 7,7 | 9,0 | 6,3 | 43 | 51 | 36 | 10,8 | 13,6 | 8,5 |
| P3 | 7,1 | 8,8 | 5,3 | 35 | 43 | 26 | 8,8 | 11,0 | 7,0 |
| P4 | 7,6 | 9,0 | 6,0 | 38 | 44 | 33 | 10,3 | 11,8 | 9,3 |
| P5 | 6,4 | 7,3 | 5,3 | 28 | 35 | 20 | 7,3 | 10,0 | 5,7 |
| Total | 7,1 | 9,0 | 5,3 | 36 | 51 | 20 | 9,3 | 13,6 | 5,7 |

Recogida y manipulación de las bellotas

La productividad de bellota se estimó utilizando una variación del método de los contenedores diseñado por Zulueta y Cañellas (Cañellas, 1992). La modificación, propuesta por Carbonero *et al.* (2002), consiste en colocar los contenedores de plástico de sección circular de 40 cm de diámetro colgados de la copa del árbol, por encima de los dos metros de altura, con el fin de evitar que el ganado bovino que pastorea la finca los alcance. En cada árbol se colocaron cuatro contenedores siguiendo la directriz Norte-Sur, dos en la cara Norte y dos en la cara Sur, uno de ellos en el exterior y el otro en el interior de la copa. La bellota caída en los contenedores se recogió quincenalmente a partir del 1 de Noviembre para los años 2001-02, 204-05 y 2006-07 y del 15 de Octubre para el resto. La figura 5 muestra la disposición de los contenedores en el árbol y la tabla 3 las distintas fechas de recogida.



Figura 5. Disposición de los contenedores en el árbol para la recogida de muestras.**Tabla 3.** Fechas de recogida de la bellota durante 2001-02 a 2006-07

| Años de muestreo | Fechas de recogida | | | | | |
|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 2001-02 | 17/11/01 | 2/12/01 | 16/12/01 | 29/12/01 | 13/01/02 | 27/01/02 |
| 2002-03 | 05/11/02 | 18/11/02 | 02/12/02 | 16/12/02 | 30/12/02 | |
| 2003-04 | 01/11/03 | 15/11/03 | 30/11/03 | 15/12/01 | 31/12/03 | 15/01/04 |
| 2004-05 | 15/11/04 | 30/11/04 | 17/12/04 | 02/01/05 | 14/01/05 | 31/01/05 |
| 2005-06 | 09/11/05 | 01/12/05 | 15/12/05 | 24/12/05 | 15/01/06 | |
| 2006-07 | 12/11/06 | 26/11/06 | 09/12/06 | 28/12/06 | 07/01/07 | 21/01/07 |

Fases de la montanera: Inicio (color blanco), mitad (color gris claro) y final (color gris oscuro).

Las bellotas recogidas en cada se guardaban en bolsas independientes identificándolas mediante el número de árbol, posición del contenedor y fecha de recogida (figura 6).

**Figura 6.** Bolsa de envasado y etiquetado de las bellotas

Una vez en el laboratorio se procedía a la limpieza de la bellota y se eliminaba el cascabillo. Se contaban las bellotas de cada contenedor y se obtenía el peso fresco total de las mismas en una balanza con una precisión de mg. Dividiendo el peso fresco total de las bellotas recogidas entre el número de bellotas se obtenía el peso medio fresco de una bellota. A continuación, se medía con un calibre digital la longitud y el grosor máximo de cada bellota (Figura 7). A partir de estos datos se obtiene la longitud media y el grosor medio de la bellota recogida en el contenedor, así como el ratio longitud/grosor según año, árbol y fecha de recogida.



Figura 7. Calibrado de la bellota

A partir de estos datos se ha calculado la productividad de cada árbol (gr bellota fresca/m², y número de bellotas/m²), teniendo en cuenta que el contenedor es circular y de 40 cm. de diámetro, estando desglosada por: año, fecha de recogida y posición en la copa. Para algunos análisis se han considerado promedios y sumas de estos datos desglosados. Así, la productividad del árbol en una fecha de recogida se ha calculado promediando la recogida en los cuatro contenedores. La productividad del árbol por sectores de copa en un año se ha calculado como la suma de la productividad en las distintas fechas de muestreo. Por último, la productividad del árbol cada año se ha calculado como la suma de los promedios de la productividad de los cuatro contenedores en las distintas fechas de muestreo.

Para la obtención de la producción (kg de bellota fresca/árbol y el número de semillas por árbol) se ha partido de la productividad y se ha tenido en cuenta la proyección de la copa de cada árbol, calculada a partir del DC y considerándola circular.

Además, se han calculado las siguientes variables:

- *Duración del periodo de diseminación de la bellota en cada árbol:* Número de días que transcurren desde la fecha de colocación del cesto o desde la última revisión previa a la recogida de la primera bellota hasta la fecha en que se recoge la última bellota de un mismo árbol.
- *Duración de la montanera:* Número de días que pasan desde que se recoge la primera semilla en un árbol hasta la fecha en que se recoge la última bellota en el último árbol.



CAPÍTULO 1. Características de la producción de bellota de encina en la dehesa. Variaciones espacio-temporales y su distribución sobre la copa del árbol.

“El hombre no tiene más que una finalidad: la de seleccionar en vistas a su propia utilidad; por el contrario, la naturaleza selecciona en vista a la utilidad del propio ser”.

(Charles Darwin. El origen de las especies)

Parcialmente publicado en :

CARBONERO MUÑOZ, M.D; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; FERNÁNDEZ RANCHAL, A. 2008. La producción de bellota en la dehesa. En: *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* (Eds.), 185-204. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba (España).

FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; CARBONERO MUÑOZ, M.D., 2008. La dehesa como hábitat natural para el Cerdo Ibérico. En: *El Cerdo Ibérico: una revisión transversal*, FORERO (Eds.), 103-133. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Fundación Caja Rural del Sur. Sevilla (España).

Introducción y objetivos

La encina manifiesta una gran variabilidad en muchos de sus caracteres (hojas, fenología, etc.), debido a su facilidad para hibridarse y a que las flores femeninas pueden ser fecundadas con el polen de muchos individuos algunos de ellos muy lejanos. En el caso de la fructificación esta variabilidad se incrementa, pues nos encontramos ante una secuencia de procesos en la que intervienen factores genéticos, ambientales y de manejo (Ramírez, 2001). Las variaciones de cada una de estas variables van a influir en la variabilidad de la fructificación formando un complejo entramado de relaciones e interacciones. De esta manera, sobre la producción inciden factores intrínsecos como la edad de la planta y factores controlados o influenciados por la genética como son el potencial de producción o la vecería, y factores extrínsecos como la meteorología, las condiciones ecológicas en las que la planta se asienta, la incidencia de plagas y enfermedades y todos aquellos ligados a la actuación del hombre (densidad del arbolado, podas, laboreos, etc.). Esto hace que la producción sea una característica tremendamente variable entre zonas, entre años e incluso entre individuos. Así, la producción de bellota en la dehesa para la encina es, en general, superior a la que se encuentra en bosques del noreste peninsular (Fernández y Carbonero, 2008) y también supera a la encontrada por diferentes autores en *Quercus* americanos (Beck, 1977). También las diferencias entre diferentes áreas de dehesa y años de muestreo son importantes.

Aunque se poseen datos de producción de bellota de encina en la dehesa desde los años 50 (Ocaña, 1947; Medina, 1956), no son frecuentes los trabajos que aborden el estudio de la evolución temporal de la producción de bellota, su distribución entre el arbolado de la dehesa y el comportamiento productivo del individuo a lo largo del tiempo, a semejanza de otros estudios realizados en *Quercus* americanos o asiáticos (Drake, 1991; Shibata *et al.*, 2002; Abrahamson y Layne, 2003). Creemos que un estudio que aborde conjuntamente y de forma integrada estas cuestiones constituiría un asunto de gran interés dada (a) la zona tan limitada de producción de bellota que existe en nuestro país y su importancia sobre la economía del sector dependiente del cerdo Ibérico (b) por el papel ecológico que la bellota cumple como alimento de la fauna silvestre y doméstica en una época donde no abundan los recursos alimenticios, y (c) por la necesidad de incrementar el conocimiento de los aspectos relacionados con los mecanismos de regeneración del arbolado en la dehesa, muchas de las cuales presentan densidades defectivas y escasez de árboles jóvenes.

Este trabajo ha pretendido caracterizar la productividad de bellota de la encina en la dehesa analizando la variabilidad espacial (diferencias entre árboles y entre sectores de copa

dentro de cada árbol) y temporal (diferencias entre años y entre fechas dentro de cada año) a partir de una serie de productividad de seis años (2001-02 a 2006-07). Los objetivos específicos han sido: i. analizar la productividad de bellota de la encina en la dehesa y su variabilidad en el espacio y en el tiempo; ii. identificar árboles con distintos patrones productivos en la dehesa; iii estudiar la vecería y la sincronía productiva del arbolado; iv. caracterizar cada año el desarrollo de la montanera analizando los patrones de diseminación del arbolado; v. estudiar la distribución de la producción de bellota por la copa del árbol.

Material y método

Zona de trabajo

La descripción del área de estudio se encuentra desarrollada en el apartado general de material y método.

Elección de árboles. Diseño muestral

La descripción de la elección de los árboles se describe en el apartado correspondiente de material y método comunes.

Recogida y manipulación de la bellota

Este apartado se encuentra desarrollado en el apartado general de material y método.

Variables consideradas y tratamiento de los datos

Se ha trabajado con la productividad recogida cada año de cada árbol (g/m²) y la producción (kg de bellota por árbol). Las diferencias entre años en la productividad y producción se han analizado mediante ANOVA unifactorial. La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Cuando los datos no cumplían estas condiciones se procedió a su transformación logarítmica. Para la formación de grupos homogéneos se ha empleado el test de Sheffé con $p < 0,05$.

Las variaciones espaciales de la productividad se han analizado cada año mediante el coeficiente de variación (CV) y se ha estudiado cada año la contribución del arbolado a la productividad total recogida mediante el ajuste a una curva logarítmica. La variación temporal de la productividad se ha analizado a partir del coeficiente de variación de la productividad de cada árbol (CV_i) y del coeficiente de variación de la productividad de la masa, considerando

la productividad media recogida cada año de los cincuenta árboles muestreados (CVM). Asimismo, se ha calculado el coeficiente de correlación de Pearson entre la productividad obtenida por cada árbol en un año y en los posteriores. Además, se han considerado otros índices que evalúan el comportamiento temporal y la vecería, que han sido calculados para cada árbol:

- El porcentaje que supone la productividad mínima respecto de la máxima recogida en el periodo de los seis años (RP).
- La bianualidad (B), o porcentaje de ocasiones en la que la variación de la productividad de un año respecto al anterior y al posterior son de distinto signo en el periodo de los seis años.
- Bimodalidad. La productividad de bellota es bimodal cuando en los árboles predominan los años de producciones altas y bajas sobre los de producciones intermedias. Para su obtención, se determinó el número de años en que la productividad individual de cada árbol se situaba en el tercio inferior, medio o superior de su rango de productividad, obtenido éste para el periodo 2001-2007. Posteriormente se realizaron comparaciones de medias relacionadas mediante el test de Wilcoxon.

La sincronía de los árboles a la hora de producir se ha analizado mediante el coeficiente de concordancia W de Kendall, considerando distintos periodos de tiempo en el análisis (desde dos hasta seis años).

La identificación de patrones de productividad en el arbolado muestreado se ha abordado por dos procedimientos. En primer lugar, los árboles fueron clasificados en función de su potencial de producción siguiendo los criterios establecidos por Healy *et al.* (1999). Estos autores consideran que los árboles con un potencial de producción alto son aquellos cuya productividad supera la productividad media de la muestra, los árboles con un potencial de producción bajo son aquellos cuya productividad es inferior al 60% de la productividad media y por último, los árboles con un potencial de producción medio son aquellos que muestran una productividad comprendida entre los dos valores anteriores. Como productividad media se ha considerado la media de la productividad obtenida durante los seis años estudiados. Además, se ha estudiado el error que se comete en dicha clasificación cuando se consideran diferentes periodos de tiempo a la hora de establecer los valores umbrales que definen las tres clases. En segundo lugar, la clasificación de los árboles según su

comportamiento productivo se abordó mediante un análisis cluster no jerárquico. Los datos de productividad se estandarizaron previamente (media cero y varianza unitaria) y se sometieron a un análisis cluster considerando como método de clasificación el algoritmo “K-means”. Mediante este procedimiento, se define previamente el número de grupos que se pretenden formar y se elige, aleatoriamente, el centro de cada grupo que se va moviendo hasta que se minimiza la variabilidad dentro de cada grupo y se maximiza la variabilidad entre grupos (Lattin *et al.*, 2003). La importancia de la productividad de cada año en la formación de los grupos se estableció a partir del análisis de la varianza, considerando el cociente de la suma de los cuadrados entre grupos y el total y el cociente de la suma de los cuadrados entre grupos en relación a la suma de los cuadrados dentro del grupo. Cocientes mayores indican mayor importancia en la definición de los grupos. La separación entre los grupos se analizó a partir del cuadrado de la distancia Euclidiana. La variación espacial y temporal de la productividad de los árboles de cada grupo, se ha analizado con los mismos índices y estadísticos usados al analizar la masa, el conjunto de todos los árboles.

La duración del periodo de diseminación de la bellota se ha comparado entre años mediante un ANOVA unifactorial, al igual que las diferencias entre grupos productivos cada año. La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Para la formación de grupos homogéneos se ha empleado el test de Tukey con $p < 0,05$. El comportamiento de los árboles en el inicio y en la finalización del periodo de diseminación de la bellota (porcentaje de los árboles que inicia o finaliza la diseminación de bellotas en el tiempo) se ha comparado entre años mediante un análisis de Kaplan-Meier. Cuando han existido diferencias en las curvas, éstas se han comparado dos a dos mediante el test de Log-Rank.

Cada año, se han estudiado las diferencias en el porcentaje de productividad recogida en cada fecha mediante ANOVA unifactorial. De igual manera, para cada fecha se ha realizado un ANOVA considerando como factor el año. La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Para la formación de grupos homogéneos se ha empleado el test de Tukey con $p < 0,05$. Considerando la variable porcentaje de la productividad recogida en cada fecha, se ha tratado de clasificar el arbolado en tardío, temprano o con producción escalonada mediante un análisis cluster no jerárquico. Cada año, los porcentajes de productividad según fechas se estandarizaron previamente (media cero y varianza unitaria) y se sometieron a un análisis cluster considerando como método de clasificación el algoritmo “K-means”. La importancia de las variables en la formación de los grupos y la separación de éstos se analizaron a partir de

los mismos estadísticos arriba indicados. Se ha analizado la consistencia de la clasificación a lo largo del tiempo.

La distribución de la productividad de bellota a lo largo de la copa se ha analizado mediante ANOVA de medidas repetidas considerando los factores orientación (norte-sur) y situación (exterior-interior) y sus interacciones. Asimismo, se ha realizado un ANOVA para cada año de dos vías.

Los programas estadísticos utilizados han sido STATISTICA v. 6.0 y SPSS v. 11.0 versión para Windows.

Resultados

Productividad de bellota. Variaciones espaciales y temporales.

La productividad media de bellota oscila entre los 84 g/m² alcanzados en la campaña 2005-06 y los 407 g/m² que se obtienen en 2003-04 (tabla 1). El análisis de la varianza (F=23,2; p<0,01) separa claramente los tres primeros años con productividades altas de los tres siguientes con productividades más bajas. La variación de la productividad entre árboles dentro de cada año es alta, oscilando el coeficiente de variación entre el 79,2% alcanzado en 2003-04 y el 122,7% del 2006-07. Existe una gran disparidad entre valores máximos y mínimos durante todos los años, aunque es especialmente alta la amplitud de rango que se detecta en la montanera 2002-03, que abarca desde los 0 a los 1713 g/m²; casualmente ésta no es la montanera con más productividad, aunque podría considerarse de cuantía alta. Todos los años se detectan pies no productores, aunque no existe ningún árbol que sea no productor de una manera definitiva. El año en que se detectan más árboles sin productividad es el 2006-07 (10%), no siendo el año en el que la productividad es mínima.

Tabla 1. Valores medios, error estándar, máximos, mínimos y mediana de la productividad de bellotas en peso fresco para los años 2001-02 a 2006-07. Para cada campaña se incluyen el porcentaje de árboles productores, porcentaje de árboles clasificados como anómalos y periféricos, y coeficiente de variación de la productividad.(n=50).

| Año | Productividad ¹ | | | | | | | |
|-------------------|----------------------------|----|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| | Media (g/m ²) | EE | Mediana (g/m ²) | Max. (g/m ²) | Min. (g/m ²) | Anómalos y periféricos (%) | Árboles productores (%) | CV (%) |
| 2001-02 | 387 b | 48 | 311 | 1.434 | 0 | 4 | 98 | 86,8 |
| 2002-03 | 316 b | 46 | 252 | 1.713 | 0 | 8 | 96 | 102,6 |
| 2003-04 | 407 b | 46 | 280 | 1.473 | 0 | 4 | 98 | 79,2 |
| 2004-05 | 166 a | 30 | 80 | 954 | 0 | 16 | 96 | 128,6 |
| 2005-06 | 84 a | 10 | 75 | 297 | 0 | 4 | 98 | 82,3 |
| 2006-07 | 149 a | 26 | 73 | 760 | 0 | 8 | 90 | 122,7 |
| Media del periodo | 252 | 23 | 203 | 645 | 2 | | 100 | 100,4 |

¹Para el ANOVA de la variable productividad se ha empleado su transformación logarítmica. Las letras minúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas según el test de Scheffe (p<0,05)

No se detectan relaciones significativas entre la productividad y el DBH ($r=0,060$; $p=0,720$), ni con el diámetro de la copa del árbol ($r=-0,120$; $p=0,343$).

En la tabla 2 pueden observarse los datos relativos a la producción de bellota resultando que ésta oscila entre los 26,9 kg/árbol del 2003-04 a los escasos 5,6 kg del 2005-

06. Los máximos encontrados van desde los 153 kg/árbol del 2002-03 a los 36,44 kg/árbol del 2005-06. Para el caso de la producción, el análisis de la varianza ($F=10,6$; $p<0,01$) encuentra dos años con producciones máximas (2001-02 y 2003-04) y un año con producciones mínimas (2005-06), encontrándose el resto en una situación intermedia.

Tabla 2. Valores medios, error estándar, máximos, mínimos y mediana de la producción de bellotas en peso fresco para las montaneras 2001-02 a 2006-07. Para cada campaña se incluyen el coeficiente de variación de la producción dentro de cada año ($n=50$).

| Año | Producción ¹ | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------|--------------|-----------|-----------|--------|
| | Media (kg) | EE | Mediana (kg) | Max. (kg) | Min. (kg) | CV (%) |
| 2001-02 | 26,329 c | 3,667 | 22,849 | 140,516 | 0 | 98 |
| 2002-03 | 21,633 bc | 3,753 | 14,546 | 153,035 | 0 | 123 |
| 2003-04 | 26,959 c | 3,181 | 18,725 | 108,753 | 0 | 83 |
| 2004-05 | 11,398 ab | 2,266 | 5,312 | 85,242 | 0 | 141 |
| 2005-06 | 5,626 a | 0,834 | 4,044 | 36,440 | 0 | 105 |
| 2006-07 | 10,119 ab | 1,952 | 4,410 | 62,922 | 0 | 136 |
| Media del periodo | 17,011 | 1,856 | 13,255 | 56,251 | 0,183 | 114 |

¹Para el ANOVA de la variable producción se ha empleado su transformación logarítmica. Las letras minúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas según el test de Scheffe ($p<0,05$)

Atendiendo a la productividad de bellota, el arbolado se comporta de manera asimétrica positiva durante todas las campañas analizadas, aunque esta tendencia es especialmente acentuada durante los años 2002-03, 2004-05 y 2006-07 (figura 1). Es por ello que consideramos interesante incluir el valor de la mediana (tabla 1) que es siempre inferior al valor de la media. En dicha tabla puede observarse que este estadístico alcanza mayores valores en 2001-02 que en 2003-04, por lo que el primero es el año con unas mayores producciones individuales, y unos valores menores en 2006-07 que en 2005-06.

Durante 2002-03, 2004-05 y 2006-07 hay un mayor número de pies con productividades alejadas de la media, y la productividad de los restantes tiende a concentrarse acusadamente en torno a un determinado valor. Así pues, aumenta el índice de curtosis o apuntamiento y existe un mayor índice de asimetría, ya que estos “valores concentración” se alejan de la media (figura 1). Como puede consultarse en la tabla 1, durante estos años se detecta una mayor presencia de casos anómalos (casos que superan al valor del tercer cuartil más 1,5 veces el rango intercuartílico de la productividad) y periféricos (casos que superan al valor del tercer cuartil más 3 veces el rango intercuartílico de la productividad). El año con mayor presencia de anómalos y periféricos es el 2004-05. Son estos los años en los que

resultaría más útil consultar la mediana si se desea tener una idea de qué productividades resultan más frecuentes entre el arbolado.

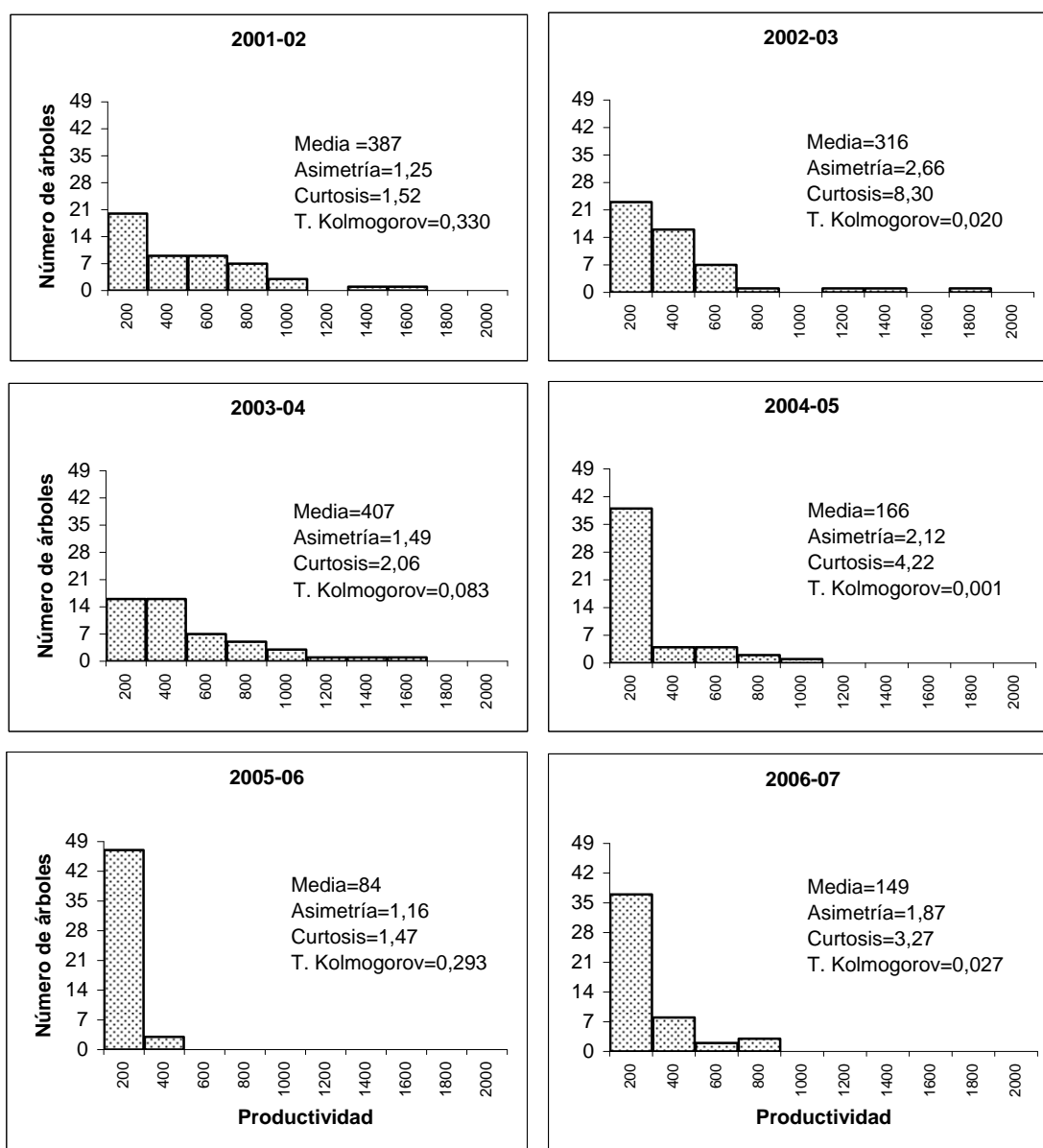


Figura 1. Histograma de la productividad de bellota (g/m^2) en peso fresco para las montaneras 2001-02 a 2006-07. Se adjuntan los valores medios, coeficientes de asimetría y curtosis, y significación obtenida por el test de Kolmogorov-Smirnov que evalúa la similitud de la distribución de los datos con una distribución normal.

La figura 2 muestra la contribución del arbolado a la productividad acumulada cada año. El 50% de la productividad acumulada la proporciona un porcentaje bajo de árboles, que oscila entre el 12%-19%. Las montaneras en que la productividad acumulada se concentra más en torno a un reducido número de encinas son la 2004-05 y 2006-07.

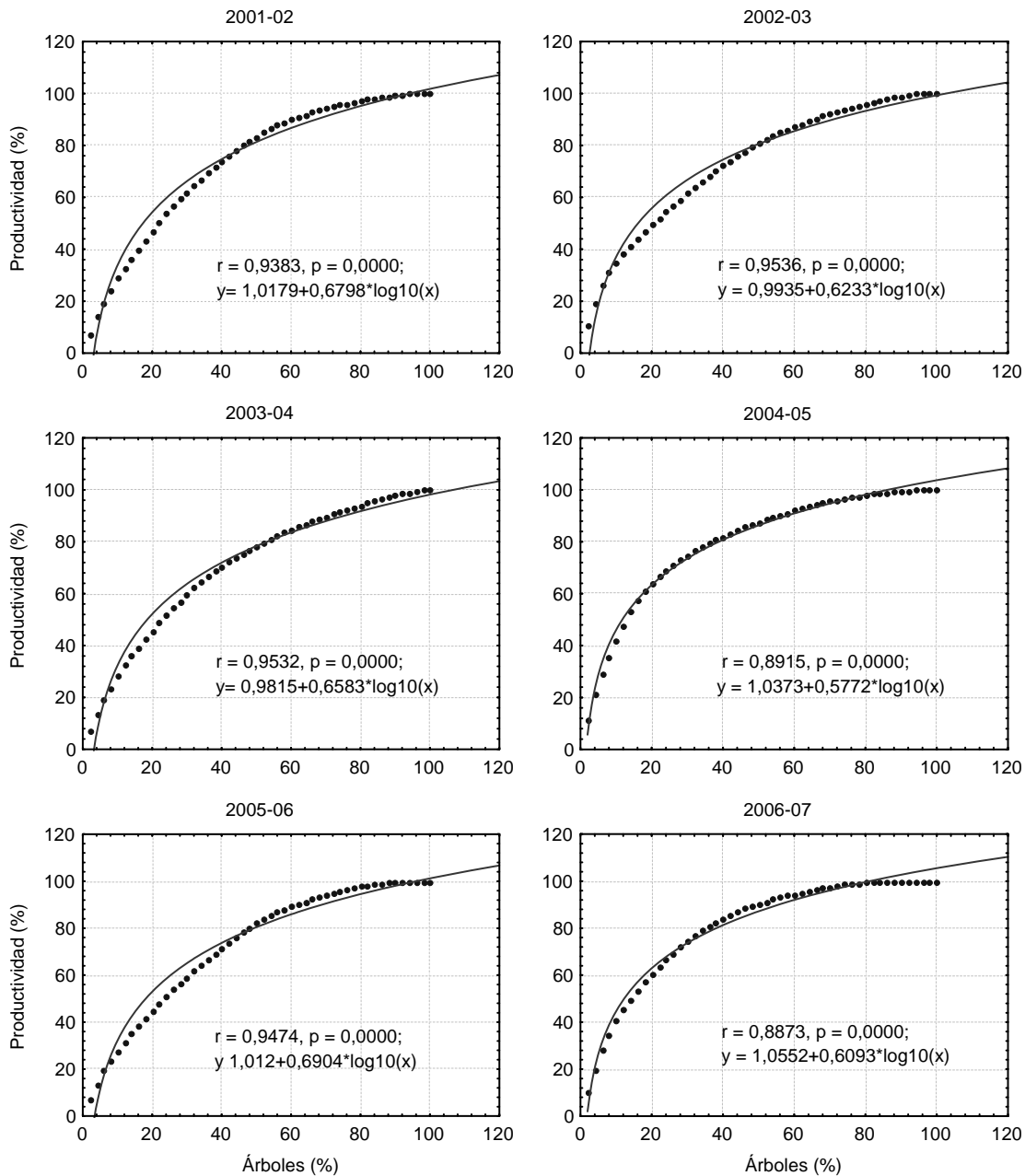


Figura 2. Contribución del arbolado a la productividad de bellota durante las montaneras 2001-02 a 2006-07.

El comportamiento del arbolado muestreado en cuanto a su productividad durante los seis años analizados se presenta en las tablas 3, 4, 5 y 6. El valor medio del coeficiente de variación individual de la productividad entre años (CVi) alcanza la cifra de 85,8% (tabla 4), cifra inferior a la media para los seis años analizados del coeficiente de variación de la productividad entre árboles (tabla 1) que alcanza el valor de 100,4%. Es decir, es menor la variabilidad de la producción encontrada en un árbol entre años que entre árboles dentro del mismo año. El análisis de las productividades medias obtenidas cada año para la masa (tabla 3), nos indica que la variación interanual es inferior (CVi = 54,2%) a la variación que experimentan los árboles (CVi = 85,8%).

El estadístico RP (porcentaje que supone la productividad mínima respecto de la máxima) alcanza un valor medio para los cincuenta árboles de $11,3\% \pm 10,8\%$.

Tabla 3. Coeficiente de variación interanual de la productividad de bellota (CVi), bianualidad de la productividad (B) y porcentaje que supone la productividad mínima respecto de la máxima (RP) junto a su desviación estándar (DE) considerando las productividades de cada árbol y año (individuo) y la productividad media anual de los cincuenta árboles (masa) para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| | Individuo | | Masa |
|---------|-----------|------|-------|
| | Media | DE | Media |
| CVi (%) | 85,8 | 32,7 | 54,2 |
| RP (%) | 11,3 | 10,8 | 20,6 |
| B (%) | 62,8 | 35,0 | 75,0 |

Datos obtenidos durante seis años (2001-02 a 2006-07)

Los resultados de la tabla 4 indican que las encinas muestran una bimodalidad significativa: predominan años con bajas productividades (3,02 de cada 6 años) y años con altas productividades (1,8 de cada 6 años) sobre años con productividades intermedias.

Tabla 4. Número de años y desviación estándar en los que la productividad individual de los árboles se encuentra en el tercio inferior, medio y superior del rango de productividad del periodo 2001-2007.

| | Tercio inferior del rango de producción | Tercio intermedio del rango de producción | Tercio superior del rango de producción |
|--------------------|---|---|---|
| Número de años en: | 3,02 \pm 1,06 | 1,18 \pm 0,85 | 1,80 \pm 0,81 |
| p* | | <0,0001 | |

*Las comparaciones estadísticas se han realizado mediante el test de Wilcoxon de comparación de pares de medias relacionadas

Si entendemos la bianualidad (B) como el porcentaje de ocasiones en las que las variaciones de productividad en un año determinado respecto al anterior y al posterior son de distinto signo, encontramos una importante presencia de la misma en los pies estudiados ($62,8 \pm 35,0\%$) (tabla 3). Cuando analizamos el comportamiento de la media de la población encontramos que B alcanza unos valores de similar magnitud (75,0%).

En la tabla 5 pueden observarse los coeficientes de correlación de Pearson entre las diferentes montaneras obteniéndose que la relación más intensa se detecta entre montaneras que distan dos años entre sí, como por ejemplo 2001-02 y 2003-04, 2002-03 y 2004-05, etc.

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre la productividad de bellota obtenida en los distintos años.

| r | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2001-02 | 0,533** | 0,850** | 0,290* | 0,643** | 0,367** |
| 2002-03 | | 0,509** | 0,596** | 0,349* | 0,483** |
| 2003-04 | | | 0,370** | 0,696** | 0,369** |
| 2004-05 | | | | 0,310* | 0,551** |
| 2005-06 | | | | | 0,228 |

* (p<0,05); ** (p<0,01)

¹Para la correlación se ha empleado la transformación logarítmica de la productividad

La sincronía entre pies la mide el coeficiente de concordancia W de Kendall, que para los seis años de estudio arroja un valor de 0,396, cifra que indica un grado de sincronía pobre entre los árboles (tabla 6). Cuando analizamos la sincronía entre años consecutivos sólo resulta significativa para el par 2003-04/2004-05, es decir, el bienio posterior al año de mayor productividad. Si analizamos los tres primeros años de productividades más altas o los tres años de productividades más bajas de forma independiente no se detecta significación en el coeficiente de Kendall.

Tabla 6. Coeficiente de concordancia W de Kendall para la productividad de bellota en diferentes periodos de muestreo.

| hasta / desde | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|----------------|---------|---------|----------------|----------------|----------------|
| 2001-02 | 0,02 | 0,041 | 0,216** | 0,410** | 0,396** |
| 2002-03 | | 0,069 | 0,333** | 0,468** | 0,408** |
| 2003-04 | | | 0,444** | 0,544** | 0,406** |
| 2004-05 | | | | 0,033 | 0,036 |
| 2005-06 | | | | | 0,058 |

* (p<0,05); ** (p<0,01)

Patrones de comportamiento productivo del arbolado

La tabla 7 muestra cómo han sido clasificados los árboles en función de su potencial de producción siguiendo los criterios establecidos por Healy *et al.* (1999). Los árboles con potencial de producción alto son los que tienen una mayor representación en la muestra analizada (40%), y su peso en la productividad total es alto (62,5%-76,1%). Los árboles con potencial de producción baja representan al 36% de la población y aportan un porcentaje muy inferior a los anteriores (10,0%-18,4%). Los árboles con un potencial de producción medio representan sólo al 24% de la muestra y aportan un porcentaje de la producción mayor que los

anteriores (14%-20,6%). El porcentaje de producción que aporta cada grupo es muy parecido en las distintas montaneras independientemente de su cuantía.

Tabla 7. Distribución del arbolado en función del potencial de producción de bellota y porcentaje de productividad que aportan al total durante los años 2001-02 a 2006-07.

| | n | Productividad aportada (%) | | | | | |
|--|----|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
| Potencial de producción bajo (Productividad < 0,6*media) | 18 | 11,1 | 17,3 | 15,4 | 12,9 | 18,4 | 10,0 |
| Potencial de producción medio (0,6*media ≤ Productividad ≤ media) | 12 | 20,6 | 20,2 | 19,5 | 18,7 | 17,1 | 14,0 |
| Potencial de producción alto (Productividad > media) | 20 | 68,3 | 62,5 | 65,1 | 68,4 | 64,5 | 76,1 |

En la figura 3 pueden consultarse las productividades medias para cada grupo. Los árboles con una capacidad alta de producción presentan una productividad media que oscila entre 135-664 g/m², para los productores medios oscila entre 60-332 g/m² y para los productores de potencialidad baja el rango se mueve entre 43 y 152 g/m². Las diferencias entre los grupos son mayores en años de productividad alta. Así en las montaneras 2001-02 y 2003-04 los árboles muy productivos difieren claramente de los clasificados como de bajo y medio potencial productivo que se parecen entre sí. En los años de productividad intermedia (2002-03 y 2004-05), los árboles con alto potencial productivo difieren del grupo de bajo potencial, y el grupo de potencial de producción media presenta características comunes. En los años de productividad baja, los árboles con alto y medio potencial productivo presentan características comunes que difieren significativamente de los pies poco productores. Así, en años muy productivos, los árboles con alta capacidad despliegan todo su potencial diferenciándose del resto, mientras que en años con escasa productividad de bellota, los pies muy productores y con potencialidad media se parecen.

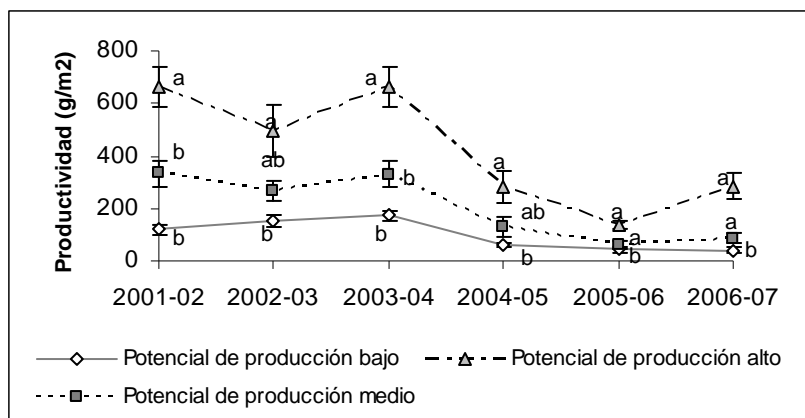


Figura 3. Productividad media de bellotas en peso fresco y error estándar obtenidos para encinas en función del potencial de producción durante 2001-02 a 2006-07. Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada año según el test de Scheffé ($p < 0,05$).

La clasificación de los árboles en función del potencial de producción depende del número de años elegidos y de si estos son años de alta o baja productividad (Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000). En la tabla 8 puede consultarse la clasificación obtenida cuando se elige un solo año o un periodo de tres años de alta producción o baja producción en vez del periodo de seis años considerado. El año que ofrece una clasificación más parecida a la clasificación realizada con los seis años, es el 2001-02 seguido de 2003-04, ambos años de producciones máximas. Los años que ofrecen peores aproximaciones son los años con una menor producción (2004-05 a 2006-07). Si en vez de elegir un año el periodo de estudio se amplía, la clasificación del arbolado en función del potencial de producción también mejora. Así, si elegimos los años 2001-2004 para clasificar al arbolado, encontramos que se clasifica correctamente al 88% del arbolado y al 95% de los pies buenos productores. Si se elige el periodo menos productivo se clasifica correctamente al 66% de los árboles y al 75% de los árboles con un alto potencial de producción.

Tabla 8. Número de árboles clasificados correctamente como potencialmente altos, medios y bajos productores utilizando diferentes periodos de tiempo.

| Periodo de tiempo utilizado | Nº árboles clasificados como de bajo potencial de producción | Nº árboles clasificados como de medio potencial de producción | Nº árboles clasificados como de alto potencial de producción | Total de árboles correctamente clasificados |
|-----------------------------|--|---|--|---|
| 2001-02 | 15 | 3 | 17 | 35 |
| 2002-03 | 14 | 2 | 13 | 29 |
| 2003-04 | 15 | 3 | 14 | 32 |
| 2004-05 | 14 | 2 | 9 | 25 |
| 2005-06 | 14 | 1 | 16 | 31 |
| 2006-07 | 15 | 2 | 13 | 30 |
| 2001-02 a 2003-04 | 16 | 9 | 19 | 44 |
| 2004-05 a 2006-07 | 16 | 2 | 15 | 33 |

Se considera como clasificación correcta la que utiliza el promedio de la productividad obtenido durante el periodo 2001-02 a 2006-07

El análisis cluster ha puesto de manifiesto tres grupos productivos entre las encinas muestreadas: grupo uno (n=5), grupo dos (n=17) y grupo tres (n=28). El análisis de la distancia entre centros de grupo (distancia euclidiana) nos indica que los grupos dos y tres son más similares ($d_{G2-G3}=1,16$) presentando el grupo uno mayores diferencias con el resto ($d_{G1-G2}=1,98$; ($d_{G1-G3}=1,82$)). Los años que más influyen de cara a definir los diferentes grupos son el 2004-05, 2002-03 y 2006-07 que separan principalmente al grupo uno (con claro patrón alternante), mientras que los años 2001-02 y 2003-04 separan a los tres grupos definidos (tabla 9 y figura 4).

Tabla 9. Cociente de la suma de cuadrados entre grupos en relación a la suma total de cuadrados (R^2) y cociente de la suma de cuadrados entre grupos en relación a la suma de cuadrados dentro del grupo ($R^2/(1-R^2)$) para la serie de productividad de seis años (2001-02 a 2006-07) que ha sido utilizada para definir los diferentes grupos.

| | R^2 | $R^2/(1-R^2)$ |
|----------------|-------|---------------|
| 2001-02 | 0,16 | 1,31 |
| 2002-03 | 0,19 | 1,97 |
| 2003-04 | 0,16 | 1,30 |
| 2004-05 | 0,19 | 2,23 |
| 2005-06 | 0,14 | 0,99 |
| 2006-07 | 0,17 | 1,51 |

Los resultados, que pueden consultarse en la figura 4 y tabla 10, nos indican que predominan los árboles con productividades medias-bajas (grupo tres), sin demasiadas oscilaciones interanuales. Este grupo alcanza la productividad máxima en el año 2003-04.

Los grupos uno y dos los integran árboles con productividades en general altas y que presentan fuertes oscilaciones bianuales (tabla 10 y figura 4), mostrando un patrón alternante. El grupo 1, que arroja los valores medios más altos, presenta máximos de productividad en el año 2002-03, aunque sucesivamente alcanza máximos secundarios los años 2004-05 y 2006-07. El grupo 2 formado también por árboles muy productivos alcanza máximos de productividad los años 2001-02 y 2003-04. La desincronización entre estos dos últimos grupos es patente, pudiendo decirse que el grupo dos presenta un patrón contraalternante en relación al grupo uno.

El 100% de los árboles incluidos dentro del grupo uno son árboles clasificados como potencialmente buenos productores y el 88% de los pertenecientes al grupo dos. El 12% de los árboles del grupo dos son árboles con un potencial de producción medio. El 64% de los árboles pertenecientes al grupo tres son árboles con bajo potencial de producción y el resto se consideran como potencial de producción medio.

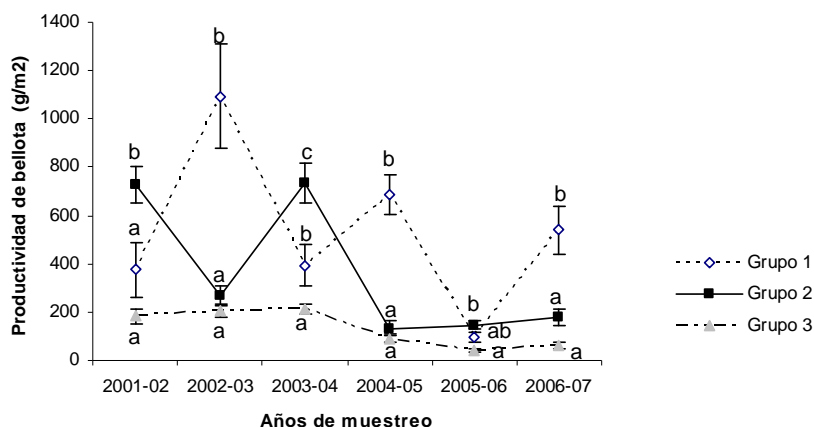


Figura 4. Productividad media de bellotas en peso fresco y error estándar para los tres grupos definidos mediante análisis cluster durante el periodo 2001-02 a 2006-07. Las barras indican los valores del error estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos para cada año según el test de Scheffe ($p < 0,05$).

Tabla 10. Valores medios, error estándar, máximos, mínimos y mediana de productividad de bellotas (g/m^2) en peso fresco durante los años 2001-02 a 2006-07 para los grupos que establece el análisis cluster. Para cada campaña se incluyen el coeficiente de variación de la productividad dentro de cada año y los coeficientes de asimetría y curtosis. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años para el análisis de la varianza realizado a cada grupo ($n=50$)¹.

| Grupo 1 | | | | | | | | |
|---------|--------|-----|---------|------|-----|--------|-----------|----------|
| Año | Media | EE | Mediana | Max | Min | CV (%) | Asimetría | Curtosis |
| 2001-02 | 374 ab | 112 | 408 | 714 | 119 | 66,7 | 0,31 | -1,34 |
| 2002-03 | 1095 b | 213 | 1156 | 1713 | 482 | 43,6 | -0,03 | -0,78 |
| 2003-04 | 394 ab | 83 | 384 | 658 | 190 | 47,0 | 0,52 | -0,61 |
| 2004-05 | 688 b | 83 | 633 | 954 | 511 | 27,0 | 0,74 | -1,08 |
| 2005-06 | 98 a | 20 | 98 | 169 | 48 | 46,1 | 1,05 | 1,82 |
| 2006-07 | 540 b | 99 | 620 | 760 | 260 | 40,9 | -0,49 | -2,50 |
| Grupo 2 | | | | | | | | |
| Año | Media | EE | Mediana | Max | Min | CV (%) | Asimetría | Curtosis |
| 2001-02 | 727 c | 75 | 692 | 1434 | 386 | 42,6 | 1,18 | 0,83 |
| 2002-03 | 270 b | 39 | 262 | 527 | 19 | 60,0 | 0,03 | -1,35 |
| 2003-04 | 733 c | 80 | 657 | 1473 | 310 | 45,1 | 0,82 | 0,15 |
| 2004-05 | 133 a | 33 | 100 | 516 | 10 | 101,3 | 1,81 | 3,34 |
| 2005-06 | 147 ab | 16 | 125 | 297 | 64 | 44,1 | 1,31 | 1,06 |
| 2006-07 | 177 ab | 36 | 126 | 493 | 3 | 82,6 | 0,87 | -0,11 |
| Grupo 3 | | | | | | | | |
| Año | Media | EE | Mediana | Max | Min | CV (%) | Asimetría | Curtosis |
| 2001-02 | 183 bc | 29 | 146 | 631 | 0 | 82,4 | 1,24 | 1,57 |
| 2002-03 | 205 c | 23 | 169 | 417 | 0 | 59,7 | 0,26 | -1,02 |
| 2003-04 | 212 c | 21 | 196 | 515 | 0 | 52,4 | 1,21 | 2,36 |
| 2004-05 | 92 b | 19 | 65 | 470 | 0 | 106,6 | 2,52 | 7,66 |
| 2005-06 | 43 a | 7 | 35 | 165 | 0 | 91,4 | 1,43 | 2,17 |
| 2006-07 | 62 a | 12 | 43 | 233 | 0 | 105,5 | 1,15 | 0,47 |

¹Para el ANOVA de la variable productividad se ha empleado su transformación logarítmica. Las letras minúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas según el test de Scheffe ($p < 0,05$)

Las tablas 11, 12 y 13 explican el comportamiento productivo a lo largo del tiempo del arbolado incluido en cada grupo. El valor medio del coeficiente de variación individual de la productividad entre años (CVi) es alto para los tres grupos, aunque ligeramente más bajo para los árboles del grupo uno (tabla 11). De hecho, el arbolado del grupo uno no presenta un comportamiento bimodal pues no se encuentran diferencias significativas entre el número de años para los que la productividad de cada árbol se encuentra en el tercio inferior, medio y superior de su rango individual (tabla 12), aunque tienden a presentar periodos mayores de tiempo en que ésta se sitúa dentro del rango intermedio. El arbolado de los otros dos grupos sí es bimodal predominando los años con productividades bajas y altas frente a las intermedias. Es por ello que el CVi es mayor para estos dos grupos. El valor del índice RP es de la misma magnitud para los tres grupos.

Tabla 11. Coeficiente de variación interanual de la producción (CVi), bianualidad de la productividad (B) y porcentaje que supone la productividad mínima respecto de la máxima (RP) junto a su desviación estándar (DE) considerando las productividades de cada árbol y año (individuo) y la productividad media anual de los cincuenta árboles (masa) para el periodo 2001-02 a 2006-07 para los grupos que establece el análisis cluster. Para las producciones individuales se ofrece también el coeficiente de concordancia W de Kendall.

| Grupo | Estadísticos | Individuo | | Masa |
|-------|--------------|-----------|------|-------|
| | | Media | DE | Media |
| 1 | CVi | 71,8 | 29,2 | 63,7 |
| | RP | 10,6 | 9,0 | 8,9 |
| | B | 95,0 | 11,1 | 100,0 |
| | W | 0,643** | | |
| 2 | CVi | 88,1 | 30,0 | 78,7 |
| | RP | 11,4 | 9 | 18,1 |
| | B | 73,5 | 31,0 | 75 |
| | W | 0,612** | | |
| 3 | CVi | 88,1 | 35,2 | 57,0 |
| | RP | 11,4 | 13 | 20,2 |
| | B | 50,0 | 34,7 | 50,0 |
| | W | 0,436** | | |

* (p<0,05); **(p<0,01)

Tabla 12. Número de años y desviación estándar en los que la productividad individual de los árboles se encuentra en el tercio inferior, medio y superior del rango de productividad del periodo 2001-2007 para los grupos que establece el análisis cluster.

| Grupos | Número de años en: | | | p* | | |
|--------|---|---|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | Tercio inferior del rango de producción | Tercio intermedio del rango de producción | Tercio superior del rango de producción | T. inferior / T. intermedio | T. intermedio / T. superior | T. inferior / T. superior |
| 1 | 2,20±1,30 | 2,40±1,14 | 1,40±0,89 | 0,854 | 0,230 | 0,405 |
| 2 | 3,24±1,03 | 0,88±0,70 | 1,88±0,93 | <0,000 | 0,005 | 0,008 |
| 3 | 3,04±0,99 | 1,14±0,71 | 1,82±0,72 | <0,000 | 0,002 | <0,000 |

*Las comparaciones estadísticas se han realizado mediante el test de Wilcoxon de comparación de pares de medias relacionadas

Los árboles del grupo uno y dos (tabla 11) muestran un marcado carácter bianual ($B_{G1}=95,0\%$; $B_{G2}=73,5\%$) mientras que para el grupo tres este valor es bastante inferior ($50,0\%$). Así pues para árboles con mayor productividad las oscilaciones año tras año parecen ser más acusadas.

En la tabla 13 puede consultarse la relación que se ha obtenido entre la productividad de bellota un año y la que se recoge en años posteriores para los tres grupos establecidos. Así, para los grupos uno y dos, con mayor capacidad de producción y con una bianualidad o alternancia elevada, las altas producciones de un año parecen llevar aparejadas unas menores producciones al año siguiente. Esto puede observarse en el valor de los coeficientes de correlación: negativos cuando relacionamos cosechas acaecidas en años consecutivos, positivos cuando se compara la producción acaecida un año y la que se produce dos años después. Para el caso del grupo tres las relaciones entre la producción de un año y la obtenida uno o dos años después son de carácter positivo indicando una evolución de ésta mucho más estable.

Tabla 13. Coeficiente de correlación de Pearson (r) y Spearman (ρ) entre la productividad de bellota obtenida un año y la obtenida en años posteriores para los grupos que establece el análisis cluster.

| Grupos | Años | N+1 | N+2 | N+3 | N+4 | N+5 |
|--------|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 1 | N | $r=-0,429^*$ (r) n=25 | $r=0,720^{**}$ (r) n=20 | $r=-0,623^*$ (r) n=15 | $r=0,597$ (r) n=10 | $r=0,316$ (r) n=5 |
| 2 | N | $r=-0,044$ (r) n=85 | $r=0,491^{**}$ (ρ) n=68 | $r=-0,130$ (r) n=51 | $r=0,063$ (r) n=34 | $r=0,277$ (r) n=17 |
| 3 | N | $r=0,421^{**}$ (ρ) n=140 | $r=0,302^{**}$ (ρ) n=112 | $r=0,133$ (ρ) n=84 | $r=0,290^*$ (ρ) n=56 | $r=0,253$ (r) n=28 |

* ($p<0,05$); ** ($p<0,01$) Datos obtenidos durante seis años (2001-02 a 2006-07)

Asimismo, los árboles de los grupos uno y dos presentan un mayor grado de sincronía productivo (W de Kendall) que los del grupo tres (tabla 11). Esto hace que el coeficiente de variación entre años ($CV_{i_{masa}}$) de los valores medios de la productividad de cada grupo sea bajo para el grupo tres y alto para los grupos uno y dos, aunque los tres tienen similar valor medio del coeficiente de variación individual de la productividad entre años. Así pues, la menor variación de la productividad media del grupo tres entre años radica en su menor grado de sincronía.

La diseminación de la bellota durante la montanera

En la tabla 14 se exponen las fechas de inicio y finalización de la montanera, así como su duración, entendiéndose por montanera el periodo que comprende desde que se recoge la

primera bellota del árbol/es hasta el día en que no se cosecha ninguna bellota. En la tabla 15 puede consultarse la duración del periodo de maduración y caída de la bellota en la encina, observándose que éste varía entre años. De las seis campañas analizadas, en 2003-04 los árboles tuvieron un periodo de diseminación más amplio (72 días) y en 2006-07 más corto (36 días). El coeficiente de variación medio de la duración del periodo de diseminación entre árboles durante el periodo analizado alcanzó un valor de 34,2%, aunque si eliminamos del cálculo el año 2006-07 que presenta unos valores muy altos, el valor medio quedaría en 28,8%. Ambos valores son inferiores al coeficiente de variación medio entre años que alcanzaría unos valores de 35,2%.

Tabla 14. Duración (días) y fecha de inicio y finalización de las montaneras de los años 2001-02 a 2006-07.

| | 2001/02 | 2002/03 | 2003/04 | 2004/05 | 2005/06 | 2006/07 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Fecha de inicio de la montanera | 01/11/2001 | 15/10/2002 | 15/10/2003 | 01/11/2004 | 15/10/2005 | 01/11/2006 |
| Fecha de finalización de la montanera | 27/01/2002 | 30/12/2002 | 15/01/2004 | 31/01/2005 | 15/01/2006 | 21/01/2007 |
| Duración de la montanera | 88 | 76 | 92 | 92 | 92 | 82 |

Tabla 15. Duración media y coeficiente de variación (%) entre árboles entre paréntesis. Duración máxima y mínima del periodo de diseminación de la bellota del árbol para las campañas 2001-02 a 2006-07.

| Montaneras | Nº encinas | Duración media (días) | Duración mínima (días) ¹ | Duración máxima (días) ¹ |
|------------|------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 2001-02 | 49 | 64 (30,2) bc | 15 (2 dc) | 88 (27 en) |
| 2002-03 | 48 | 60 (27,0) b | 13 (18 nv) | 76 (30 dc) |
| 2003-04 | 49 | 72 (17,9) c | 44 (15 dc) | 92 (15 en) |
| 2004-05 | 48 | 60 (38,1) b | 15 (30 nv) | 92 (31 en) |
| 2005-06 | 49 | 71 (30,7) bc | 9 (24 dc) | 92 (15 en) |
| 2006-07 | 45 | 36 (61,0) a | 12 (12 nv) | 82 (21 en) |

¹Entre paréntesis fecha en la que finaliza la diseminación de bellota para el árbol que presenta una mayor o menor duración del periodo de diseminación

Las letras minúsculas indican diferencias significativas en la columna según el test de Tukey ($p < 0,05$)

En la figura 5 puede consultarse la distribución de los árboles en función de la duración del periodo de diseminación para los seis años estudiados. El año 2003-04 presenta una duración muy homogénea para todos los árboles, pues un 50% de los mismos presentan un periodo de diseminación de 78 días. Los dos primeros años de análisis son muy parecidos pues más de un 70% del arbolado presenta un periodo de diseminación comprendido entre los 40-50 días y los 70-80 días. Los tres últimos años de análisis son más heterogéneos que los

tres primeros, encontrando que el año 2005-06, presenta el mayor porcentaje de pies (37%) que tienen periodos de diseminación con duración superior a los 80 días, mientras que el años 2006-07 presenta a un 56% del arbolado con una duración inferior a los 30 días.

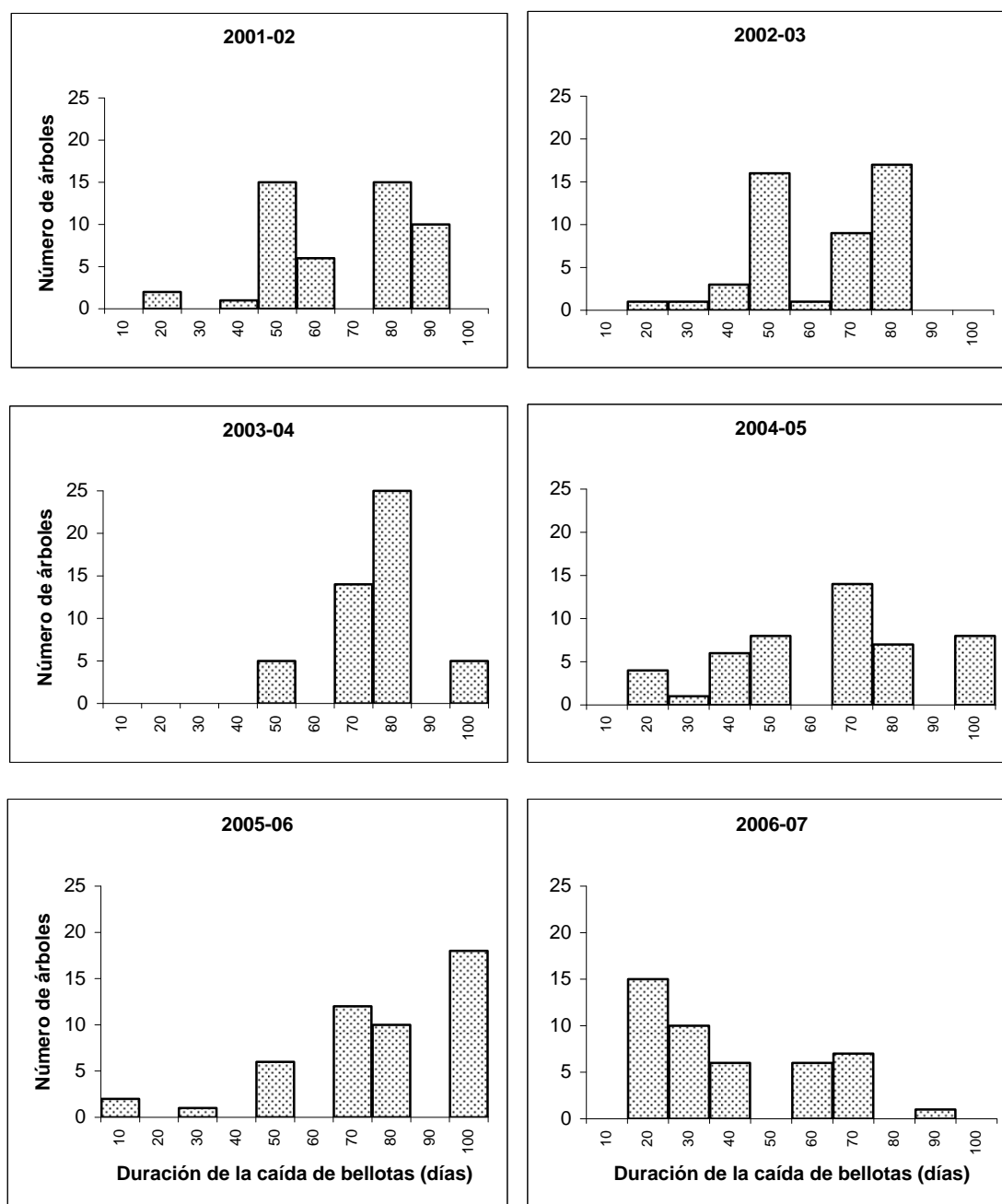


Figura 5. Distribución de los árboles en función de la duración de la montanera para las campañas 2001-02 a 2006-07.

En las figuras 6 y 7 pueden consultarse el porcentaje de árboles (en tanto por uno) que inician y concluyen la diseminación de la bellota en las diferentes fechas de recogida. El inicio de la diseminación de la bellota es muy parecido para los años 2002-03, 2003-04 y 2005-06 y se produce de manera escalonada aunque con un claro predominio de la primera

fecha de recogida; el 91,7% de árboles comienzan a tirar la bellota en la fecha I para la campaña 2002-03, un 83,7% para la 2003-04 y un 75,5% para la 2005-06. En la campaña 2004-05 el inicio se produce de manera muy tardía (el 54,2% de árboles inician la diseminación en fecha I), y en el año 2001-02 de manera muy concentrada (el 95,9% inician la diseminación en fecha I).

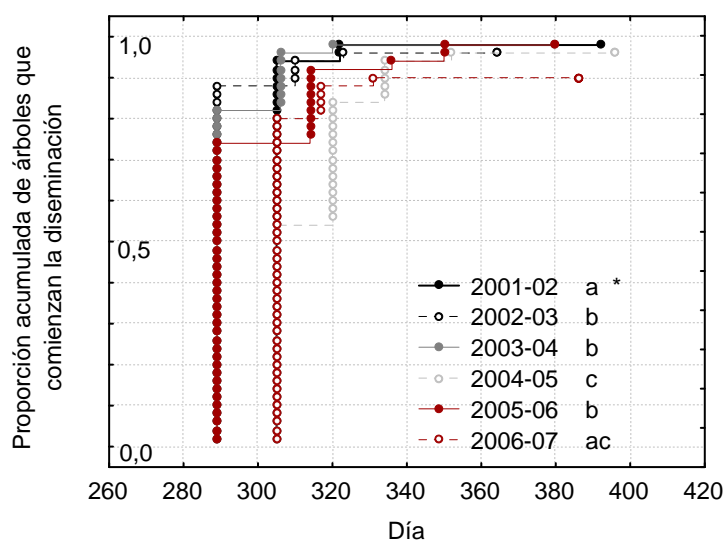


Figura 6. Diagrama de Kaplan-Meier que muestra el inicio de la diseminación de la bellota durante los seis años analizados. El eje de abscisas hace referencia a los días transcurridos desde el 1 de Enero del año en que se inicia la montanera. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Log-rank ($p < 0,05$).

La fecha de finalización de la diseminación de la bellota va íntimamente unida al desarrollo de este periodo. Así los años 2002-03 y 2006-07 los árboles finalizan antes que el resto de campañas el periodo de diseminación. En el año 2002-03, en la fecha IV un 60,4% de los árboles ha terminado de arrojar la bellota, y para el año 2006-07, un 69% de los árboles ha concluido la diseminación de bellota en la fecha III. Para el año 2006-07 el periodo de diseminación comenzó algo más tarde que 2002-03, por lo que su duración es algo menor. En 2004-05 los árboles terminan más tarde de tirar la bellota, aunque también había comenzado tarde su caída.

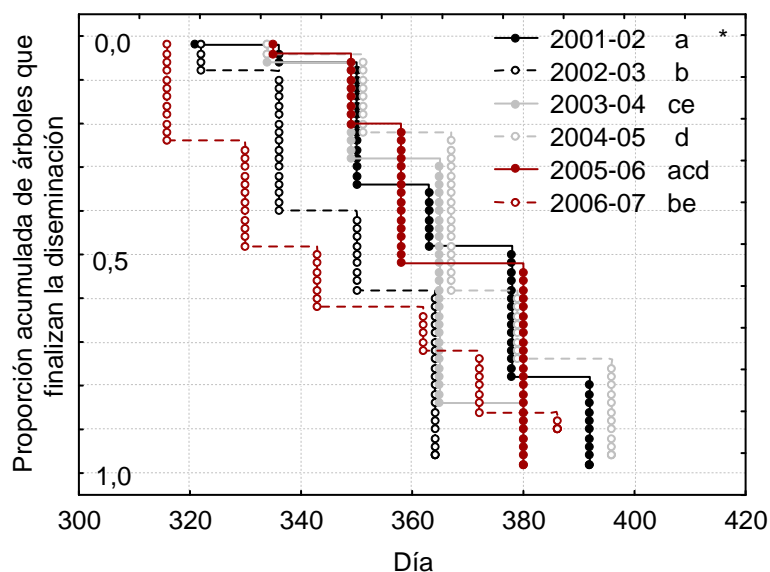


Figura 7. Diagrama de Kaplan-Meier que muestra la finalización de la diseminación de la bellota durante los seis años analizados. El eje de abscisas hace referencia a los días transcurridos desde el 1 de Enero del año en que se inicia la montanera. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Log-rank ($p < 0,05$).

En la tabla 16 y figura 8 puede consultarse el porcentaje de la productividad recogida quincenalmente durante las seis campañas analizadas. Habría que destacar la variabilidad existente entre años más que dentro de cada año. La montanera 2001-02 es la única que presenta una distribución bimodal con dos fechas en las que cae entre el 31,0-32,8% de la productividad: mediados de noviembre (fecha de recogida I) y mediados de diciembre (fecha de recogida III). En el resto de montaneras encontramos una fecha de recogida en la que cae el mayor porcentaje de la productividad y que ocurre entre el 12 de noviembre (I) para la montanera 2006-07, y el 24 de diciembre para la montanera 2005-06 (IV).

Tabla 16. Porcentaje de la productividad de bellota recogida quincenalmente durante las montaneras 2001-02 a 2006-07. Los valores se expresan en medias seguidas del error estándar. Para cada fila las medias con la misma letra mayúscula no difieren significativamente para un nivel de confianza del 95 % (test de Sheffé). Para cada columna las medias con la misma letra minúscula no difieren significativamente para un nivel de confianza del 95 % (test de Sheffé).

| Fechas de recogida | 2001-02 ¹ | | 2002-03 ² | | 2003-04 ³ | | 2004-05 ⁴ | | 2005-06 ⁵ | | 2006-07 ⁶ | |
|--------------------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|
| | Media | E.E. | Media | E.E. | Media | E.E. | Media | E.E. | Media | E.E. | Media | E.E. |
| I | 32,8 c BC | 3,5 | 26,8 c dB | 2,9 | 8,9 b A | 1,5 | 8,3 a A | 1,7% | 15,7 b A | 2,9 | 57,7 d C | 5,3 |
| II | 20,0 bc A | 2,4 | 40,7 d B | 3,3 | 15,7 bc A | 2,0 | 21,1 b A | 3,5% | 18,2 b A | 3,0 | 25,7 c A | 4,3 |
| III | 31,0 c CD | 2,7 | 18,1 c AB | 2,4 | 43,3 d D | 3,0 | 39,4 c CD | 3,7% | 24,5 b BC | 3,1 | 10,9 bc A | 2,7 |
| IV | 11,0 b B | 2,2 | 8,4 b AB | 1,9 | 17,8 c C | 2,1 | 22,9 bc C | 3,2% | 27,3 b C | 4,2 | 3,7 ab A | 1,2 |
| V | 4,3 a AB | 1,0 | 6,0 b AB | 1,8 | 13,6 bc C | 2,4 | 5,1 a AB | 1,5% | 14,2 b BC | 3,2 | 1,7 a A | 1,1 |
| VI | 0,9 a | 0,3 | 0,0 a | 0,0 | 0,7 a | 0,3 | 3,2 a | 1,5% | 0,0 a | 0,0 | 0,4 a | 0,3 |

En todos los años, salvo en 2004-05, a finales de diciembre más del 80% de la productividad ha caído (figura 8). La montanera 2002/03 junto con la 2006-07 son las más rápidas pues a mediados de noviembre se ha recogido más del 55% del total de la productividad. En las montaneras 2004-05 y 2005-06 se han recogido menos del 35% de la cosecha a final de noviembre.

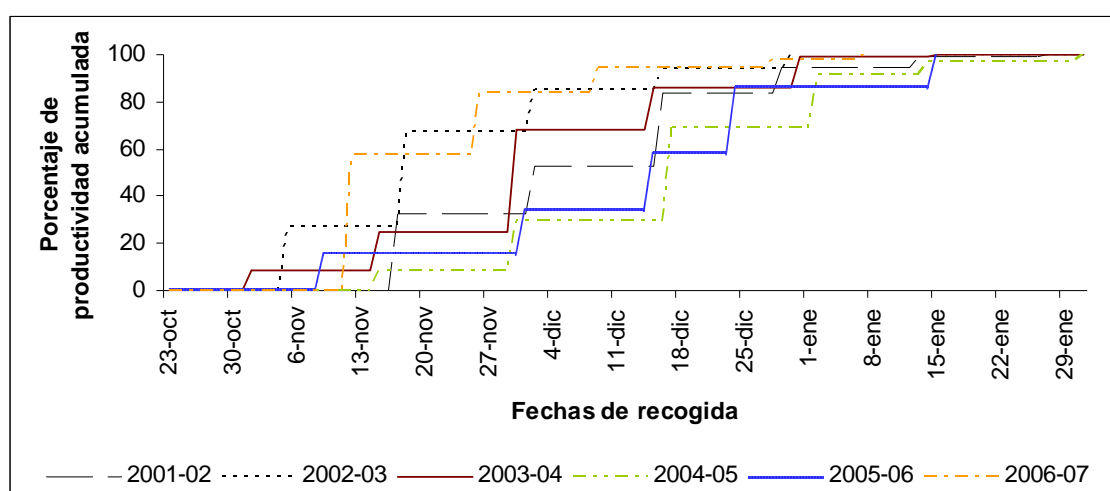


Figura 8. Porcentaje de la productividad acumulada recogida quincenalmente durante las montaneras 2001-02 a 2006-07.

El análisis cluster ha puesto de manifiesto tres grupos de árboles con diferentes patrones de diseminación de la bellota: tempranos, medios y tardíos (tabla 17). Como árboles tempranos se entienden aquellos que arrojan la mayor parte de su productividad en las fechas iniciales de la montanera (I y II), como árboles medios aquellos que lo hacen en fechas centrales (II o/y III) y como árboles tardíos aquellos que diseminan la mayor parte de la producción a partir de la fecha III (figura 9).

Tabla 17. Número de árboles asignado a cada grupo y distancia entre centros de grupo (distancia euclidiana)

| | Nº de árboles | | | Distancia euclidiana | | |
|----------------|---------------|--------|---------|----------------------|-------------------|----------------|
| | Tempranos | Medios | Tardíos | Tempranos-Medios | Tempranos-Tardíos | Medios-Tardíos |
| 2001-02 | 8 | 13 | 28 | 0,97 | 1,31 | 0,94 |
| 2002-03 | 6 | 30 | 12 | 1,22 | 1,73 | 1,25 |
| 2003-04 | 12 | 22 | 15 | 0,87 | 1,19 | 1,51 |
| 2004-05 | 12 | 18 | 18 | 1,16 | 1,11 | 1,03 |
| 2005-06 | 17 | 22 | 10 | 1,17 | 1,01 | 1,36 |
| 2006-07 | 33 | 11 | 1 | 1,38 | 1,45 | 1,08 |

Cada montanera presenta unas características propias por lo que la fecha/s de recogida que separan a los diferentes grupos no son siempre las mismas (tabla 18). Así los años 2001-02, 2002-03 y 2006-07, en los que la diseminación de la bellota comienza pronto la primera fecha de recogida es la que separa de manera más clara los distintos grupos. Los años 2004-05 y 2005-06 con un comienzo de la diseminación más tardío, y un desarrollo lento, la fecha de recogida que mejor define los grupos es la IV. La montanera 2003-04 con unas características intermedias las fechas de recogida más aclaratorias son la II y la III.

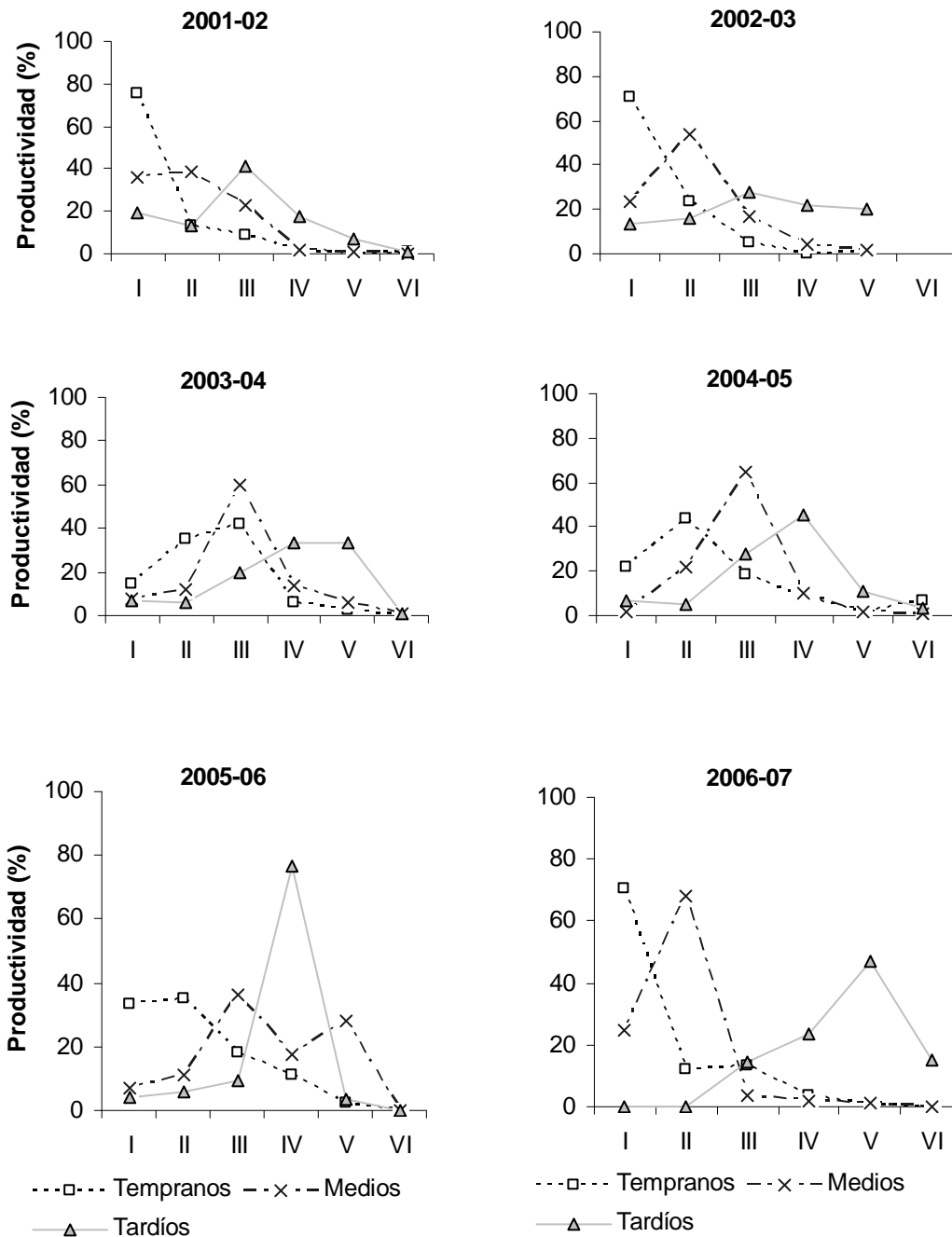


Figura 9. Porcentaje de la productividad de bellota respecto de la total recogida por quincenas para árboles con patrones de diseminación de la bellota tempranos, medios y tardíos durante 2001-02 a 2006-07.

Tabla 18. Cociente de la suma de cuadrados entre grupos en relación a la suma de cuadrados dentro de cada grupo ($R^2/(1-R^2)$), para las seis fechas de recogida que se han empleado para definir los diferentes grupos de diseminación de la bellota (tempranos, medios y tardíos) durante 2001-02 a 2006-07

| Fechas de recogida | $R^2/(1-R^2)$ | | | | | |
|--------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
| I | 2,17 | 2,52 | 0,10 | 0,86 | 0,75 | 4,41 |
| II | 0,72 | 1,38 | 2,49 | 0,64 | 0,57 | 2,60 |
| III | 0,84 | 0,19 | 2,17 | 1,71 | 0,35 | 3,94 |
| IV | 0,40 | 0,67 | 1,21 | 1,99 | 3,09 | 0,64 |
| V | 0,28 | 0,72 | 2,11 | 0,25 | 0,46 | 0,19 |
| VI | 0,03 | | 0,03 | 0,05 | | 0,09 |

En la figura 10 puede observarse la distribución del arbolado según el patrón de diseminación de la semilla considerando dos series de años 2001-02 a 2005-06 y de 2001-02 a 2006-07, para tratar de evitar el sesgo que produce la montanera 2006-07, muy diferente por sus características al resto. Existen pocos árboles que todos los años muestren el mismo comportamiento (2 tempranos, 3 medios y 1 tardío si se considera el periodo 2001-02 a 2005-06). Sí existe un grupo cuantioso de árboles que presenta un comportamiento más bien temprano (9 árboles si se considera el periodo 2001-02 a 2005-06) y otro que presenta un comportamiento más bien tardío (18 árboles si se considera el periodo 2001-02 a 2005-06). El segundo grupo más numeroso lo integran árboles que han mostrado a lo largo de los años distintos patrones de diseminación desde tempranos hasta tardíos en función de las características de la campaña (14 árboles si se considera el periodo 2001-02 a 2005-06).

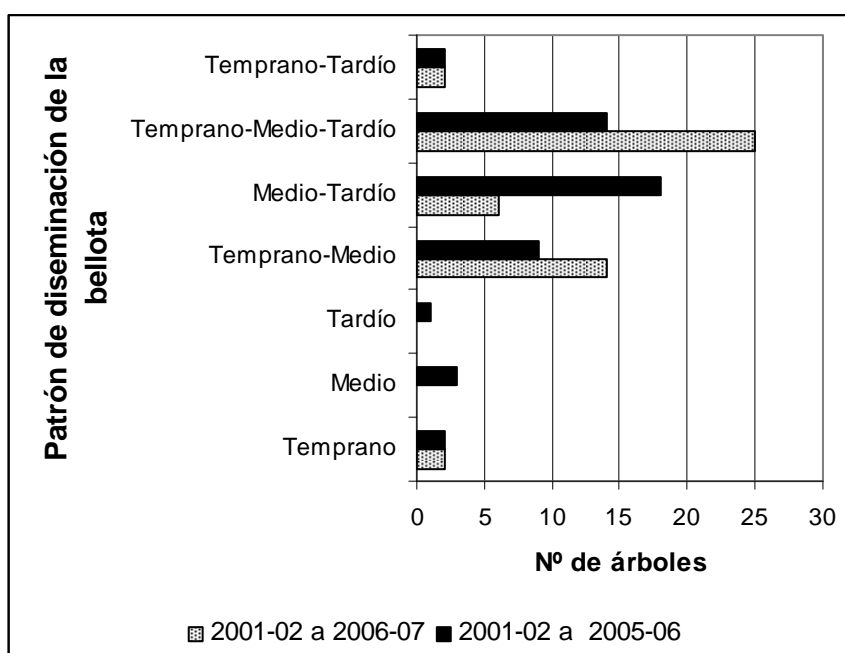


Figura 10. Distribución del arbolado según presenten patrones de diseminación de la semilla tempranos, medios o tardíos para dos periodos de tiempo: 2001-02 a 2005-06 y 2001-02 a 2006-07.

Aún a pesar de no existir un comportamiento definido, se han clasificado los árboles considerando el patrón de diseminación más frecuente. Los árboles catalogados como tempranos representan al 20% de la población muestreada, los medios al 45% y los tardíos al 35%. En la figura 11 se presenta la evolución del comportamiento de cada grupo en las distintas campañas analizadas.

Así los árboles catalogados como tempranos se suelen comportar como tales de manera general y especialmente en las montaneras de menor producción, pues de los 10 individuos, 8 son clasificados como tempranos en 2004-05 y 2005-06 y 10 lo hacen en 2006-07. En cambio un porcentaje importante de estos tiende a comportarse como de carácter medio en aquellas montaneras de mayor producción: un 20% en 2001-02 y un 30% en 2003-04.

Los árboles catalogados como medios tienden a mantenerse como tales durante las montaneras que comienzan pronto. Cuando son tardías, los árboles tienden a diseminar la bellota al final, y cuando son muy cortas (aunque tardías) un elevado porcentaje de árboles se comporten como tempranos.

Los árboles catalogados como tardíos suelen comportarse como tales los años en que la montanera es larga y termina tarde. Tienden a mostrar un patrón de diseminación más escalonado si la montanera termina pronto, o incluso tempranos si es una montanera de corta duración.

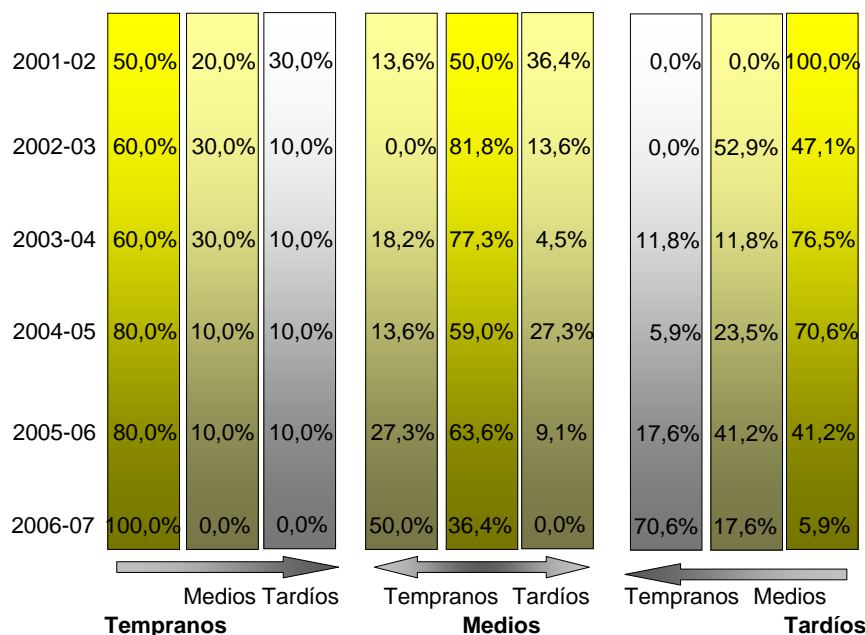


Figura 11. Porcentaje de árboles catalogados como tempranos, medios y tardíos y evolución de su comportamiento durante los años 2001-02 a 2006-07.

No existe una relación clara entre árboles con diferentes patrones de producción y su forma de diseminar la bellota, sin embargo, aquellos árboles con una menor producción (grupo tres) tienen periodos de diseminación de menor duración que aquellos de mayor producción (grupo uno y dos) (tabla 19).

Tabla 19. Duración media (días) y error estándar del periodo de maduración y caída de la bellota del árbol para grupos con distintos patrones de producción durante 2001-02 a 2006-07.

| Montaneras | Grupo 1 | | Grupo 2 | | Grupo 3 | |
|------------|----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| 2001-02 | 55 a | 5,6 | 76 b | 3,1 | 59 a | 4,0 |
| 2002-03 | 63 a | 8,9 | 57 a | 4,1 | 60 a | 3,0 |
| 2003-04 | 72 a | 3,9 | 77 a | 2,5 | 68 a | 2,7 |
| 2004-05 | 78 a | 6,5 | 60 a | 6,9 | 56 a | 3,5 |
| 2005-06 | 80 b | 5,4 | 80 b | 3,6 | 63 a | 4,6 |
| 2006-07 | 51 a | 7,6 | 41 a | 5,7 | 29 a | 4,2 |
| Media | 66 b | 3,2 | 65 ab | 2,3 | 57 a | 1,8 |
| n | 5 | | 17 | | 28 | |

Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada fila según el test de Tukey ($p < 0,05$)

La producción de bellota y su distribución por la copa

Los valores medios de productividad según orientación (Norte y Sur) y situación (interior y exterior) para cada año, y de productividad acumulada durante el periodo analizado pueden consultarse en la tabla 20.

Tabla 20. Productividad anual y acumulada de bellota, y error estándar durante los años 2001-02 a 2006-07 en función de la posición del cesto de recogida dentro de la copa del árbol.

| Posición | n | Productividad media (g/m ²) | | | | | | | | | | | | Productividad acumulada 2001-07 (g/m ²) | |
|----------|----|---|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---|-----|
| | | 2001-02 | | 2002-03 | | 2003-04 | | 2004-05 | | 2005-06 | | 2006-07 | | Media | EE |
| | | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE | | |
| N.E. | 50 | 420 | 71 | 352 | 61 | 396 | 44 | 136 | 28 | 91 | 13 | 165 | 32 | 1.559 | 151 |
| N.I. | 50 | 324 | 44 | 251 | 39 | 370 | 53 | 128 | 27 | 81 | 12 | 116 | 24 | 1.269 | 128 |
| S.I. | 50 | 337 | 40 | 268 | 51 | 510 | 67 | 153 | 34 | 71 | 11 | 152 | 38 | 1.491 | 150 |
| S.E. | 50 | 468 | 65 | 393 | 55 | 353 | 48 | 246 | 51 | 95 | 13 | 153 | 28 | 1.708 | 170 |

N.E.: Norte-Exterior; N.I.: Norte-Interior; S.I.: Sur-Interior; S.E.: Sur-Exterior.

En la tabla 21 pueden consultarse los resultados del análisis de la varianza de medidas repetidas que explora la influencia de la situación y la orientación sobre la productividad de bellota. En general, aunque sin significación, se observa que la productividad es sensiblemente mayor en la cara sur de la copa. En ambas zonas se recoge más bellota en los cestos situados en el exterior (figura 10). Además existen años en que el factor situación tiene una influencia significativa (figura 11), como son el 2001-02 y el 2002-03.

Tabla 21. Resultados del análisis de la varianza de medidas repetidas que evalúa el efecto de los factores año de muestreo, situación (exterior-interior) y orientación (norte-sur) del cesto de recogida dentro de la copa del árbol sobre la variable productividad.

| | g.l. | F | p |
|-------------------------------|------|------|--------|
| Orientación | 1 | 0,47 | 0,4943 |
| Situación | 1 | 2,66 | 0,1047 |
| Orientación* Situación | 1 | 0,05 | 0,8218 |

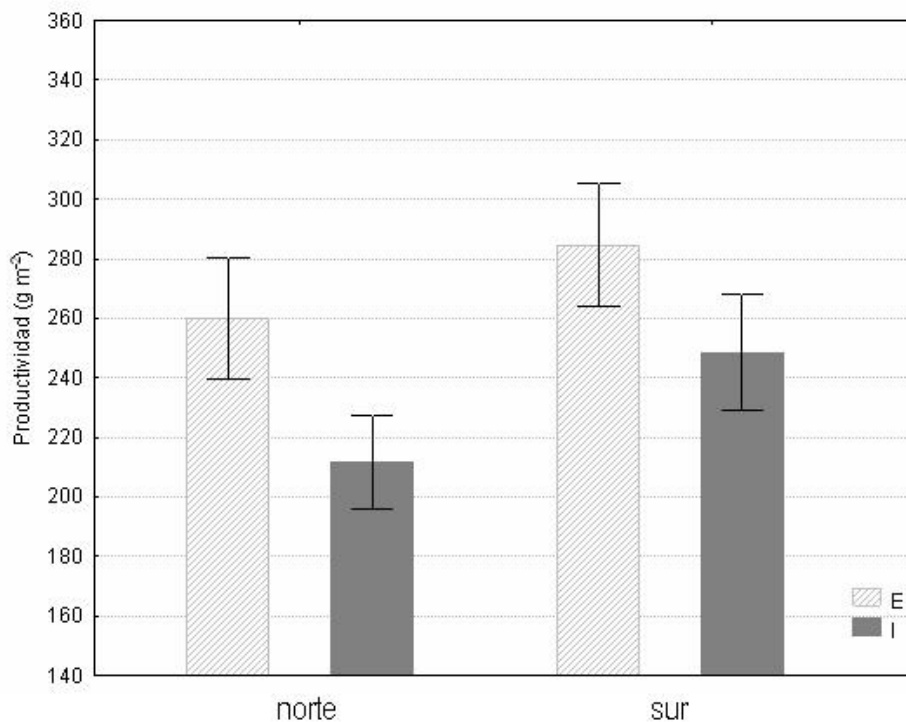


Figura 10. Productividad media en fresco de bellota y error estándar en función de la situación (exterior-interior) y orientación (norte-sur) del cesto de recogida dentro de la copa del árbol para el periodo 2001-02 a 2006-07.

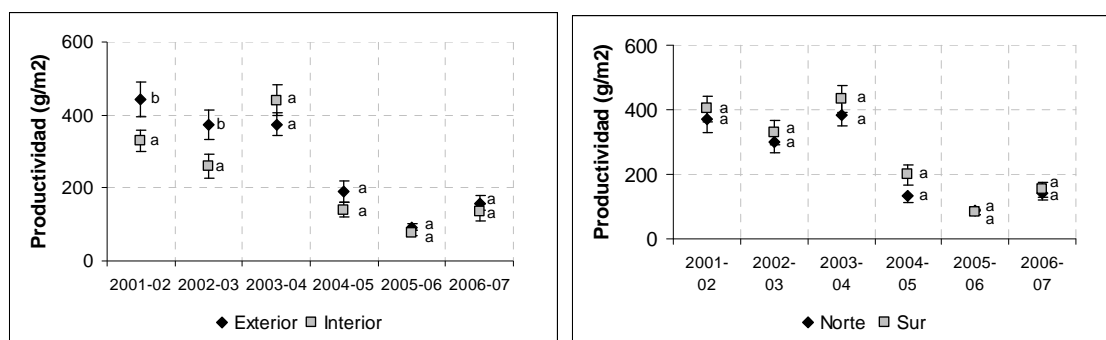


Figura 11. Productividad en fresco de bellota y error estándar en función de la situación (exterior-interior) y orientación (norte-sur) del cesto de recogida dentro de la copa del árbol. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada año.

Discusión

Productividad de bellota. Variaciones espaciales y temporales y patrones de comportamiento productivo del arbolado

Los rangos de producción de bellota obtenidos en esta finca (84-407 g/m²; 5,6-26,9 kg/árbol) son similares aunque ligeramente superiores a los que ofrece la bibliografía para fincas de dehesa. Así, si las producciones se estiman por árbol, Álvarez *et al.* (2002) y Escudero *et al.* (1985) en Salamanca ofrecen producciones medias de 19,0 kg/árbol y 48,6-120,1 g/m² respectivamente. García *et al.* (2005) en Extremadura obtienen 12,86 kg/árbol, y Gea *et al.* (2006) en esta misma comunidad encuentran 100 g/m². En Toledo, Cañellas *et al.* (2001) obtienen rangos de productividad entre 0,98-237,39 g/m² y López-Carrasco *et al.* (2005) de 12 a 65 kg/árbol. Por último en Andalucía, Martín *et al.* (1998) encuentra productividades que oscilan entre 115,8-285,8 g/m², y entre 7,1-25,3 kg/árbol. También superan claramente a los encontrados en bosques de encina, para los que se han obtenido productividades de 14 g/m² (Verdú *et al.*, 1980), y para otras especies de *Quercus* como *Q. faginea* para el que se obtienen valores de 11,6-48 g/m² y 0,8-3,7 kg/árbol (Martín *et al.*, 1998), *Q. suber* con 19,5-171,9 g/m² y 0,6-16,9 kg/árbol (Martín *et al.*, 1998), *Q. coccifera* con valores de 0,5-26 kg/árbol (Vázquez, 1998) o para especies de *Quercus* norteamericanas que oscilan entre los 2,6 g/m² del *Quercus velutina* y los 8,1 g/m² para *Quercus prinus* (Beck, 1977; Greenberg, 2000).

La variación de la producción entre árboles para un mismo año es fuerte, encontrándose una gran diferencia entre valores máximos y mínimos y un alto valor del coeficiente de variación. Así, este último oscila entre 82,3-128,6 %, mostrando un cierto

patrón bianual. Esta variación de la producción entre árboles, también es citada en otros estudios realizados sobre encinas en dehesas, como los aportados por López-Carrasco *et al.* (2005) que hablan de rangos entre 12-65 kg/árbol, Vázquez (1998) entre 0,5-147 kg, Cañellas *et al.* (2001) entre 0,98–237,39 g/m² y Álvarez *et al.* (2004) entre 0,1-87,9 g/m². También de este rango son las variaciones intraanuales encontradas en bosques de encina (Siscart *et al.*, 1999; Ramos *et al.*, 2010). Sin embargo, las variaciones intraanuales de la producción encontradas para especies americanas son mayores, como las aportadas por Koenig *et al.* (1994) que rondan entre el 102,1% de *Q. chrysolepis* y el 178,5% de *Q. kelloggii*.

La marcada vocación productora de fruto de la encina en la dehesa se pone de manifiesto por la escasa presencia de pies no productores, aspecto que repercute en el coeficiente de variación. En este caso, no se han detectado árboles no productores de manera concluyente, pues todos producen bellota en algún año y, además, el porcentaje de árboles sin producción no es fijo, oscilando entre el 2% y el 10% de la población. Vázquez *et al.* (1999 y 2000) en Extremadura encuentran una proporción de árboles productivos que oscila entre el 60% en 1999 y 90% en 2000. Carbonero *et al.* (2010), en la comarca de Los Pedroches (Córdoba) en 2008-09 encuentran un porcentaje de encinas productoras similar, que oscila entre el 65% y el 90%. En cambio en especies de robles americanos que forman masas con estructura de bosque, este porcentaje suele ser algo menor oscilando entre el 40% y el 80% (Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000). La existencia y necesidad de pies no productores se ha justificado por su mayor aportación de polen y durante más tiempo, ya que los árboles con una mayor proporción de flores masculinas retrasan la producción de polen respecto a la media de la población (Vázquez, 1998; Díaz, 2000; Ramos, 2002), mejorando así la eficiencia de la polinización, aunque también es un factor relacionado con las características morfoedáficas y con las condiciones meteorológicas del año (Carbonero *et al.*, 2010).

No se han encontrado evidencias de que la productividad de un individuo aumente o disminuya a medida que aumenta su diámetro normal, lo que está en consonancia con los resultados que aparecen en los trabajos aportados por Sork *et al.* (1993), Koenig *et al.* (1994) o Greenberg (2000). Existen estudios que indican que por debajo de 25 cm y por encima de 75 cm de DBH las producciones son claramente menores (Johnson, 1994; Dey, 1995). También Vázquez (1998) en Rodríguez *et al.* (2007) encuentra las mayores producciones para árboles maduros (100-150 años), y DBH de 101 a 200 cm. En general, tampoco se encuentra que árboles con una mayor superficie de copa presenten una mayor productividad (Christisen y Kearby, 1984; Sork *et al.*, 1993; Greenberg, 2000) aunque Cañellas (1992), sí obtiene resultados significativos. Quizás la ausencia de relación entre la productividad y las variables

anteriores pueda deberse al estrecho rango de variación que existe en el arbolado seleccionado y a la variabilidad de las producciones que motiva que autores como Greenberg (2000), apunten la dificultad de utilizar variables como el diámetro normal o el área basal como posibles predictores de la productividad.

El examen de los histogramas anuales de la productividad detecta una mayor concentración en torno a los valores medios el año de mínima productividad (2005-06). Este hecho es citado también por Sork *et al.* (1993), que indican la existencia de una mayor sincronía entre los árboles a la hora de producir cosechas mínimas. No obstante, Healy *et al.* (1999) indican que los años de “carga” son comunes para un alto porcentaje del arbolado, advirtiendo también un mayor grado de sincronía los años de producciones elevadas de bellotas, lo que está en consonancia con este trabajo donde un 92% del arbolado alcanza las producciones máximas durante el trienio de mayor producción. Además, los coeficientes de variación de la productividad para un mismo año alcanzan los menores valores en 2003-04 (año de mayor productividad) y 2005-06 (año de menor productividad) poniendo de manifiesto esta mayor sincronía en las producciones para cosechas máximas y mínimas.

La oscilación de la productividad individual entre años (CV_i) alcanza en este estudio un valor medio del 85,8%, indicando que, en general, todos los individuos muestreados sufren importantes variaciones en la producción de bellota a lo largo del tiempo. Esta cifra es similar a la citada por Herrera *et al.* (1998), y algo superior a la encontrada por Martín Vicente *et al.* (1998) y Carbonero *et al.* (2005) en dehesas andaluzas. Además, se encuentra en el rango de las aportadas para especies americanas de robles que oscilan desde el 61,1% para *Q. lobata* al 101,6% para *Q. kelloggii* (Koenig *et al.*, 1994). Si analizamos el estadístico porcentaje relativo (RP), que nos valora la máxima diferencia de producción en un periodo determinado, encontramos valores muy bajos (11,3%) respecto a los obtenidos en especies cultivadas como el olivo (Navarro, 1989), que suele superar el 22%, y nos indica la gran diferencia existente entre producciones máximas y mínimas en un mismo árbol. No obstante, estas oscilaciones de la productividad entre años son inferiores a las variaciones de la productividad entre árboles en un mismo año.

En el presente trabajo se ha detectado la presencia de bimodalidad en el comportamiento productivo de los árboles, es decir, existen productividades muy contrastadas entre años, o lo que es lo mismo, es habitual la ocurrencia de producciones altas y bajas a lo largo del periodo analizado frente a las intermedias. Este comportamiento también ha sido encontrado en diferentes especies de *Quercus* americanos como *Q. lobata*, *Q. douglasii*, *Q. agrifolia* y *Q. kelloggii* (Koenig *et al.*, 1994), y se ha tratado de explicar a la luz de la teoría

de la eficiencia en la polinización y de la teoría del saciado de predadores. Así, en especies anemófilas, la concentración de la producción de polen en determinados años incrementaría la eficiencia en la polinización, y la producción intermitente de grandes cosechas reduciría la pérdida de semillas por saciado de los predadores (Kelly *et al.*, 2002; Rees *et al.*, 2002; Piovesan y Adams, 2005; Montesinos, 2007). Además del carácter bimodal de la producción de bellota, la encina muestra un alto porcentaje de bianualidad (62,8%), siendo frecuente los individuos que alternan producciones altas y bajas de fruto en años consecutivos. La existencia de estos pulsos queda también reflejada en los valores del coeficiente de correlación de Pearson, más altos cuando se compara la producción de bellota de un año con la obtenida a los dos años siguientes, que cuando se comparan producciones de años consecutivos. Por otro lado, el mayor valor del coeficiente de correlación de Pearson durante las montaneras más productivas puede ser indicativo de que las oscilaciones bianuales están más acentuadas en periodos de producciones altas que en periodos de producciones bajas. Sin embargo, no se ha obtenido ninguna correlación negativa entre campañas.

Otro factor que caracteriza al arbolado de *Quercus* es la existencia de una cierta asincronía en las producciones (Herrera, 1998; Koenig *et al.*, 2003, Liebhold *et al.*, 2004). El coeficiente de concordancia W de Kendall obtenido en este trabajo ($W=0,396$) indica una sincronía baja de los árboles, comparable a la obtenida en dehesas andaluzas por Carbonero *et al.* (2005), y menor que la aportada por Martín Vicente *et al.* (1998) que obtienen valores de 0,7 para parcelas monoespecíficas de encina. Esta baja sincronía del arbolado a la hora de producir es, en parte, responsable de los altos coeficientes de variación de la producción dentro de un mismo año. Cuando se analiza la sincronía entre años consecutivos sólo se ha encontrado significación para el bienio 2003-04/2004-05 que sucede al año de mayor cosecha. Esto podría estar en consonancia con lo expuesto por Ramírez (2001), que señala que el grado de sincronía aumenta tras un año de cosechas máximas, pues una alta cosecha generalizada provoca una mayor inhibición de yemas florales, dando como resultado una reducción de la producción del año siguiente.

La variación interanual de la productividad individual y la sincronía son factores que tienen su reflejo en las productividades medias de una parcela o masa arbolada. Así, en el presente estudio, con una alta variación interanual en la producción de bellota de cada individuo (el valor medio de CV_i es de 85,8%), la oscilación entre años de la producción media de bellota es relativamente baja ($CV_{i_{masa}}=54,2\%$), debido a una baja sincronía de los árboles ($W=0,396$). Autores como Koenig *et al.* (2003), Liebhold *et al.* (2004) y Carbonero *et al.* (2005), concluyen que las menores oscilaciones de la productividad media van unidas a

una menor sincronía de los individuos a la hora de producir fruto. Es decir, que la relativa estabilidad de la producción media característica de la encina en la dehesa, parece ir unida a una gran variabilidad individual y a una cierta asincronía, y no a unas producciones fruteras de cada individuo relativamente estables en el tiempo.

El comportamiento alternante de las producciones ha llevado a muchos autores a tratar de distinguir ciclos productivos. Abrahamson y Layne (2002) estudiando 5 especies de *Quercus* encuentran que las duraciones medias de los ciclos de producción son de 2-5,5 años. Johnson (1994) encuentra buenas cosechas de bellota cada 3 o 4 años, y Sork et al. (1993) distingue ciclos bianuales para *Q. velutina*, trianuales para *Q. alba* y de cuatro años para *Q. rubra*. Beck (1977) encuentra buenas cosechas cada 4 años para *Q. alba* (White oak) y 5 años para *Q. rubra* (Red oak) en un estudio realizado durante 12 años. Para los *Quercus* mediterráneos Vázquez (1998) habla de años de altas producciones para la encina cada 4 años y para alcornoque cada 2-4 años, y Ruiz de la Torre (2006) encuentra periodicidad cada 7-8 años. Sin embargo otros como Herrera *et al.* (1998) y Garcia Mozo (2007) no detectan periodicidades y apuntan a la necesidad de contar con series de datos de al menos 20 años para poder aportar conclusiones fiables. En nuestro caso, sólo se ha contado con una serie de seis años de producción, lo que ha dificultado el estudio de los patrones productivos y la búsqueda de ciclos. No obstante, hemos distinguido a nivel de población o masa, tres años de mayores producciones seguidos de tres años de menores producciones y, a nivel de individuo, parecen obtenerse buenas cosechas de bellotas en 1,80 años de los seis estudiados, lo que indica una frecuencia sensiblemente mayor a la obtenida por Dey (1995) que encuentra años de alta producción en 3 de cada 13 años, por Beck (1977) que lo hace en 2,86 de cada 12 años, y por Koenig *et al.* (1994) que obtienen altas producciones en 3,10 de cada 12 años. A nivel de individuo y a nivel de masa hemos encontrado un cierto comportamiento bianual de la producción, es decir, parece que la cosecha de un año si es alta, inhibe en cierta medida la que se pueda obtener al siguiente año, poniendo de manifiesto la existencia de ciclos más cortos que se solapan con la ocurrencia de otros más largos. Así aunque existen tres años de producciones más altas a los que siguen tres años de producciones más bajas, los árboles sufren oscilaciones de la producción dentro de esos dos trienios con amplitud bianual.

El potencial productivo que muestra la encina en una misma zona es muy amplio, como han puesto de manifiesto los resultados de este trabajo. El 50% de la productividad acumulada es aportada por entre el 12% y el 19% de los árboles, según el año considerado. Este mismo hecho se ha constatado en otros trabajos pues Carbonero *et al.* (2010) en dehesas encuentran que el 80% de la producción se concentra en el 34,7% del arbolado y en

ecosistemas de *Quercus* americanos Greenberg (2000) afirma que independientemente de la especie, los buenos productores constituyen siempre menos de la mitad de la población. En nuestro caso, los árboles que muestran un potencial alto de producción constituyen el 40% del arbolado muestreado, en consonancia con lo encontrado en otros trabajos (Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000), aportando entre el 62,5%-76,1% de la producción.

La existencia en una misma zona de árboles con una alta capacidad inherente de producción y otros con una baja capacidad, ha tratado de explicarse a partir del reparto asimétrico de la floración, ya que, en plantas anemófilas es necesario una gran cantidad de polen si se quiere garantizar un cierto éxito en la polinización (García Mozo *et al.*, 2007). En concreto, en *Quercus ilex* el ratio óvulo/grano de polen necesario para garantizar la fertilización alcanza valores de 1/400,000 (Tormo *et al.*, 1996 en García Mozo *et al.*, 2007). Así, aunque la encina sea monoica puede comportarse funcionalmente como subdioica ya que se pueden distinguir individuos en los dos extremos de la escala sexual (Jordano 1988; Arista 1997; Ramos, 2002). A nivel de individuo, y excluyendo factores genéticos, la mayor proporción de flores masculinas en especies anemófilas parece estar relacionada con un mayor tamaño de la planta y con una situación en la parte superior de la copa (McCarthy y Quinn, 1989), aspectos que facilitan la difusión del polen. A nivel de masa y teniendo en cuenta que las condiciones más estresantes favorecen la masculinidad (Sedgley y Griffin, 1989; Aizen y Kenisten, 1990; Ramos, 2002), parece existir una mayor proporción de flores masculinas en zonas con espesura alta de arbolado, o en zonas menos fértiles. Este reparto asimétrico de la floración masculina y femenina puede variar entre años.

Sin embargo, otros trabajos restan importancia al reparto asimétrico de la floración, la edad, talla o densidad del arbolado a la hora de explicar la presencia conjunta de árboles con una alta y baja capacidad de producción, indicando que la genética es el factor que juega un papel fundamental (Sharp y Sprague, 1967; Christisen y Kearby, 1984; Sork *et al.*, 1993; Koenig *et al.*, 1994; Greenberg, 2000; Rodríguez *et al.*, 2007). Dey (1995) llega a afirmar que a largo plazo la genética es una variable con más peso en la producción de bellotas que factores que influyen a corto-medio plazo como la meteorología, o la incidencia de plagas.

De los resultados de este trabajo también se desprende que las diferencias entre árboles con un potencial alto, medio o bajo de producción son mayores en años de buenas cosechas que en años poco productivos, pues en los primeros los árboles despliegan todo su potencial diferenciándose del resto. Esto también se ha observado en especies de robles americanos (Healy *et al.*, 1999; Greenberg, 2000). Por tanto, los años más adecuados para identificar los árboles con alto potencial de producción son aquellos en los que existe una alta

producción (Drake, 1991; Johnson, 1994; Healy *et al.*, 1999), aunque Greenberg (2000) recomienda la elección de al menos 3 años, a ser posible de altas producciones, no existiendo hasta la fecha métodos más rápidos de identificación de buenos productores. En el presente trabajo utilizando los tres años de altas producciones a la hora de clasificar el arbolado atendiendo a su potencial productivo se consigue un porcentaje de acierto del 95% de buenos productores, cifra algo superior al 87% ofrecido por Healy *et al.* (1999).

Considerando conjuntamente el potencial productivo y la distribución de la producción de bellota a lo largo de los seis años de estudio, se han identificado tres grupos de árboles con patrones de producción muy diferentes: dos grupos con altas producciones y fuertes oscilaciones bianuales (patrón alternante y contraalternante) y otro grupo más numeroso con producciones más bajas pero sin un carácter bianual. Una vez segmentada la población, para cada grupo, se encontró que los coeficientes de variación intraanuales eran claramente más bajos (27,0%-106,6%) que cuando el análisis consideraba al total del arbolado (79,2%-128,6%). No obstante, la variación interanual de la productividad de cada grupo es similar entre ellos y muy parecida a la obtenida para el total del arbolado. Algo muy parecido ocurre con el estadístico porcentaje relativo (RP). El arbolado perteneciente al grupo de mayor productividad, no presenta un comportamiento bimodal, predominando los años con producciones intermedias. Para el resto son más frecuentes los años de bajas productividades (3,24 años de media para el grupo 2 y 3,04 años para el grupo 3), seguidos de años muy productivos (1,88 años de media para el grupo 2 y 1,82 años para el grupo 3). Los dos grupos más productivos presentan un alto valor de la bianualidad (B), alcanzando máximos de producción cada dos años (B alcanza valores de 95,0% y 73,5% respectivamente). El tercer grupo presenta un valor más bajo para este índice (50,0%). La mayor bianualidad de aquellos árboles más productivos se explicaría por la necesidad de acumular reservas en años de descarga para formar el mayor número de semillas posible en el año en carga (Wright, 1989; Ramírez, 2001), además de estar sometidos a una mayor inhibición de yemas florales en aquellos años de altas cosechas. Además la sincronización del arbolado dentro de cada grupo es mayor respecto a la estimada para todo el arbolado. No obstante, parece que los grupos de mayor productividad presentan mayor grado de sincronía, aunque entre ellos se encuentran totalmente desincronizados. De acuerdo con Dey (1995), quien indica que las buenas cosechas ocurren cuando coincide que la mayor parte de los árboles muy productores alcanzan un año de carga, el arbolado del segundo grupo parece ser el determinante a la hora de conseguir mayores producciones medias, ya que, aunque es menos productivo que el

arbolado del grupo uno, es más numeroso. Pero, al estar el arbolado medianamente sincronizado, también determina las bajas producciones medias para una zona.

Considerando estos tres comportamientos productivos del arbolado, el coeficiente de concordancia, diferente entre grupos, no parece estar relacionado con las variaciones entre años de la producción, de similar magnitud entre grupos, lo que apoya la hipótesis de que la sincronía y la variabilidad de las producciones individuales han evolucionado de manera independiente, probablemente como estrategia para asegurar la supervivencia de un cierto número de semillas en medios muy cambiantes y con alta ocurrencia de sucesos drásticos e impredecibles como el mediterráneo (Herrera *et al.*, 1998, Koenig *et al.*, 2003).

La existencia de diferentes comportamientos productivos confirma la gran variabilidad individual sobre la que se sustenta la producción media de bellota de encina en una dehesa determinada, variabilidad (entre individuos y entre años) que ha tratado de explicarse a la luz de distintas teorías. En la tabla 21 se resumen algunas características productivas de los tres grupos identificados y la capacidad que tienen las teorías de la concordancia de recursos, del saciado de los predadores, de la eficiencia de la polinización y de los agentes dispersantes de semillas de explicar estos comportamientos. Sin embargo, y coincidiendo con Sork *et al.* (1993) y Koenig *et al.* (1994) encontramos insuficiente una sola teoría para explicar las variaciones de la producción de bellota del conjunto del arbolado y de los distintos grupos productivos.

Para los dos primeros grupos, con un claro comportamiento bianual de la producción y con unas altas variaciones interanuales, la teoría de la concordancia de recursos pierde vigencia frente a teorías como la de saciado de predadores y la de los agentes dispersores de semillas, pues estas altas oscilaciones bianuales que se producen de manera regular, difícilmente pueden ser explicadas por variaciones bianuales en la cantidad de recursos disponibles (pluviometría, nutrientes, etc.). Sin embargo, sí es posible entender, a la luz de la teoría de la concordancia de recursos, el comportamiento productivo del arbolado perteneciente al grupo tres, que se caracteriza por una menor productividad, pero sin presentar bianualidad y que mantiene unas producciones superiores y constantes durante los tres primeros años, seguidas de unas producciones inferiores y constantes durante el periodo restante de menor pluviometría, o la del conjunto del arbolado.

Por otro lado, las teorías del saciado de predadores y de los agentes dispersores de semillas, que pueden explicar satisfactoriamente el comportamiento productivo para el caso de los dos primeros grupos de forma aislada, pierden fuerza y difícilmente justifican la evolución de la producción cuando los grupos coexisten en el tiempo y en el espacio,

especialmente la teoría del saciado de predadores. Así, aunque las producciones contrastadas entre años de ambos grupos podrían mantener las poblaciones de predadores controladas y reducir la pérdida de semillas por saciado de los mismos, posibilitando su escape, su efecto quedaría minimizado por la marcada asincronía existente entre estos dos grupos, que provoca unas producciones conjuntas muy estables. En cambio, sí podrían tener sentido estas teorías a la hora de entender estrategias individuales de reproducción, frente a estrategias colectivas o de la población, entendiendo que las oscilaciones en la producción individual no buscan tanto la supervivencia de un cierto número de semillas, cualesquiera que sea su procedencia, sino que cada árbol plantea su propia estrategia con el objetivo de que sean sus semillas las que sobrevivan. Así, unas producciones muy contrastadas entre árboles permite la atracción de los predadores hacia aquellos individuos más productivos, pero también la de los agentes dispersantes. Esta estrategia de supervivencia a nivel individual iría también en consonancia con las preferencias que los predadores muestran por la semilla de determinados individuos (Muñoz y Bonal, 2008; Pérez Ramos *et al.*, 2008; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009). Sin embargo, tal y como apuntan algunos autores (Herrera *et al.*, 1998, Koenig *et al.*, 2003, Liebhold *et al.*, 2004), la sincronización productiva de un cierto nivel de población permitiría esfuerzos reproductivos a gran escala y podría resultar una estrategia más eficiente y exitosa a la hora de la reproducción y supervivencia de la especie. En nuestro caso, se ha comprobado una tendencia de aumento de la sincronía en años con producciones elevadas, cuando coincide la producción del arbolado del tercer grupo, el más numeroso aunque con menores producciones y grado de sincronía interna, con producciones altas de bellota del segundo grupo.

Las oscilaciones bianuales, el patrón alternante que muestran los dos primeros grupos, es coherente con la necesidad del árbol de recuperarse del gasto reproductivo realizado en años de carga, pues como indican Isagi *et al.* (1997) y Satake y Iwasa (2000) un árbol es capaz de producir una cosecha abundante cuando los recursos almacenados están por encima de un determinado umbral, siendo esta variable una característica individual de cada árbol; cuando el nivel se encuentra por debajo de ese umbral, el árbol no produce o la cosecha es mínima.

Como puede comprobarse el tema dista mucho de estar cerrado (Koenig y Ashley, 2003), quizás porque no existe un simple factor que explique los patrones de producción en un género tan diverso como el de los *Quercus*. Precisamente puede ser este aparente caos y desincronización de las producciones lo que garantiza su pervivencia.

Tabla 22. Adecuación de las características de cada grupo productivo a las diferentes hipótesis o teorías que tratan de explicar las pautas productivas de los árboles (modificación de tabla similar propuesta por Koenig *et al.*, 1994)

| Características de la producción de bellota | Grupos productivos | | |
|---|--|--|--|
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 |
| <i>Intraanualmente</i> | | | |
| Variación en la producción de bellota es de cuantía: La evolución de esta variable es coherente con la: | Moderada Teoría (1) o (4) | Moderada Teoría (1) o (4) | Moderada-Alta Teoría (1) o (4) |
| ¿Existe una distribución bimodal de los esfuerzos reproductivos? La evolución de esta variable es coherente con las: | No Teorías (1) o (2) o (3) | No Teorías (1) o (2) o (3) | No Teorías (1) o (2) o (3) |
| <i>Interanualmente</i> | | | |
| Variación en la producción de bellota es de cuantía: La evolución de esta variable es coherente con las: | Moderada-Alta Teorías (1) o (2) o (3) | Moderada-Alta Teorías (1) o (2) o (3) | Moderada-Alta Teorías (1) o (2) o (3) |
| ¿Existe una distribución bimodal de los esfuerzos reproductivos? La evolución de esta variable es coherente con las: | No Teoría (1) o (4) | Sí Teorías (2) o (3) | Sí Teorías (2) o (3) |
| ¿Existencia de años sin producción? La evolución de esta variable es coherente con las: | No Teoría (1) o (4) | No Teoría (1) o (4) | Sí Teorías (2) o (3) |
| ¿Existencia de altas producciones durante años consecutivos? La evolución de esta variable es coherente con las: | No Teoría (2) o (3) o (4) | No Teoría (2) o (3) o (4) | Sí Teorías (1) o (3) o (4) |
| ¿Existencia de ciclos productivos regulares en individuos? La evolución de esta variable es coherente con las: | Quizás Teoría (1) o (2) o (3) o (4) | Quizás Teoría (1) o (2) o (3) o (4) | Quizás Teoría (1) o (2) o (3) o (4) |

(1) Teoría de la concordancia de recursos; (2) Teoría del saciado del predador; (3) Teoría de la eficiencia de la polinización; (4) Teoría de los agentes dispersantes de semillas

La diseminación de la bellota durante la montanera

La duración media del periodo de diseminación de bellota de un árbol ha sido diferente según el año, oscilando entre los 36 días de 2006-07 y los 72 de 2003-04. Podemos decir que hemos tenido años en los que el periodo de diseminación de la bellota ha sido largo (2003-04 y 2005-06), de duración media (2001-02, 2002-03 y 2004-05) y una montanera de duración corta (2006-07). Estos valores son claramente inferiores a los encontrados por López-Carrasco *et al.* (2007) para dehesas de Toledo, durante los años 2001-02 al 2005-06, donde la recogida de bellota se ha prolongado en algunos árboles hasta el 10 de marzo, y donde la duración media del periodo de diseminación ha oscilado entre los 76 y 128 días. La existencia de unos otoños e inviernos más fríos en esta zona parece propiciar unos patrones de diseminación de la bellota mucho más prolongados en el tiempo. En cambio Díaz (2000), en un estudio realizado sobre alcornoques en El Pardo para los años 1997-1999 encuentra un

periodo de diseminación mucho más corto, que oscilan entre 45 y 30 días, y con un inicio mucho más retrasado, por lo general a finales de noviembre, lo que puede deberse a la mayor altitud y latitud de esa zona y a la distinta especie analizada, el alcornoque, que tiene una fenología más tardía (Vázquez, 1998b).

La bibliografía indica que el periodo de máxima caída de bellota se concentra desde mediados de noviembre a mediados de diciembre (Díaz, 2000; Sánchez, 2002; Fernández Ranchal, 2005; López-Carrasco *et al.*, 2005; López-Carrasco *et al.*, 2007). En este caso, salvo para la campaña 2004-05, más de un 75% de los árboles han comenzado a diseminar la bellota antes del 17 de noviembre. Para una misma área, esta fecha puede adelantarse o atrasarse en función de las condiciones meteorológicas, (Díaz, 2000; Ramos, 2002), lo que también está en consonancia con lo encontrado aquí, pues se detectan diferencias entre años de más de un mes, tanto en el inicio como en la finalización. Además, años como el 2004-05 y 2005-06, presentan una diseminación más atrasada y dispersa que el resto. La campaña 2004-05 caracterizada por un otoño seco, pues únicamente llueve en su inicio, habría dificultado la maduración de fruto haciéndola depender exclusivamente de los recursos de la zona en la que vegeta el árbol, y de la capacidad de éste para obtenerlos y gestionarlos (Yamauchi, 1996; Kelly y Sork, 2002; Shibata, 2002). De hecho es el año en el que el arbolado presenta una mayor heterogeneidad en comenzar a diseminar la bellota.

Díaz (2000), indica que el inicio y duración de la diseminación de la bellota parece ser fruto de la interacción entre las condiciones climáticas de la primavera, verano y el otoño, y las características fenológicas propias de los árboles, controladas éstas por factores genéticos, con una elevada heredabilidad y con una importante variación entre individuos dentro de una masa (Jensen, 1993; Liepe 1993; Deans y Harvey, 1995; Ducouso *et al.*, 1996). En este trabajo, hemos encontrado árboles con tendencia a madurar pronto la bellota (tempranos), otros con tendencia a retrasar la maduración (tardíos) y un tercer grupo con un periodo de diseminación escalonado en el tiempo, en el que un alto porcentaje de la bellota cae principalmente en las fechas centrales. Los árboles catalogados como tempranos o tardíos pueden mostrar un comportamiento escalonado algunos años; los primeros lo hacen generalmente cuando presentan altos niveles de producción, y los segundos cuando nos encontramos ante una montanera de corta duración. Los árboles con periodo de diseminación escalonado pueden virar a tempranos en montaneras cortas y/o de baja cuantía. Así pues, las condiciones meteorológicas (Díaz, 2000; Elena-Rosello *et al.*, 1993) pero también el nivel de producción del año parecen condicionar los patrones de diseminación, sin que ningún árbol presente un comportamiento definido y estable en el tiempo. Para otros caracteres fenológicos

como la brotación se observa este mismo efecto, con una fuerte influencia de las condiciones climáticas que determinan el retraso o la precocidad, pero también con una gran heterogeneidad de comportamientos en el arbolado (McGee, 1974; Kriebel *et al.*, 1976; Schiarbaum y Baley, 1981; Stephan *et al.*, 1996). Díaz (2000), Elena-Rosello *et al.* (1993) y Ramos (2002), analizando la fenología del brote vegetativo y la floración del alcornoque han encontrado una gran variación entre individuos y años. Las diferencias pueden llegar a ser superiores a un mes, tanto en la duración del periodo de crecimiento como entre las fechas de inicio de la brotación. Las diferencias en maduración y caída de la bellota entre individuos y la modificación de los patrones por aspectos productivos o meteorológicos permite maximizar las posibilidades de supervivencia de las semillas en un medio con gran cantidad de consumidores (Graber y Leak, 1992; Díaz, 2000; Hongmao *et al.*, 2003) y en el que las condiciones favorables para su germinación varían tremendamente entre años debido a las irregularidades climáticas del otoño en el mediterráneo.

La producción de bellota y su distribución por la copa

Desde el punto de vista ecofisiológico, las distintas capas y estratos de la copa constituyen hábitats diferentes debido a la distinta influencia en los mismos de tres factores fundamentales: luz, temperatura y acceso a agua y nutrientes (Ramos, 2002).

En este trabajo se han encontrado diferencias significativas en cuanto a productividad en función de la situación de la bellota dentro de la copa del árbol (exterior o interior) obteniéndose los mayores valores medios para situaciones exteriores. Estas diferencias parecen ser mayores los años de mayor producción. Aunque sin diferencias significativas, se encuentran mayores valores medios de productividad en posiciones de la copa orientadas al sur frente a aquellas que lo hacen hacia el norte. En el trabajo realizado por Cañellas (1992) con unas características parecidas, sí se encuentran diferencias significativas en la productividad de bellotas entre orientaciones y entre el interior y exterior del árbol. Son numerosos los estudios realizados sobre cultivos leñosos que informan de la influencia de la iluminación en la obtención de cosechas más cuantiosas y tempranas (Westwood, 1982; Gil Albert, 1991; Razeto y Díaz de Valdés, 2001). En producciones forestales es más complicado la obtención de resultados concluyentes, aunque autores como Drake (1991) Johnson (1994), Bellocq *et al.* (2005) y Lombardo y [McCarthy](#) (2008) detectan unas mayores producciones medias cuando se aclaran las masas y se mejora la iluminación, y Peter y Harrington (2002) encuentran una mayor producción en las partes altas de la copa en bosques densos de robles

en los que la competencia por la luz es un factor limitante. También Ramos (2002) encuentra una mayor proporción de flores femeninas y una mayor sincronización y eficiencia de la polinización en zonas abiertas y bien iluminadas y además estas flores, en plantas anemófilas como la encina, suelen concentrarse en zonas bajas-medias de la copa y en el exteriores.

La ausencia de diferencias entre orientaciones en nuestro caso, podría deberse a la orografía llana de la explotación, que impide la formación marcada de solanas y de umbrías, y a la existencia de un arbolado bien formado que presenta copas simétricas, homogéneas y bien aireadas e iluminadas que optimizan y homogeneizan la superficie productiva (Rúper, 1957; Cañellas, 1992; Pastor y Humanes, 2000).

Conclusiones

- La productividad media de bellota de encina en la dehesa durante los seis años analizados ha sido de 252 g/m^2 , con valores máximos de 407 g/m^2 y mínimos de 84 g/m^2 . La productividad alcanzada los tres primeros años ha sido alta y baja la registrada en los tres restantes.
- La variación de la productividad entre encinas para un mismo año es alta, encontrándose una gran diferencia entre valores máximos y mínimos, y un alto valor del coeficiente de variación, que alcanza la cifra de 100,4% para el periodo de estudio. Las encinas sufren importantes variaciones en la producción de bellota a lo largo del tiempo, con un coeficiente de variación que alcanza el valor medio de 85,8%. La variación temporal es por tanto de cuantía inferior a la variación espacial.
- Existe una alta concentración de la productividad sobre un reducido número de encinas. Dependiendo del año, el 50% de la productividad acumulada la proporciona entre el 12%-19% del arbolado.
- Se ha detectado la presencia de bimodalidad en el comportamiento productivo de la encina en la dehesa, es decir, existen productividades muy contrastadas entre años: predominan años con bajas productividades (3,02 de cada 6 años) y años con altas productividades (1,8 de cada 6 años) sobre años con productividades intermedias. La presencia de bianualidad o alternancia de las producciones es elevada, predominando las encinas que, tras un año de mayor producción le sigue otro de menor producción y viceversa. Además, existe un bajo grado de sincronía entre las encinas a la hora de producir bellota en la dehesa ($W= 0,396$).

- En una misma dehesa coexisten encinas con distinto comportamiento productivo en el tiempo. Se han identificado tres grupos: dos grupos caracterizados por presentar altas producciones de bellotas y fuertes oscilaciones bianuales y otro grupo, más numeroso, con producciones más bajas pero sin un carácter bianual. Existe una alta asincronía entre las encinas de cada grupo, especialmente entre los dos grupos más productivos que se encuentran en contralternancia, pero hay una alta sincronía entre las encinas pertenecientes al mismo grupo, especialmente en los grupos más productivos.
- La duración media del periodo de diseminación de bellota de un árbol ha sido diferente según el año, oscilando entre los 36 y los 72 días. Hemos tenido años en los que el periodo de diseminación de la bellota ha sido largo (2003-04 y 2005-06), de duración media (2001-02, 2002-03 y 2004-05) y de duración corta (2006-07).
- Salvo para la campaña 2004-05, más de un 75% de los árboles comienzan a diseminar la bellota antes de mediados de noviembre y más del 80% la finalizan a final de diciembre. Sin embargo, se detectan diferencias entre años de más de un mes, tanto en el inicio como en la finalización del periodo de diseminación de bellota.
- Dentro de un año, existen encinas que muestran una tendencia a diseminar pronto la bellota (tempranas), otras con tendencia a retrasar la maduración (tardías) y un tercer grupo que exhibe un patrón de diseminación de la bellota escalonado en el tiempo, en el que un alto porcentaje de la bellota cae principalmente en las fechas centrales. Este comportamiento no se mantiene de forma consistente en el tiempo. Las encinas tempranas o tardías pueden mostrar un comportamiento escalonado algunos años; las primeras lo hacen generalmente cuando presentan altos niveles de producción, y las segundas cuando nos encontramos ante una montanera de corta duración. Las encinas con periodo de diseminación escalonado pueden virar a tempranas en montaneras cortas y/o de baja cuantía. Las condiciones meteorológicas pero también el nivel de producción del año parecen condicionar los patrones de diseminación, sin que ningún árbol presente un comportamiento definido y estable en el tiempo.
- La productividad de bellota no se reparte de forma homogénea por la copa de la encina. Los años de alta cosecha la productividad es significativamente mayor en el exterior que en sectores interiores de la copa.



CAPÍTULO 2. Componentes de la productividad y morfología de la bellota de encina en la dehesa

*“El mío gocho fue a la foi y vino como foi, fue a la chande y fue pequeño y vino grande”
(Mi cerdo fue al hayuco y vino como fue, fue a la bellota y fue pequeño y vino grande)*

(Trabalenguas asturiano)

Parcialmente publicado en :

CARBONERO MUÑOZ, M.D; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; FERNÁNDEZ RANCHAL, A., 2008. Producción y morfología de bellota. Influencia de la poda y de la variedad. Evolución a lo largo de la montanera. En: *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, 205-223. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* (Eds.). Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba.

Introducción

Aunque el tamaño de la semilla es considerado como uno de los parámetros reproductivos más constante de las plantas, la realidad es que existe una importante variación, que se ha puesto de manifiesto entre poblaciones, entre años, entre individuos, y dentro de un mismo individuo (Garrido *et al.*, 2005). La alta variación en el tamaño de la semilla radica, entre otros aspectos, en la dependencia del tamaño de dos variables, el número de semillas que la planta determina producir y la cantidad de recursos disponibles. Así, uno de los costes de oportunidad más asumidos en ecología es el existente entre número y tamaño de las semillas (Smith y Fretwell 1974; Jakobsson y Eriksson, 2000). Los *Quercus*, como especies con una altísima variabilidad de sus producciones de bellotas, muestran también una importante oscilación interanual en el tamaño de sus semillas. A priori, un mayor tamaño de la bellota presenta múltiples ventajas para la supervivencia, pues la semilla grande presenta una mayor tolerancia a heladas, desecaciones, y por tanto tiene una mayor tasa de germinación, y produce una planta de mayor vigor y crecimiento. Sin embargo, algunos autores (Geritz 1995, 1998; Sakai *et al.* 1998; Eriksson y Jakobsson 1999; Gómez, 2004), indican que un mayor tamaño puede no ir ligado a un mayor porcentaje de semillas establecidas, pues también es consumida en mayor medida que aquella de menores dimensiones. De hecho, el tamaño es la principal variable que condiciona la elección de una bellota u otra por parte de sus predadores, que parecen preferir aquellas de gran tamaño y gruesas (Vázquez, 1998; García *et al.*, 2003; Gómez, 2004; Rodríguez Estévez *et al.*, 2007). Así, la variación en el tamaño de la semilla dentro de la planta puede tener un carácter adaptativo, y surgir como consecuencia de la existencia de presiones selectivas en distinta dirección como serían la predación, la dispersión y la capacidad de establecimiento. Contar pues con información acerca de las variaciones temporales que se producen en el tamaño de las bellotas de encina en la dehesa, cuya sostenibilidad ecológica y económica depende en gran parte de las características de las mismas, así como su relación con la carga productiva del árbol se nos antoja de gran interés, máxime cuando no existen demasiados estudios que la aborden.

Así pues, en este trabajo se ha pretendido: i. evaluar los componentes de la productividad de bellota de la encina en la dehesa, el número y el peso de la bellota y analizar el efecto que sobre estas variables tiene el individuo, el año, la fecha de diseminación y la posición dentro de la copa; ii. evaluar la forma de la bellota de encina

en la dehesa su longitud, grosor y ratio longitud/grosor y cómo varia en relación al individuo, el año, la fecha de diseminación y la posición dentro de la copa; iii evaluar la variabilidad del peso, longitud y grosor de la bellota dentro de la encina y analizar en qué medida esta variabilidad está asociada al individuo, al año, a la fecha de diseminación, o a sectores de la copa del árbol.

Material y método

Zona de trabajo

La descripción del área de estudio se encuentra desarrollada en el apartado general de material y método.

Elección de árboles. Diseño muestral

La descripción de la elección de los árboles se describe en el apartado correspondiente de material y método comunes.

Recogida y manipulación de la bellota

Este apartado se encuentra desarrollado en el apartado general de material y método.

Variables consideradas y tratamiento de los datos

Se ha trabajado con el número de bellotas/m² que en cada fecha y año se han recogido de cada contenedor (cuatro por árbol, dos situados al norte, uno en el exterior y otro en el interior y dos en el sur, uno en posición exterior y otro en el interior de la copa). De las bellotas recogidas en cada contenedor (por fechas y años) se obtenía el peso fresco medio de la bellota, a partir del cociente entre el peso fresco total y el número de bellotas cosechadas, la longitud, grosor y ratio longitud/grosor como media de la longitud, grosor y ratio L/G de todas las bellotas recogidas en cada contenedor. Los componentes del rendimiento, el número de bellotas y el peso de la bellota, así como la forma de la bellota (longitud, grosor y ratio L/G) se han analizado mediante un ANOVA considerando cómo factores el árbol, el año, la fecha de recogida del fruto (inicio, mitad o final de la montanera), la orientación del contenedor (norte o sur) y la situación del contenedor (exterior o interior) dentro de la copa del árbol. El árbol se ha considerado factor aleatorio y el resto factores fijos. La estructura del modelo ha sido la siguiente:

$$X_{ijklm} = \mu + A_i + C_j + F_k + O_l + S_m + (AC)_{ij} + (CF)_{jk} + (CO)_{jl} + (CS)_{jm} + (FO)_{kl} + (FS)_{km} + \varepsilon_{ijklm}$$

donde μ es la media general, A es el árbol ($i=1,2,\dots,50$) (aleatorio), C es el año ($j=1,2,\dots,6$) (efecto fijo), F es la fecha de recogida ($k=1,2,3$) (efecto fijo), O es la orientación ($l=1,2$) (efecto fijo), S es la situación ($m=1,2$) (efecto fijo), $(AC)_{ij}$ es la interacción debida al árbol y al año (efecto aleatorio), $(CF)_{jk}$ es la interacción debida al año y a la fecha de recogida (efecto fijo), $(CO)_{jl}$ es la interacción debida al año y a la orientación (efecto fijo), $(CS)_{jm}$ es la interacción debida al año y a la situación (efecto fijo), $(FO)_{kl}$ es la interacción debida a la fecha de recogida y a la orientación (efecto fijo), $(FS)_{km}$ es la interacción debida a la fecha de recogida y a la situación (efecto fijo) y ε_{ijklm} el error experimental. Para la realización de este análisis se utilizó el procedimiento GLM del programa SAS/STAT v. 9.2.

Para cada árbol y año se ha calculado el peso fresco medio de su bellota, la longitud, el grosor y el ratio L/G característico de su bellota como media de los datos recogidos en los cuatro contenedores en las distintas fechas de la montanera. El número de bellotas por m^2 se ha calculado promediando los cuatro contenedores y sumando las bellotas recogidas en las distintas fechas. Mediante ANOVA de una vía se ha analizado las diferencias en los componentes de la productividad y en la forma de la bellota considerando como factor de variación el año, La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Cuando los datos no cumplían estas condiciones se procedió a su transformación logarítmica. Para la formación de grupos homogéneos tras la realización de los análisis de la varianza se empleó el test de Sheffé. Los programas estadísticos utilizados fueron STATISTICA v. 6.0, y SPSS v. 11.0 versión para Windows. Este análisis se ha realizado para el conjunto de la masa y para cada uno de los tres comportamientos productivos identificados.

La variabilidad que muestran estos parámetros en el conjunto de la masa se ha analizado a partir del coeficiente de variación (CV). Asimismo, se ha determinado el coeficiente de variación que presentan estas variables a lo largo del tiempo en cada árbol (CV_i) y, a través del coeficiente de correlación de Pearson, se ha visto la relación que guardan estas variables entre años. El comportamiento temporal se ha analizado también mediante el índice RP, el porcentaje que supone el número de bellotas/ m^2 , el

peso fresco, la longitud, el grosor y el ratio L/G mínimo respecto del máximo computado en el periodo de los seis años. La sincronía en la evolución de estas variables se ha estudiado mediante el coeficiente de concordancia W de Kendall. La variabilidad y sincronía de la morfología y peso de la bellota se ha estudiado para el conjunto de la masa y para cada uno de los tres comportamientos productivos identificados en el arbolado de esta dehesa.

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson y Spearman y técnicas de regresión, se ha estudiado la relación que existe entre estas variables morfológicas así como entre la productividad del árbol y sus componentes (número de bellotas y peso) y entre la productividad y la longitud, grosor y ratio L/G de la bellota.

Para analizar la variabilidad que experimenta el peso fresco, la longitud y el grosor de la bellota dentro del árbol y si su magnitud cambia asociada a distintos factores, hemos procedido de la siguiente manera. Para cada árbol, se ha calculado el coeficiente de variación de la longitud y grosor de las bellotas recogidas en cada contenedor por fecha de muestreo y año. Para el caso del peso fresco de la bellota y dado que éste se tenía por contenedor, se ha calculado por un lado el coeficiente de variación considerando para cada contenedor los pesos frescos de las bellotas recogidas en las distintas fechas y por otro lado, para cada fecha, los pesos frescos de las bellotas recogidas en los contenedores. Para analizar en qué medida el coeficiente de variación de la longitud y del grosor de la bellota fluctúa con el individuo, el año, la fecha de recogida de la bellota (inicio, mitad y final de la montanera), la situación (exterior/interior) y la orientación (norte/sur) de la copa del árbol, hemos probado un modelo con la siguiente estructura:

$$- X_{ijklm} = \mu + A_i + C_j + F_k + O_l + S_m + (AC)_{ij} + (CF)_{jk} + (CO)_{jl} + (CS)_{jm} + (FO)_{kl} + (FS)_{km} + \varepsilon_{ijklm}$$

Para el caso del peso fresco de la bellota, hemos considerados dos modelos, a saber:

$$- X_{ijk} = \mu + A_i + C_j + F_k + (AC)_{ij} + (CF)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

$$- X_{ijlm} = \mu + A_i + C_j + O_l + S_m + (AC)_{ij} + (CO)_{jl} + (CS)_{jm} + \varepsilon_{ijlm}$$

donde μ es la media general, A es el árbol, considerado aleatorio ($i=1,2,\dots,50$), C es el año, efecto fijo ($j=1,2,\dots,6$), F es la fecha de recogida, efecto fijo ($k=1,2,3$), O es la orientación, factor fijo ($l=1,2$), S es la situación, también factor fijo ($m=1,2$), $(AC)_{ij}$ es la interacción debida al árbol y al año (efecto aleatorio), $(CF)_{jk}$ es la interacción debida al año y a la fecha de recogida (efecto fijo), $(CO)_{jl}$ es la interacción debida al año y a la

orientación (efecto fijo), $(CS)_{jm}$ es la interacción debida al año y a la situación (efecto fijo), $(FO)_{kl}$ es la interacción debida a la fecha de recogida y a la orientación (efecto fijo), $(FS)_{km}$ es la interacción debida a la fecha de recogida y a la situación (efecto fijo) y ε_{ijklm} el error experimental.

Para la realización de este análisis se utilizó el procedimiento GLM del programa SAS/STAT v. 9.2.

Resultados

Morfología de la bellota de encina en la dehesa y sus relaciones. Variación entre árboles y evolución en el tiempo.

En la tabla 1 pueden consultarse los resultados del análisis de la varianza que analiza el efecto de los factores árbol, año, fecha de recogida, orientación y situación sobre las variables número de bellotas por metro cuadrado, peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota.

Tabla 1. Análisis de la varianza para las variables número de bellotas por metro cuadrado, peso fresco (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota en función de los factores árbol, año, fecha de recogida, orientación (norte o sur) y situación (exterior o interior) del fruto dentro de la copa del árbol para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| | g.l. | Nº bellotas/m ² | | Peso | | Longitud | | Grosor | | Ratio L/G | |
|-------------------------------|------|----------------------------|-------------------|-------|-------------------|----------|-------------------|--------|-------------------|-----------|-------------------|
| | | F | p | F | p | F | p | F | p | F | p |
| Árbol | 49 | 2,03 | 0,0002 | 6,45 | <0,0001 | 9,00 | <0,0001 | 12,19 | <0,0001 | 26,60 | <0,0001 |
| Año | 5 | 11,28 | <0,0001 | 82,13 | <0,0001 | 53,69 | <0,0001 | 77,28 | <0,0001 | 15,46 | <0,0001 |
| Fecha de recogida | 2 | 10,9 | <0,0001 | 36,98 | <0,0001 | 64,56 | <0,0001 | 40,96 | <0,0001 | 4,24 | 0,015 |
| Orientación | 1 | 3,89 | 0,049 | 0,00 | 0,993 | 0,39 | 0,530 | 0,00 | 0,974 | 0,07 | 0,790 |
| Situación | 1 | 6,95 | 0,008 | 1,47 | 0,226 | 3,90 | 0,048 | 19,24 | <0,0001 | 12,21 | <0,0001 |
| Árbol*Año | 233 | 2,52 | <0,0001 | 6,03 | <0,0001 | 24,54 | <0,0001 | 16,18 | <0,0001 | 12,89 | <0,0001 |
| Año* Fecha de recogida | 10 | 9,58 | <0,0001 | 8,98 | <0,0001 | 16,38 | <0,0001 | 16,35 | <0,0001 | 15,40 | <0,0001 |
| Año*Orientación | 5 | 0,75 | 0,585 | 0,27 | 0,930 | 0,47 | 0,802 | 0,53 | 0,752 | 1,50 | 0,186 |
| Año*Situación | 5 | 1 | 0,414 | 2,88 | 0,013 | 2,25 | 0,046 | 3,43 | 0,004 | 0,98 | 0,428 |
| Fecha de recogida*Orientación | 2 | 0,71 | 0,491 | 0,60 | 0,549 | 5,71 | 0,003 | 7,34 | 0,001 | 0,38 | 0,684 |
| Fecha de recogida*Situación | 2 | 0,31 | 0,730 | 0,45 | 0,638 | 0,34 | 0,714 | 1,61 | 0,200 | 1,09 | 0,336 |

En la tabla 1 se pone de manifiesto la influencia significativa del factor árbol sobre las variables analizadas y del año de muestreo. También significativa resulta su interacción lo que indica que cada árbol evoluciona de manera diferente cada año.

En las tablas 2 y 3 se exponen los valores medios de las variables número de bellotas por metro cuadrado de copa, peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la semilla para cada año de muestreo. Para la variable número de bellotas encontramos los mayores valores en 2003-04 y los menores en 2004-05 y 2006-07. El resto de años presenta valores intermedios aunque de cuantía superior en el primer trienio. Los coeficientes de variación son máximos los años 2004-05 y 2006-07 presentando el resto de años una cuantía inferior.

El análisis de la varianza encuentra un año con valores medios de peso de bellota muy bajos (2,0 g en 2005-06) y un año con unos valores muy altos (6,0 g en 2006-07). El resto de años encontramos valores intermedios aunque habría que destacar que el año en el que se alcanza un mayor valor de número de semillas, también se encuentran unos valores de peso medio muy bajos (2003-04) mientras que 2002-03 y 2004-05 que son años con producciones inferiores arrojan valores de peso medio superiores. Dentro de cada año existe una gran variabilidad entre valores máximos y mínimos y es especialmente alta la amplitud de rango que se detecta en la montanera 2004-05, que abarca desde los 1,8 a los 12,7 g. En la tabla 2 pueden consultarse también los valores del coeficiente de variación entre árboles que oscilan entre 31% (años 2002-03 y 2006-07) y 45% (año 2005-06).

Tabla 2. Valores medios, error estándar, máximos, mínimos y coeficiente de variación del número de bellotas por metro cuadrado y del peso fresco de la bellota para los años 2001-02 a 2006-07. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Scheffe ($p < 0,05$) para el ANOVA que toma como factor de variación el año de muestreo.

| Año | Nº de bellotas/m ² | | | | | | Peso fresco de bellota (g) | | | | | |
|---------|-------------------------------|-------|----|------|------|--------|----------------------------|--------|------|------|------|--------|
| | n | Media | EE | Max. | Min. | CV (%) | n | Media | EE | Max. | Min. | CV (%) |
| 2001-02 | 50 | 95 c | 14 | 432 | 0 | 103 | 49 | 4,9 c | 0,14 | 8,9 | 1,8 | 34 |
| 2002-03 | 50 | 66 bc | 10 | 356 | 0 | 102 | 48 | 5,4 cd | 0,14 | 10,4 | 2,6 | 31 |
| 2003-04 | 50 | 140 d | 20 | 704 | 0 | 101 | 49 | 3,6 b | 0,1 | 6,2 | 1,5 | 36 |
| 2004-05 | 50 | 40 a | 8 | 292 | 0 | 147 | 48 | 5,0 cd | 0,15 | 12,7 | 1,8 | 38 |
| 2005-06 | 50 | 44 ab | 6 | 221 | 0 | 94 | 49 | 2,0 a | 0,07 | 6 | 0,2 | 45 |
| 2006-07 | 50 | 26 a | 6 | 219 | 0 | 149 | 45 | 6,0 d | 0,17 | 10,7 | 1,3 | 31 |

La longitud parece evolucionar durante el periodo analizado en el mismo sentido que el peso. Alcanza los mayores valores medios el año 2006-07, unos valores

intermedios en los años 2001-02 a 2003-04 y los menores valores medios durante el año 2005-06. La distribución del grosor se parece también a la del peso, pues durante los años 2002-03 y especialmente durante 2006-07 alcanza los mayores valores medios y los menores valores los alcanza durante 2005-06. El ratio sin embargo tiene una evolución distinta. Los máximos valores, es decir las bellotas más alargadas se alcanzan los años 2001-02 y 2005-06, mientras que los años 2002-03 y 2006-07 encontramos bellotas más redondeadas.

En la tabla 3 pueden consultarse también los valores de coeficiente de variación entre árboles para las variables anteriores. Para el caso de la longitud éstos oscilan entre el 11% y el 15%, y para el grosor entre el 11% y el 17%. Son valores inferiores a los de la variable peso. Los coeficientes de variación del ratio L/G son de similar magnitud.

Tabla 3. Valores medios, error estándar, máximos, mínimos y coeficiente de variación de la longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota para los años 2001-02 a 2006-07. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Scheffe ($p < 0,05$) para el ANOVA que toma como factor de variación el año de muestreo.

| Año | Longitud (mm) | | | | | | Grosor (mm) | | | | | Ratio L/G | | | | |
|---------|---------------|---------|------|-------|-------|--------|-------------|------|-------|-------|--------|-----------|------|------|------|--------|
| | n | Media | EE | Max. | Min. | CV (%) | Media | EE | Max. | Min. | CV (%) | Media | EE | Max. | Min. | CV (%) |
| 2001-02 | 49 | 34,41 c | 0,6 | 42,58 | 22,68 | 12 | 14,42 c | 0,30 | 19,36 | 10,19 | 14 | 2,41 c | 0,05 | 3,60 | 1,94 | 14 |
| 2002-03 | 48 | 34,57 c | 0,53 | 43,36 | 27,17 | 11 | 16,03 d | 0,25 | 20,71 | 11,98 | 11 | 2,17 a | 0,04 | 2,89 | 1,72 | 13 |
| 2003-04 | 49 | 31,31 b | 0,63 | 41,32 | 21,54 | 14 | 13,64 b | 0,28 | 17,29 | 8,84 | 15 | 2,33 b | 0,05 | 3,59 | 1,75 | 16 |
| 2004-05 | 48 | 33,59 c | 0,67 | 43,25 | 23,62 | 14 | 14,79 c | 0,36 | 19,74 | 9,25 | 17 | 2,32 b | 0,06 | 3,58 | 1,70 | 18 |
| 2005-06 | 49 | 27,45 a | 0,58 | 39,14 | 19,00 | 15 | 11,21 a | 0,27 | 15,08 | 5,00 | 17 | 2,49 c | 0,06 | 3,80 | 1,78 | 16 |
| 2006-07 | 45 | 37,75 d | 0,72 | 46,80 | 25,16 | 13 | 16,60 d | 0,30 | 20,58 | 12,13 | 12 | 2,29 ab | 0,05 | 3,21 | 1,77 | 14 |

Se ha encontrado que las variables anteriores sufren importantes oscilaciones en el individuo a lo largo de los años. Los coeficientes de variación medios más altos los presenta la variable número de bellotas por metro cuadrado (tabla 4) seguido de la variable peso. Las variables longitud, grosor y ratio sufren unas oscilaciones muy inferiores y de magnitud similar entre ellas, siendo ésta última la variable menos afectada. Cuando excluimos del cálculo el año 2005-06 caracterizado por una semilla muy pequeña los coeficientes de variación del peso, longitud, grosor y ratio disminuyen considerablemente.

Cuando consideramos todo el periodo, los coeficientes de variación medios del número de bellotas y del ratio L/G entre árboles (116,0% y 15,2% respectivamente) alcanzan cifras ligeramente superiores al valor del coeficiente de variación del individuo entre años para las mismas variables (90,2% y 6,8% respectivamente), mientras que

para las variables peso, longitud y grosor ocurre lo contrario (35,8%, 13,2% y 14,3% entre individuos frente a 41,0%, 13,1% y 16,2% entre años respectivamente). Cuando eliminamos del cálculo el año 2005-06 encontramos que el coeficiente de variación medio entre árboles para las variables peso, longitud grosor y ratio es superior al coeficiente de variación de un individuo entre años (28,3%, 9,7%, 11,3% y 5,7% respectivamente).

El estadístico RP estima la diferencia entre el valor máximo y mínimo que alcanza una variable en un mismo individuo por lo que a medida que el valor de una variable sea más constante, el valor de este estadístico será mayor (tabla 4). Lógicamente pues, alcanza valores mínimos para la variable número de bellotas (9,0%) y valores máximos para la variable ratio L/G (84,2%). La sincronía en la evolución de las distintas variables durante el periodo analizado nos la mide el coeficiente de concordancia W de Kendall. En variables como el grosor y el peso un alto porcentaje del arbolado presenta una evolución similar ($W=0,706$ y $W=0,620$ respectivamente), mientras que en otras como el número de bellotas o el ratio L/G ($W=0,379$ y $W=0,432$ respectivamente), no parece existir una sincronía en la evolución.

Tabla 4. Valores medios, error estándar, máximos y mínimos del coeficiente de variación interanual durante todo el periodo (CVi) y excluyendo el año 2005-06 ($CVi_{s2005/06}$), y del porcentaje que suponen los valores mínimos respecto de los máximos (RP) para las variables número de bellotas por metro cuadrado, peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota durante el periodo 2001-02 a 2006-07. También se adjunta el coeficiente de concordancia W de Kendall obtenido con los valores de las variables anteriores durante el mismo periodo.

| | CVi (%) | | | | CVi (%) _{s2005/06} | | | | RP (%) | | | | W Kendall |
|-------------------------------------|---------|-----|-------|------|-----------------------------|-----|-------|------|--------|-----|------|------|-----------|
| | Media | EE | Max. | Min. | Media | EE | Max. | Min. | Media | EE | Max. | Min. | |
| Nº de bellotas/m² | 90,2 | 4,9 | 244,9 | 21,3 | 90,3 | 4,9 | 223,6 | 20,5 | 9,0 | 1,5 | 57,9 | 0,0 | 0,379** |
| Peso fresco | 41,0 | 1,8 | 80,6 | 22,3 | 28,3 | 1,9 | 71,7 | 6,1 | 29,3 | 1,5 | 56,3 | 5,3 | 0,620** |
| Longitud | 13,1 | 0,6 | 26,1 | 6,4 | 9,7 | 0,7 | 25,1 | 3,2 | 70,3 | 1,2 | 85,4 | 44,8 | 0,588** |
| Grosor | 16,2 | 0,7 | 29,7 | 8,1 | 11,3 | 1,6 | 53,1 | 6,9 | 65,0 | 1,3 | 79,3 | 37,8 | 0,706** |
| Ratio L/G | 6,8 | 0,5 | 15,7 | 1,9 | 5,7 | 0,4 | 16,1 | 1,5 | 84,2 | 1,1 | 94,6 | 63,4 | 0,432** |

** (p<0,01)

Las tablas 5, 6 y 7 recogen los coeficientes de correlación de Pearson entre diferentes años para las variables peso fresco, longitud y grosor de la bellota. Salvo en un caso (peso obtenido en 2004-05 y 2006-07), las relaciones son significativas y de carácter positivo indicando que los árboles que producen una semilla más pequeña suelen hacerlo siempre y viceversa, independientemente de las oscilaciones en el tamaño que las variables experimentan entre años.

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre años para el peso fresco (g) de la bellota.

| r | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2001-02 | 0,462** | 0,768** | 0,334* | 0,614** | 0,427** |
| 2002-03 | | 0,394** | 0,669** | 0,421** | 0,357* |
| 2003-04 | | | 0,295* | 0,666** | 0,460** |
| 2004-05 | | | | 0,337* | 0,060 |
| 2005-06 | | | | | 0,510** |

* (p<0,05); ** (p<0,01)

Tabla 6. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre años para la longitud (mm) de la bellota.

| r | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2001-02 | 0,521** | 0,847** | 0,545** | 0,685** | 0,469** |
| 2002-03 | | 0,606** | 0,669** | 0,518** | 0,630** |
| 2003-04 | | | 0,470** | 0,719** | 0,512** |
| 2004-05 | | | | 0,440** | 0,517** |
| 2005-06 | | | | | 0,393** |

(p<0,05); ** (p<0,01)

Tabla 7. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre años para el grosor (mm) de la bellota.

| r | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2001-02 | 0,498** | 0,778** | 0,597** | 0,620** | 0,531** |
| 2002-03 | | 0,607** | 0,697** | 0,543** | 0,489** |
| 2003-04 | | | 0,588** | 0,711** | 0,575** |
| 2004-05 | | | | 0,566** | 0,527** |
| 2005-06 | | | | | 0,550** |

* (p<0,05); ** (p<0,01)

En la tabla 8 puede consultarse la relación existente entre las variables número de bellotas, peso, longitud, grosor y ratio longitud / grosor de las semillas. El análisis de los datos nos indica que existe una relación negativa entre el número de bellotas producido por metro cuadrado de copa y el peso, longitud y grosor. Estas relaciones se repiten durante el periodo 2001-02 a 2004-05 y presentan una mayor intensidad en 2001-02 y 2003-04 que son los años de mayor productividad. Sin embargo no se encuentran relaciones significativas en 2005-06 y el coeficiente de correlación alcanza valores muy bajos para el 2006-07; ambos son los años de menor producción. No se encuentran tampoco relaciones significativas entre el número de bellotas por superficie y el ratio longitud/grosor.

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y Spearman (ρ) entre el número de bellotas por metro cuadrado, el peso fresco (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota para los años 2001-02 a 2006-07 y para el conjunto del periodo.

| | | Todo el periodo | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| N° bellotas/m² | Peso (r) | -0,323 *** | -0,526 *** | -0,333 *** | -0,604 *** | -0,365 *** | -0,176 | -0,263* |
| | Longitud (r) | -0,350 *** | -0,608 *** | -0,376 *** | -0,564 *** | -0,367 *** | -0,124 | -0,347 *** |
| | Grosor (r) | -0,282 *** | -0,446 *** | -0,259 *** | -0,537 *** | -0,276* | -0,177 | -0,274* |
| | Ratio L/G (ρ) | -0,013 | 0,007 | 0,003 | 0,037 | -0,090 | 0,005 | 0,029 |
| Peso | Longitud (r) | 0,786*** | 0,667*** | 0,533*** | 0,691*** | 0,640*** | 0,767*** | 0,737*** |
| | Grosor (r) | 0,912*** | 0,835*** | 0,907*** | 0,941*** | 0,871*** | 0,832*** | 0,881*** |
| | Ratio L/G (ρ) | -0,287*** | -0,199 | -0,257* | -0,217 | -0,331** | -0,190 | -0,068 |
| Longitud | Grosor (r) | 0,670*** | 0,512*** | 0,350** | 0,478*** | 0,446*** | 0,625*** | 0,480*** |
| | Ratio L/G (ρ) | 0,248*** | 0,378*** | 0,564*** | 0,493*** | 0,314** | 0,338** | 0,648* |
| Grosor | Ratio L/G (ρ) | -0,513*** | -0,550*** | -0,498*** | -0,406*** | -0,575*** | -0,450*** | -0,366*** |

*(p<0,1); ** (p<0,05); *** (p<0,01)

Existe también un buen número de relaciones entre las diferentes variables morfológicas (tabla 8). Así, el peso está relacionado de manera positiva con el grosor y la longitud. La longitud también está relacionada positivamente con el grosor aunque con una intensidad algo menor. En la figura 1 puede observarse la evolución en paralelo que presentan los valores medios de estas variables. Lógicamente el signo de la relación entre el ratio L/G y la longitud es positivo y negativo para el grosor, aunque la relación con esta última variable parece ser algo más estrecha. El ratio L/G se relaciona también de manera negativa con el peso, aunque esta relación no se repite durante todos los años, sino que lo hace sólo para 2002-03 y 2004-05. En la figura 1 puede observarse como los valores medios de ambas variables evolucionan en distinto sentido cada año.

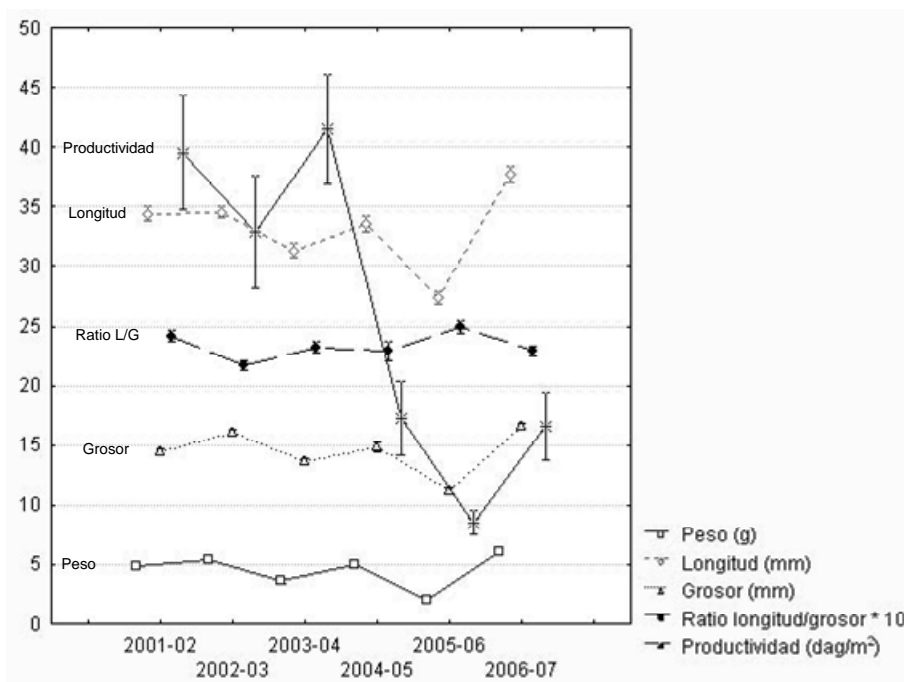


Figura 1. Productividad, peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de bellota para los años 2001-02 a 2006-07. Los valores medios son acompañados por el error estándar.

En la figura 2 y en la tabla 9 se exponen los modelos que se ajustan mejor a las relaciones entre el peso, longitud, grosor y ratio L/G de la bellota. Así las relaciones entre el peso y la longitud y el grosor se ajustan bastante bien a un modelo potencial, en el que para valores medio-bajos de peso un pequeño incremento en el mismo se ve acompañado de un incremento importante de la longitud y el grosor. A medida que el peso de la semilla aumenta, este incremento en las dos variables citadas es menor. La relación entre la longitud y el grosor se ajusta también a un modelo potencial aunque la relación entre ambas tiene un carácter más lineal, es decir que la longitud prácticamente se incrementa de la misma forma que el grosor para todo el rango estudiado. Por último se ha analizado la evolución que sufre el ratio longitud/grosor frente al grosor. Lógicamente a medida que el grosor aumenta el ratio disminuye, aunque esta disminución se suaviza para valores altos del grosor.

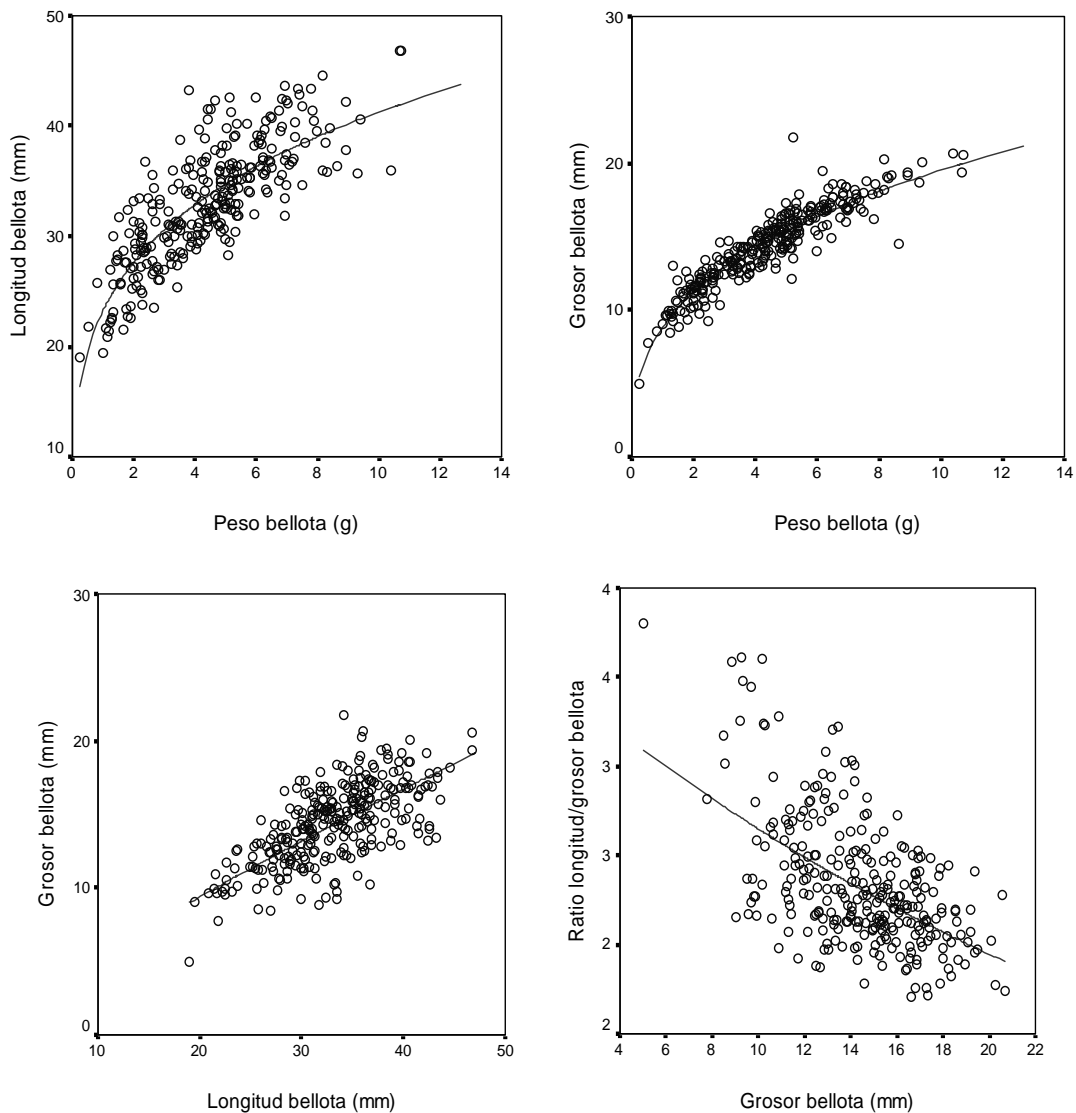


Figura 2. Gráficos de dispersión realizados entre las variables peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota de encina. En rojo aparece la curva que presenta mejor ajuste a los datos (ver tabla 8)

Tabla 9. Modelos de regresión entre las variables peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor para la bellota de encina.

| Variablen | Peso (x)- Longitud (y) | Peso (x)- Grosor (y) | Longitud (x)- Grosor (y) | Grosor (x)-Ratio (y) |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Modelo | Potencial | Potencial | Potencial | Exponencial |
| Ecuación | $y = b_0 * x^{b1}$ | $y = b_0 * x^{b1}$ | $y = b_0 * x^{b1}$ | $y = b_0 * e^{b1 * x}$ |
| b₀ | 23,2539 | 8,8391 | 0,7818 | 3,6057 |
| p | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| b₁ | 0,2491 | 0,3441 | 0,8303 | -0,0308 |
| p | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| R² | 0,6630 | 0,8709 | 0,4748 | 0,3152 |
| F | 558,7894 | 1925,0349 | 256,7517 | 130,2634 |
| p | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |

Datos obtenidos durante seis años (2001-02 a 2006-07)

En la tabla 10 se presentan las relaciones existentes entre la variable productividad de bellotas por metro cuadrado de copa y el número de bellotas por metro cuadrado de copa, el peso, la longitud, el grosor y el ratio longitud/grosor de las mismas. Existe una fuerte relación positiva entre la productividad de bellotas y el número de semillas producido y esta relación se repite durante todos los años analizados. Las relaciones entre la productividad y las distintas variables morfológicas son menos consistentes, que las que presentan éstas con el número de semillas, ya que aparecen sólo en años concretos. Así la productividad se encuentra relacionada de manera negativa con la longitud los años 2001-02 al 2005-06, mientras que con el peso y el grosor se detectan relaciones negativas en menos ocasiones (años 2002-03, 2003-04 y 2005-06). Para ninguna de las tres variables se detectan relaciones significativas si consideramos el conjunto del periodo analizado. Por el contrario la variable ratio longitud/grosor se encuentra relacionada de manera negativa con la productividad si consideramos el conjunto del periodo y también para el año 2004-05.

Tabla 10. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y Spearman (ρ) entre la productividad de bellota y el número de bellotas por metro cuadrado, peso fresco (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota para los años 2001-02 a 2006-07 y para el conjunto del periodo.

| | | Todo el periodo | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|--|---------------------------------------|-----------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| Productividad de bellota (g/m ²) | Nº de bellotas por m ² (r) | 0,691*** | 0,772*** | 0,831*** | 0,838*** | 0,785*** | 0,721*** | 0,708*** |
| | Peso (r) | 0,018 | -0,236 | -0,324** | -0,442*** | -0,217 | 0,278* | 0,115 |
| | Longitud (r) | -0,002 | -0,323** | -0,300** | -0,414*** | -0,271* | -0,286** | 0,041 |
| | Grosor (r) | 0,080 | -0,162 | -0,273* | -0,360** | -0,006 | 0,321** | -0,015 |
| | Ratio L/G (ρ) | -0,121** | -0,053 | -0,050 | -0,043 | -0,247* | 0,052 | 0,031 |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

La relación existente entre la productividad y el número de bellotas por superficie de copa se ajusta bastante bien a un modelo cuadrático (figura 3), en el que a medida que aumenta el número de semillas aumenta la productividad, aunque la pendiente de la curva disminuye para valores altos de la variable número de semillas, indicando la existencia de una asíntota.

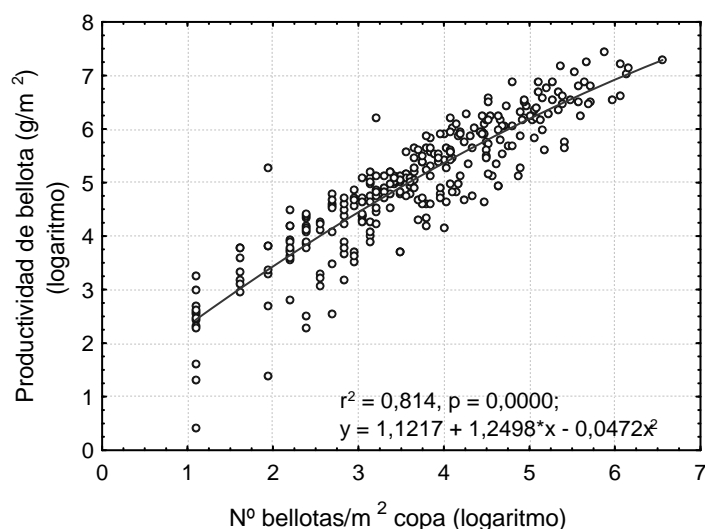


Figura 3. Modelo de regresión entre las variables productividad y número de bellotas por metro cuadrado de copa realizado con datos recogidos durante seis años (2001-02 a 2006-07).

En las tablas 11 a 15 y en la figura 4 pueden consultarse los valores medios del número de bellotas por metro cuadrado, el peso, la longitud, el grosor y el ratio longitud/grosor para los tres grupos establecidos en función de su comportamiento productivo durante el periodo de estudio. Los grupos uno y dos arrojan los mayores valores para la variable número de bellotas aunque ambos grupos presentan fuertes oscilaciones bianuales y se encuentran desincronizados. En el grupo tres encontramos unos valores inferiores y sin demasiadas oscilaciones interanuales. La evolución de esta variable es similar a la de la productividad.

Los tres grupos presentan fuertes oscilaciones entre años para las variables peso, longitud y grosor, siendo la variable más estable el ratio. Estas oscilaciones se producen en sentido contrario a las de la variable número de bellotas por metro cuadrado. Durante el trienio menos productivo no se encuentran diferencias para estas variables entre grupos, hecho que sí ocurre durante 2001-02 a 2003-04 (figura 4). Durante este trienio el grupo tres que es el menos productivo siempre presenta unos valores intermedios de peso, longitud y grosor. Los grupos uno y dos alternativamente arrojan los mayores y menores valores de estas variables coincidiendo con aquellos años en que alcanzan producciones mínimas y máximas.

Tabla 11. Valores medios y error estándar para la variable número de bellotas por metro cuadrado de copa durante los años 2001-02 a 2006-07, para los grupos que establece el análisis cluster. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Sheffé ($p<0,05$). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre grupos según el test de Sheffé ($p<0,05$).

| Año | Comportamientos productivos | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|------|---------|----------|------|---------|----------|-----|
| | Grupo 1 | | | Grupo 2 | | | Grupo 3 | | |
| | n | Media | EE | n | Media | EE | n | Media | EE |
| 2001-02 | 5 | 65,3 a | 23,1 | 17 | 189,0 cd | 25,5 | 27 | 43,1 bcd | 8,4 |
| 2002-03 | 5 | 235,2 b | 34,0 | 17 | 50,1 ab | 7,6 | 26 | 45,6 cd | 5,8 |
| 2003-04 | 5 | 111,4 ab | 47,8 | 17 | 273,5 d | 38,6 | 27 | 64,0 d | 8,7 |
| 2004-05 | 5 | 177,5 b | 32,7 | 17 | 27,0 a | 6,3 | 27 | 22,6 b | 6,0 |
| 2005-06 | 5 | 54,1 a | 19,5 | 17 | 81,1 bc | 10,8 | 27 | 20,5 bc | 3,0 |
| 2006-07 | 5 | 109,4 ab | 33,8 | 17 | 27,5 a | 4,8 | 23 | 11,1 a | 2,9 |
| Media del periodo | 30 | 125,5 B | 17,0 | 102 | 108,0 B | 12,1 | 156 | 34,5 A | 2,9 |

Tabla 12. Valores medios y error estándar para la variable peso fresco de la bellota (g) durante los años 2001-02 a 2006-07 para los grupos que establece el análisis cluster. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Sheffé ($p<0,05$). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre grupos según el test de Sheffé ($p<0,05$).

| Año | Comportamientos productivos | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|--------|-----|---------|--------|-----|---------|--------|-----|
| | Grupo 1 | | | Grupo 2 | | | Grupo 3 | | |
| | n | Media | EE | n | Media | EE | n | Media | EE |
| 2001-02 | 5 | 6,6 b | 0,9 | 17 | 4,1 c | 0,3 | 27 | 5,0 bc | 0,3 |
| 2002-03 | 5 | 4,6 ab | 0,5 | 17 | 5,9 d | 0,4 | 26 | 5,3 bc | 0,3 |
| 2003-04 | 5 | 4,5 ab | 0,7 | 17 | 2,9 b | 0,2 | 27 | 3,9 b | 0,2 |
| 2004-05 | 5 | 4,0 ab | 0,5 | 17 | 4,9 cd | 0,4 | 27 | 5,3 bc | 0,4 |
| 2005-06 | 5 | 2,4 a | 0,4 | 17 | 1,9 a | 0,2 | 27 | 1,9 a | 0,2 |
| 2006-07 | 5 | 5,9 ab | 1,0 | 17 | 5,9 d | 0,4 | 23 | 6,2 c | 0,4 |
| Media del periodo | 30 | 4,7 A | 0,4 | 102 | 4,3 A | 0,2 | 156 | 4,5 A | 0,2 |

Tabla 13. Valores medios y error estándar para la variable longitud de la bellota (mm) durante los años 2001-02 a 2006-07 para los grupos que establece el análisis cluster. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Sheffé ($p<0,05$). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre grupos según el test de Sheffé ($p<0,05$).

| Año | Comportamientos productivos | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|------|---------|----------|------|---------|----------|------|
| | Grupo 1 | | | Grupo 2 | | | Grupo 3 | | |
| | n | Media | EE | n | Media | EE | n | Media | EE |
| 2001-02 | 5 | 36,71 b | 1,38 | 17 | 32,73 bc | 1,05 | 27 | 35,04 bc | 0,77 |
| 2002-03 | 5 | 31,57 ab | 1,24 | 17 | 36,05 cd | 0,67 | 26 | 34,18 bc | 0,77 |
| 2003-04 | 5 | 32,19 ab | 1,32 | 17 | 29,55 ab | 1,00 | 27 | 32,27 b | 0,88 |
| 2004-05 | 5 | 29,75 a | 1,14 | 15 | 34,84 cd | 1,10 | 26 | 33,74 bc | 0,92 |
| 2005-06 | 5 | 29,52 a | 0,89 | 17 | 26,87 a | 0,77 | 27 | 27,24 a | 0,91 |
| 2006-07 | 5 | 34,93 ab | 1,95 | 17 | 38,32 d | 0,99 | 23 | 37,95 c | 1,12 |
| Media del periodo | 30 | 32,44 A | 0,70 | 102 | 33,02 A | 0,53 | 154 | 33,29 A | 0,45 |

Tabla 14. Valores medios y error estándar para la variable grosor (mm) de la bellota durante los años 2001-02 a 2006-07 para los grupos que establece el análisis cluster. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Sheffé ($p < 0,05$). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre grupos según el test de Sheffé ($p < 0,05$).

| Año | Comportamientos productivos | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|------|---------|----------|------|---------|----------|------|
| | Grupo 1 | | | Grupo 2 | | | Grupo 3 | | |
| | n | Media | EE | n | Media | EE | n | Media | EE |
| 2001-02 | 5 | 16,88 b | 1,16 | 17 | 13,69 b | 0,38 | 27 | 14,42 b | 0,38 |
| 2002-03 | 5 | 15,47 ab | 0,70 | 17 | 16,44 c | 0,41 | 26 | 15,88 bc | 0,36 |
| 2003-04 | 5 | 14,88 ab | 0,99 | 17 | 12,69 ab | 0,38 | 27 | 14,00 b | 0,38 |
| 2004-05 | 5 | 13,94 ab | 0,91 | 15 | 14,80 bc | 0,73 | 26 | 14,81 bc | 0,45 |
| 2005-06 | 5 | 12,46 a | 1,09 | 17 | 11,05 a | 0,33 | 27 | 10,97 a | 0,39 |
| 2006-07 | 5 | 16,71 ab | 1,11 | 17 | 16,45 c | 0,38 | 23 | 16,68 c | 0,47 |
| Media del periodo | 30 | 15,06 A | 0,47 | 102 | 14,15 A | 0,26 | 154 | 14,41 A | 0,22 |

Tabla 5. Valores medios y error estándar para la variable ratio longitud/grosor de la bellota durante los años 2001-02 a 2006-07 para los grupos que establece el análisis cluster. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Sheffé ($p < 0,05$). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre grupos según el test de Sheffé ($p < 0,05$).

| Año | Comportamientos productivos | | | | | | | | |
|---------|-----------------------------|--------|------|---------|--------|------|---------|--------|------|
| | Grupo 1 | | | Grupo 2 | | | Grupo 3 | | |
| | n | Media | EE | n | Media | EE | n | Media | EE |
| 2001-02 | 5 | 2,20 a | 0,09 | 17 | 2,40 a | 0,08 | 27 | 2,46 a | 0,07 |
| 2002-03 | 5 | 2,05 a | 0,05 | 17 | 2,21 a | 0,06 | 26 | 2,17 a | 0,06 |
| 2003-04 | 5 | 2,18 a | 0,07 | 17 | 2,34 a | 0,09 | 27 | 2,34 a | 0,08 |
| 2004-05 | 5 | 2,16 a | 0,10 | 15 | 2,41 a | 0,10 | 26 | 2,32 a | 0,09 |
| 2005-06 | 5 | 2,44 a | 0,20 | 17 | 2,45 a | 0,07 | 27 | 2,53 a | 0,08 |
| 2006-07 | 5 | 2,10 a | 0,06 | 17 | 2,34 a | 0,07 | 23 | 2,30 a | 0,07 |
| Media | 30 | 2,19 A | 0,05 | 102 | 2,36 A | 0,03 | 154 | 2,35 A | 0,03 |

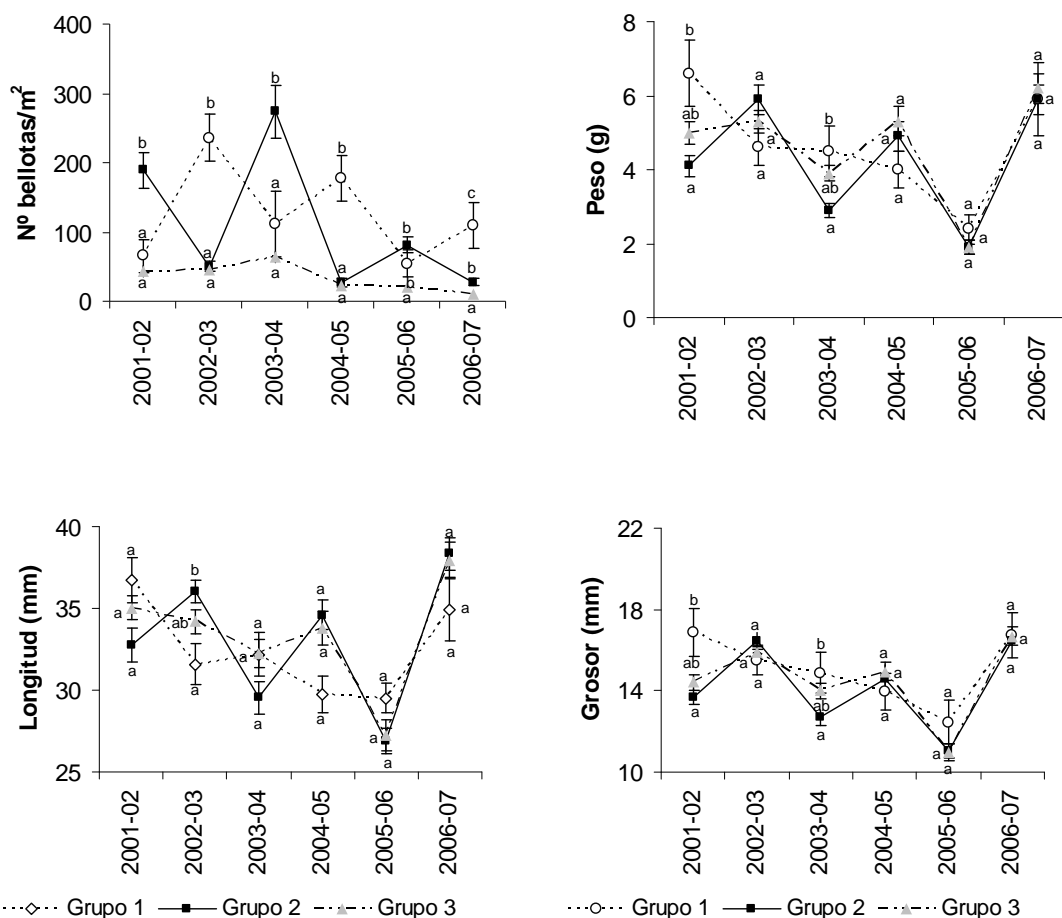


Figura 4. Valores medios y error estándar del número de bellotas por metro cuadrado, peso fresco, longitud y grosor de la bellota según comportamientos productivos durante 2001-02 a 2006-07. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre comportamientos productivos según el test de Sheffé ($p < 0,05$).

En la tabla 16 pueden observarse los coeficientes de variación entre años para las variables número de bellotas, peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota durante 2001-02 a 2006-07. El grupo uno presenta los menores valores de coeficiente de variación para todas las variables salvo para el ratio L/G, y el grupo dos los mayores valores, aunque todos los grupos presentan unos valores medios de magnitud similar y por lo tanto parecidos a los valores medios que se obtienen considerando todos los datos (ver tabla 4). Sin embargo esta situación es diferente cuando se analiza el estadístico W de Kendall que nos mide la sincronía en la evolución de las diferentes variables (tabla 16). El grupo tres, presenta unos valores de este estadístico similares aunque algo superiores a los valores medios calculados para todos los árboles ($W_{G3} > W_{Total}$) en todas las variables analizadas, mientras que los grupos uno y dos presentan unos valores de este coeficiente muy superiores a los calculados para

todos los árboles en todas las variables analizadas salvo para el ratio, indicando por tanto una sincronía muy alta entre árboles.

Tabla 16. Valores medios, error estándar, máximos y mínimos del coeficiente de variación interanual (CVi) y coeficiente de concordancia W de Kendall para las variables número de bellotas por metro cuadrado, peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota durante el periodo 2001-02 a 2006-07. Dichos valores se han segmentado por comportamientos productivos.

| | CVi (%) | | | | | | W Kendall | | |
|-------------------------------------|---------|------|---------|-----|---------|-----|-----------|---------|---------|
| | Grupo 1 | | Grupo 2 | | Grupo 3 | | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 |
| | Media | EE | Media | EE | Media | EE | | | |
| Nº de bellotas/m² | 73,4 | 11,9 | 95,4 | 7,8 | 90,0 | 7,0 | 0,707** | 0,767** | 0,426** |
| Peso | 35,5 | 3,1 | 45,7 | 3,4 | 39,0 | 2,2 | 0,776** | 0,750** | 0,626** |
| Longitud | 9,8 | 0,8 | 15,3 | 1,2 | 12,3 | 0,7 | 0,845** | 0,799** | 0,589** |
| Grosor | 12,8 | 1,3 | 17,3 | 1,2 | 15,7 | 1,0 | 0,762** | 0,858** | 0,718** |
| Ratio L/G | 6,8 | 2,8 | 5,8 | 0,6 | 7,4 | 0,6 | 0,534* | 0,377** | 0,518** |

*(p<0,05; ** (p<0,01)

En la tabla 17 pueden consultarse las relaciones existentes entre el número de semillas por metro cuadrado de copa, el peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de las bellotas para los diferentes comportamientos productivos. El peso, longitud y grosor de las bellotas se relacionan de manera negativa con el número de semillas que produce el árbol para los tres comportamientos estudiados, y estas relaciones son significativas cuando consideramos todo el periodo de tiempo y en general cuando el análisis se realiza de manera anual. Aunque para el grupo uno no se detectan relaciones significativas el año 2002-03, para el grupo dos esto ocurre los años 2004-05 y 2006-07, y para el grupo tres el año 2005-06.

Las relaciones entre el ratio longitud/grosor y el número de bellotas por superficie de copa sí son diferentes en función del grupo que se analice. Así para el grupo uno, encontramos relaciones de intensidad fuerte y de carácter positivo los años 2001-02, 2003-04 y 2005-06, mientras que son de carácter negativo el año 2002-03 (año de máxima producción). No se detectan relaciones significativas sin embargo cuando el periodo analizado considera los seis años. Para los grupos dos y tres no se detecta ningún tipo de relación.

Cuando se analizan las relaciones que existen entre las variables morfológicas no se detectan apenas diferencias entre grupos. Así se detectan fuertes y estrechas relaciones positivas entre el peso, la longitud y el grosor cuando lo que se analiza es el periodo completo y cuando el análisis se realiza todos los años, existiendo muy pocos

años en que estas relaciones no aparecen. Estos años son el 2005-06 para el grupo uno, el 2002-03 para el grupo dos y el 2002-03 y 2004-05 para el grupo tres.

La relación entre el ratio longitud/grosor y las variables peso, longitud y grosor si varía cuando la información la segmentamos en función de los grupos productivos. Así aunque para todos los grupos se detecta una relación negativa entre el ratio longitud/grosor y el peso, cuando consideramos todo el periodo, ésta presenta una mayor intensidad para el grupo uno, el más productivo. La relación negativa entre el grosor y el ratio parece presentar una mayor repetibilidad. Así pues, aparece en todos los grupos cuando consideramos los seis años analizados aunque sólo se repite todos los años para el grupo tres. La relación entre la longitud y el ratio cambia de signo en función del grupo que analicemos. Así, para los grupos dos y tres esta relación tiene un carácter positivo, repitiéndose la mayor parte de los años. Para el grupo uno esta relación tiene un carácter negativo si consideramos conjuntamente los seis años, repitiéndose los años 2001-02 y 2003-04.

Tabla 17. Coeficientes de correlación de Pearson entre el número de bellotas por metro cuadrado, el peso fresco (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota para los años 2001-02 a 2006-07 y para el conjunto del periodo en función del comportamiento productivo del árbol.

| | | n | N° bellotas/m ² | | | | Peso | | | Longitud | | Grosor |
|---------|-----------------|-----|----------------------------|-----------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|
| | | | Peso | Longitud | Grosor | Ratio L/G | Longitud | Grosor | Ratio L/G | Grosor | Ratio L/G | Ratio L/G |
| Grupo 1 | Todo el periodo | 30 | -0,373** | -0,504*** | -0,359* | 0,065 | 0,937*** | 0,950*** | -0,593*** | 0,892*** | -0,440** | -0,782*** |
| | 2001-02 | 5 | -0,808* | -0,718 | -0,856* | 0,900** | 0,866* | 0,972*** | -0,972*** | 0,933** | -0,832* | -0,975*** |
| | 2002-03 | 5 | 0,389 | 0,142 | 0,558 | -0,838* | 0,912** | 0,978* | -0,382 | 0,854* | 0,003 | -0,518 |
| | 2003-04 | 5 | -0,940** | -0,909** | -0,920** | 0,953** | 0,988*** | 0,991*** | -0,985*** | 0,998*** | -0,975*** | -0,987*** |
| | 2004-05 | 5 | -0,889** | -0,915** | -0,846* | 0,681 | 0,979*** | 0,925** | -0,732 | 0,882** | -0,652 | -0,931** |
| | 2005-06 | 5 | -0,900** | -0,669 | -0,906** | 0,929** | 0,765 | 0,958*** | -0,909** | 0,774 | -0,614 | -0,969*** |
| | 2006-07 | 5 | -0,977** | -0,949* | -0,989*** | 0,547 | 0,974*** | 0,981*** | -0,468 | 0,928*** | -0,283 | -0,619 |
| Grupo 2 | Todo el periodo | 102 | -0,443*** | -0,507** | -0,421*** | -0,076 | 0,794*** | 0,962*** | -0,298*** | 0,754*** | 0,255** | -0,430*** |
| | 2001-02 | 17 | -0,650*** | -0,757*** | -0,529** | -0,356 | 0,611*** | 0,926*** | -0,126 | 0,456* | 0,670*** | -0,352 |
| | 2002-03 | 17 | -0,510** | -0,500*** | -0,558** | 0,175 | 0,244 | 0,935*** | -0,636*** | 0,195 | 0,506** | -0,742*** |
| | 2003-04 | 17 | -0,550** | -0,665*** | -0,443* | -0,301 | 0,663*** | 0,954*** | -0,160 | 0,450* | 0,618** | -0,417* |
| | 2004-05 | 17 | -0,428 | -0,012 | -0,139 | 0,216 | 0,713*** | 0,982*** | -0,656*** | 0,632** | -0,008 | -0,756*** |
| | 2005-06 | 17 | -0,446* | -0,376 | -0,493** | 0,114 | 0,728*** | 0,933*** | -0,204 | 0,585*** | 0,469* | -0,437* |
| | 2006-07 | 17 | 0,402 | 0,239 | 0,353 | -0,016 | 0,632*** | 0,911*** | -0,118 | 0,337 | 0,668*** | -0,469* |
| Grupo 3 | Todo el periodo | 156 | -0,307*** | -0,245*** | -0,252*** | 0,024 | 0,773*** | 0,892*** | -0,275*** | 0,666*** | 0,196** | -0,571*** |
| | 2001-02 | 27 | -0,452** | -0,462** | -0,428** | 0,002 | 0,632*** | 0,709*** | -0,205 | 0,413** | 0,421** | -0,638*** |
| | 2002-03 | 26 | -0,564*** | -0,355* | -0,530*** | 0,165 | 0,578*** | 0,885*** | -0,254 | 0,309 | 0,565*** | -0,596*** |
| | 2003-04 | 27 | -0,740*** | -0,497*** | -0,663*** | 0,167 | 0,642*** | 0,912*** | -0,279 | 0,357* | 0,506*** | -0,599*** |
| | 2004-05 | 26 | -0,456** | -0,305 | -0,353* | 0,091 | 0,555*** | 0,810*** | -0,332* | 0,329 | 0,286 | -0,762*** |
| | 2005-06 | 27 | 0,065 | 0,108 | 0,089 | -0,098 | 0,774*** | 0,792*** | -0,183 | 0,631*** | 0,202 | -0,598*** |
| | 2006-07 | 23 | -0,465** | -0,439** | -0,548*** | 0,048 | 0,774*** | 0,851*** | -0,055 | 0,494** | 0,534* | -0,459** |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01). En color gris aparecen aquellas relaciones significativas de signo negativo y en negrita aquellas de signo positivo

En la figura 5 y en la tabla 18 se exponen los modelos que mejor se ajustan a las relaciones entre el peso, longitud, grosor y ratio L/G de la bellota para distintos comportamientos productivos. Para los grupos dos y tres se ajustan bastante bien a los comentarios realizados para todos los árboles mientras que el grupo uno presenta algunas particularidades. Así si examinamos rangos intermedios, encontramos que para bellotas de la misma longitud, el grosor y peso de las pertenecientes al grupo uno es mayor que las encontradas para el resto de grupos. Además en las bellotas del grupo uno se produce un descenso del ratio muy importante con pequeños aumentos del grosor.

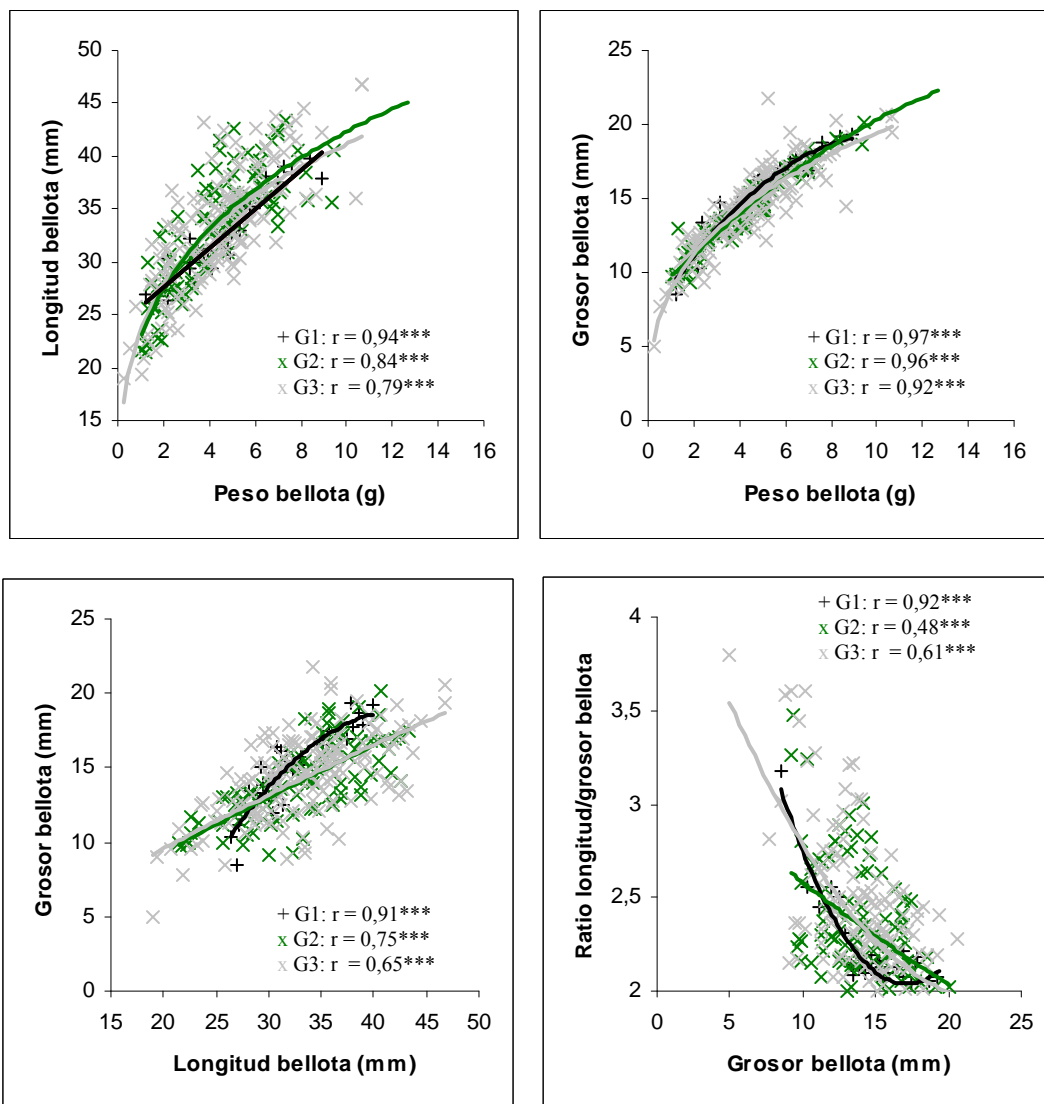


Figura 5. Gráficos de dispersión y líneas de tendencia entre las variables peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota para distintos comportamientos productivos (G1, G2 y G3). Coeficiente de correlación de Pearson (r) y grado de significación : “***” (p<0,001).

Tabla 18. Modelos de regresión entre las variables peso (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota para distintos comportamientos productivos (G1, G2 y G3)

| Variables | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Peso (x)- Longitud (y) | $y = 23,968 + 1,827 x$ | $y = 22,782 * x^{0,269}$ | $y = 23,506 * x^{0,243}$ |
| Peso (x)- Grosor (y) | $y = 6,766 + 2,409 x - 0,115 x^2$ | $y = 8,128 + 1,616 x - 0,040 x^2$ | $y = 8,842 * x^{0,342}$ |
| Longitud (x)- Grosor (y) | $y = 37,763 + 2630 x - 0,031 x^2$ | $y = 0,772 * x^{0,830}$ | $y = 0,906 * x^{0,787}$ |
| Grosor (x)-Ratio (y) | $y = 6,130 - 0,478 x + 0,014 x^2$ | $y = 3,270 * e^{-0,024 * x}$ | $y = 4,538 - 0,224 x + 0,005 x^2$ |

Datos obtenidos durante seis años (2001-02 a 2006-07)

En general y para todos los grupos se detecta una relación positiva entre la productividad y el número de bellotas por superficie de copa (tabla 19), tanto si analizamos todo el periodo de tiempo como si el análisis se realiza anualmente. Habría que comentar aquí la falta de relaciones significativas para el grupo uno los años 2003-04 y los años 2004-05.

Cuando analizamos las relaciones entre la productividad y las diferentes variables morfológicas no ocurre lo mismo que cuando la variable considerada es el número de bellotas por metro cuadrado. Así cuando consideramos todo el periodo no se detectan relaciones significativas entre productividad y peso, longitud y grosor ni para el grupo uno ni para el dos, aunque aparecen relaciones de carácter negativo en años puntuales. Para el grupo tres, sí se detectan relaciones significativas para el conjunto del periodo entre la productividad y el peso, longitud y grosor aunque éstas son de carácter positivo. Para este grupo sólo se detectan relaciones significativas un año, el 2005-06, y también son de carácter positivo.

Tabla 19. Coeficientes de correlación de Pearson entre la productividad de bellota (g/m^2) y el número de bellotas por metro cuadrado, peso fresco (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota para los años 2001-02 a 2006-07 y para el conjunto del periodo en función del comportamiento productivo del árbol.

| | | n | Productividad de bellota | | | | |
|----------------|------------------------|-----|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| | | | Nº bellotas/m ² | Peso | Longitud | Grosor | Ratio L/G |
| Grupo 1 | Todo el periodo | 30 | 0,780*** | 0,103 | -0,035 | 0,104 | -0,242 |
| | 2001-02 | 5 | 0,838* | -0,466 | -0,250 | -0,504 | 0,642 |
| | 2002-03 | 5 | 0,853* | 0,791 | 0,635 | 0,888** | -0,663 |
| | 2003-04 | 5 | 0,786 | -0,567 | -0,507 | -0,509 | 0,562 |
| | 2004-05 | 5 | 0,356 | -0,051 | -0,187 | 0,190 | -0,413 |
| | 2005-06 | 5 | 0,902** | -0,940** | -0,582 | -0,837* | 0,836* |
| | 2006-07 | 5 | 0,903** | -0,895** | -0,900** | -0,855* | 0,285 |
| Grupo 2 | Todo el periodo | 102 | 0,697*** | -0,186 | -0,158 | -0,125 | -0,032 |
| | 2001-02 | 17 | 0,761*** | -0,216 | -0,336 | -0,050 | -0,308 |
| | 2002-03 | 17 | 0,862*** | -0,478* | -0,483** | -0,533** | 0,168 |
| | 2003-04 | 17 | 0,793*** | -0,346 | -0,507** | -0,236 | -0,266 |
| | 2004-05 | 17 | 0,816*** | -0,069 | 0,100 | 0,260 | -0,203 |
| | 2005-06 | 17 | 0,749*** | 0,017 | 0,144 | -0,062 | 0,201 |
| | 2006-07 | 17 | 0,871*** | 0,703*** | 0,586** | 0,573** | 0,126 |
| Grupo 3 | Todo el periodo | 156 | 0,707*** | 0,156* | 0,137* | 0,208*** | -0,182** |
| | 2001-02 | 27 | 0,771*** | -0,069 | -0,214 | -0,052 | -0,153 |
| | 2002-03 | 26 | 0,850*** | -0,232 | -0,082 | -0,183 | 0,080 |
| | 2003-04 | 27 | 0,755*** | -0,280 | -0,204 | -0,171 | -0,045 |
| | 2004-05 | 26 | 0,774*** | -0,265 | -0,327 | -0,110 | -0,157 |
| | 2005-06 | 27 | 0,786*** | 0,487** | 0,459** | 0,555*** | -0,325* |
| | 2006-07 | 23 | 0,684*** | -0,045 | -0,027 | -0,289 | 0,208 |

*(p<0,1); ** (p<0,05); *** (p<0,01)

Variabilidad morfológica de la bellota dentro del árbol y factores influyentes

En el análisis de la varianza cuyos resultados se exponen al inicio del capítulo (tabla 1) encontramos que la orientación y situación de la copa del árbol son factores que influyen sobre la variable número de bellotas por metro cuadrado, y su influencia siempre actúa en el mismo sentido puesto que las interacciones con el año y fecha de recogida no resultan significativas. Así, en cada fecha de recogida, encontramos más bellotas en orientación sur (8,2 bellotas/m² frente a 7,8 bellotas/m² en el norte) y en posición exterior de la copa (8,6 bellotas/m² frente a 7,4 bellotas/m² en el interior). La situación del fruto en el interior o en el exterior de la copa influye también sobre el ratio L/G de la bellota encontrando mayores valores en el interior del árbol (2,36 frente a 2,31 en el exterior), y no se detecta interacción con el año o fecha de recogida. Para las variables longitud y grosor de la bellota la orientación no resulta ser un factor significativo aunque sí lo es la situación y su interacción con el año de muestreo. También para la variable peso encontramos una influencia significativa de esta

interacción. En la figura 6 se exponen los valores de estas tres variables para situaciones interiores y exteriores de la copa del árbol en diferentes años, y como puede observarse en algunos años los valores exteriores superan a los interiores (2002-03, 2003-04, 2004-05 y 2006-07) y en otros ocurre lo contrario (2001-02 y 2005-06).

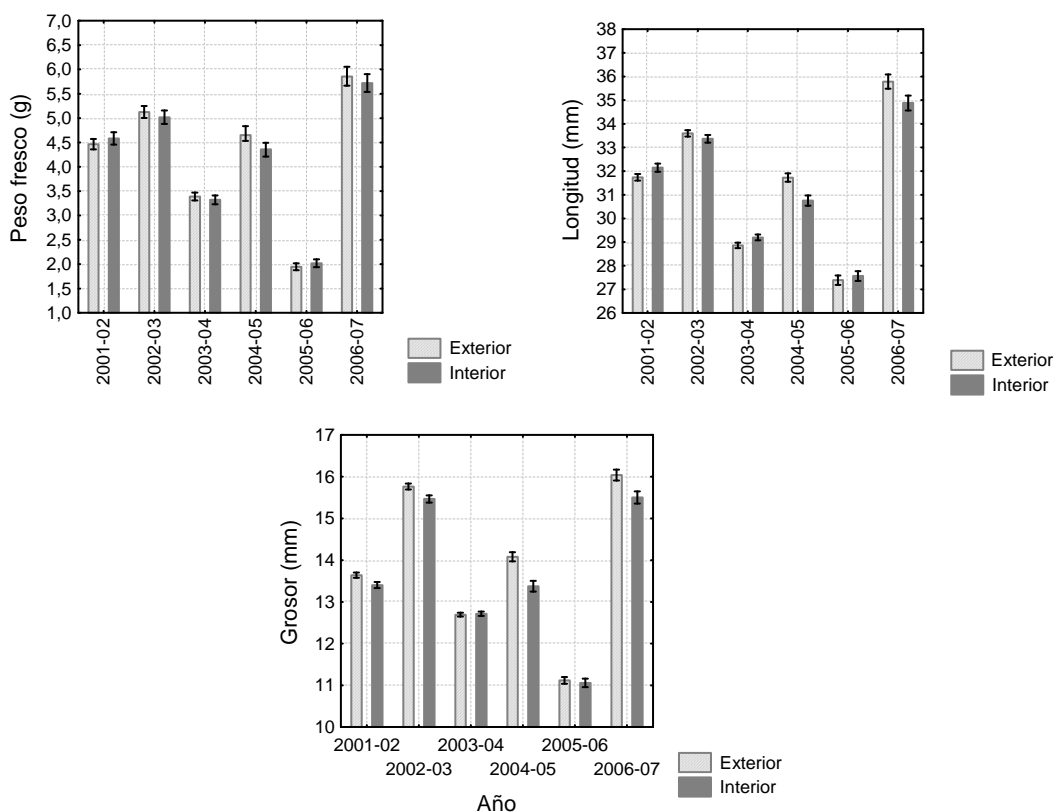


Figura 6. Valores medios y error estándar de las variables peso fresco, longitud y grosor de la bellota obtenidos en posiciones exteriores e interiores de la copa del árbol durante 2001-02 a 2006-07.

En la figura 7 pueden consultarse los valores medios del número de semillas así como de su peso y tamaño en función de la orientación y situación del fruto en la copa del árbol durante todo el periodo de recogida.

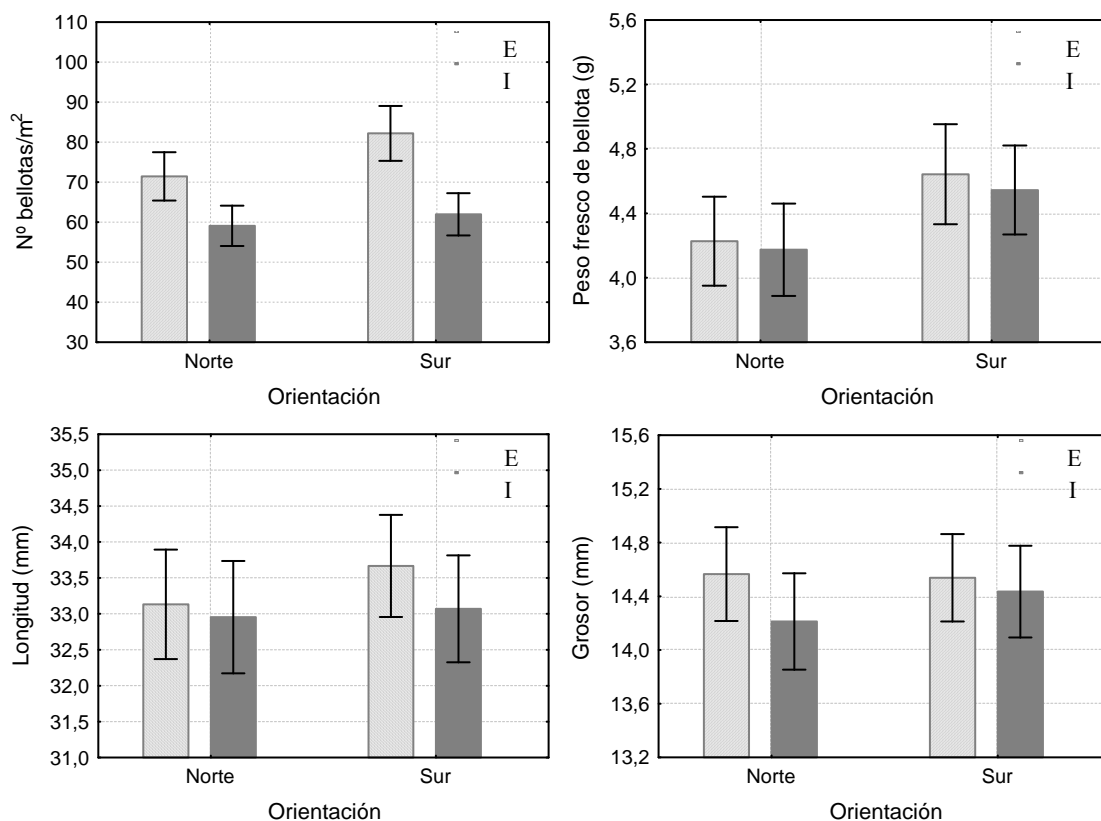


Figura 7. Valores medios y error estándar para las variables número de bellotas por metro cuadrado, peso, longitud y grosor de bellota en función de la situación (exterior-interior) y orientación (norte-sur) del fruto dentro de la copa del árbol. La variable número de bellotas considera la suma total de semillas recogidas en cada situación y orientación.

El análisis de la varianza realizado al inicio del capítulo (tabla 1) nos indica que la interacción de la fecha de recogida de la bellota con el año, tiene una influencia importante sobre todas las variables analizadas.

La bellota más ligera y de menor tamaño se recoge en fechas finales para las montaneras 2001-02, 2003-04 y 2006-07, y en fechas iniciales para las montaneras 2002-03 y 2005-06. Para la montanera 2004-05 no existen diferencias significativas para el peso, longitud y grosor (tabla 21). Si analizamos la variable ratio L/G, en 2001-02 encontramos la bellota más alargada al inicio, y al final, y en 2004-05 al final. Para el resto de montaneras no se detectan diferencias significativas entre fechas de recogida.

Tabla 21. Valores medios y error estándar de las variables peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota obtenidos en diferentes fases de la montanera durante los años 2001-02 a 2006-07. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre fechas de recogida según el test de Scheffé ($p < 0,05$).

| | Año | Inicio | | Mitad | | Final | |
|---------------|--------------------------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | | Med | EE | Med | EE | Med | EE |
| Peso (g) | 2001-02 | 4,6 b | 0,2 | 4,8 b | 0,1 | 4,0 a | 0,1 |
| | 2002-03 | 4,6 a | 0,1 | 5,7 b | 0,2 | 5,7 b | 0,2 |
| | 2003-04 | 3,4 b | 0,1 | 3,5 b | 0,1 | 3,0 a | 0,1 |
| | 2004-05 | 4,0 a | 0,3 | 4,7 a | 0,1 | 4,5 a | 0,2 |
| | 2005-06 | 1,5 a | 0,1 | 1,9 a | 0,1 | 2,4 b | 0,1 |
| | 2006-07 | 5,7 b | 0,2 | 6,2 b | 0,2 | 4,6 a | 0,4 |
| | Media del periodo | 4,1 b | 0,1 | 4,2 b | 0,1 | 3,9 a | 0,1 |
| Longitud (mm) | 2001-02 | 33,23 b | 0,18 | 31,41 a | 0,15 | 31,57 a | 0,26 |
| | 2002-03 | 33,11 a | 0,12 | 34,27 b | 0,22 | 35,03 b | 0,60 |
| | 2003-04 | 28,92 b | 0,16 | 29,27 b | 0,11 | 28,24 a | 0,21 |
| | 2004-05 | 31,69 a | 0,46 | 31,11 a | 0,19 | 31,40 a | 0,22 |
| | 2005-06 | 24,63 a | 0,35 | 27,53 b | 0,20 | 28,63 c | 0,23 |
| | 2006-07 | 36,44 b | 0,27 | 34,81 a | 0,36 | 33,21 a | 0,65 |
| | Media del periodo | 31,80 a | 0,09 | 30,59 a | 0,08 | 30,22 a | 0,12 |
| Grosor (mm) | 2001-02 | 13,93 c | 0,10 | 13,54 b | 0,06 | 13,05 a | 0,10 |
| | 2002-03 | 15,34 a | 0,06 | 16,31 b | 0,11 | 16,43 b | 0,23 |
| | 2003-04 | 12,75 b | 0,08 | 12,79 b | 0,05 | 12,33 a | 0,07 |
| | 2004-05 | 14,35 b | 0,23 | 14,30 b | 0,12 | 12,92 a | 0,13 |
| | 2005-06 | 10,19 a | 0,17 | 11,08 b | 0,10 | 11,49 b | 0,09 |
| | 2006-07 | 16,16 a | 0,13 | 15,49 a | 0,16 | 15,54 a | 0,31 |
| | Media del periodo | 14,12 c | 0,05 | 13,44 b | 0,04 | 12,73 a | 0,05 |
| Ratio L/G | 2001-02 | 2,43 b | 0,02 | 2,34 a | 0,01 | 2,43 b | 0,02 |
| | 2002-03 | 2,19 a | 0,01 | 2,12 a | 0,02 | 2,15 a | 0,03 |
| | 2003-04 | 2,30 a | 0,01 | 2,32 a | 0,01 | 2,30 a | 0,01 |
| | 2004-05 | 2,24 a | 0,03 | 2,23 a | 0,02 | 2,51 b | 0,02 |
| | 2005-06 | 2,46 a | 0,03 | 2,55 a | 0,03 | 2,57 a | 0,06 |
| | 2006-07 | 2,28 b | 0,02 | 2,27 b | 0,02 | 2,17 a | 0,05 |
| | Media del periodo | 2,29 a | 0,01 | 2,32 a | 0,01 | 2,42 b | 0,01 |

En la tabla 1 se pone de manifiesto que existe un efecto significativo de la interacción entre la fecha de recogida y la orientación del fruto dentro de la copa del árbol para las variables longitud y grosor de la bellota. Si comparamos los valores medios encontrados en el norte y el sur para cada fecha de recogida los mayores valores de longitud y grosor siempre se encuentran en el sur, siendo mayores las diferencias al inicio de la montanera (figura 8).

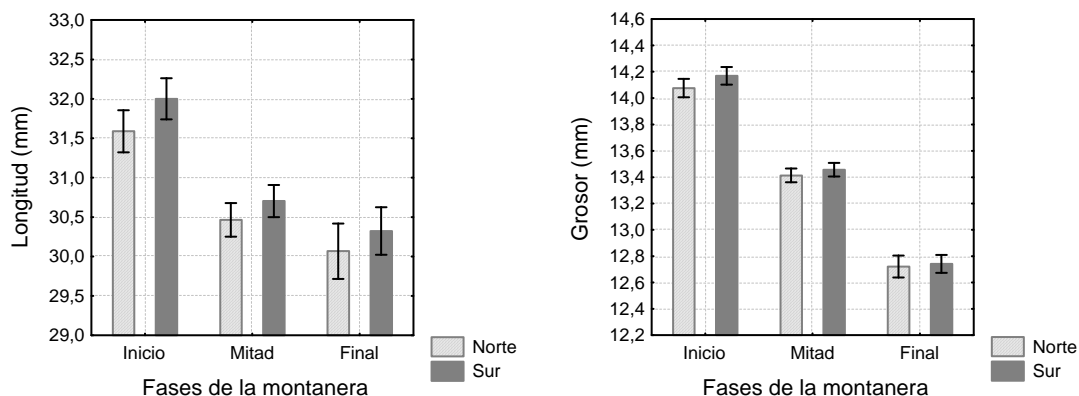


Figura 8. Valores medios y error estándar e las variables longitud y grosor de la bellota obtenidos en diferentes fases de la montanera y en diferentes orientaciones (norte/sur) durante los años 2001-02 a 2006-07

Estabilidad de la variación del peso y la forma de la bellota dentro del árbol

El peso fresco, la longitud, y el grosor de la bellota recogida en un año en cada árbol presentan variabilidad. Así, para el periodo de seis años estudiado, el coeficiente de variación del peso fresco de la bellota en un árbol ha alcanzado el valor medio de 23,1% ($\pm 0,6\%$), el coeficiente de variación de la longitud el 8,5% ($\pm 0,2\%$), y el coeficiente de variación del grosor el 10,5% ($\pm 0,3\%$). La variabilidad del peso, longitud y grosor de la bellota dentro del árbol se ve afectada por distintos factores. Así, en las tablas 22, 23 y 24 se exponen los resultados del análisis de la varianza que evalúa la influencia del árbol, año, fecha de recogida, orientación y situación del fruto dentro de la copa del árbol en el coeficiente de variación del peso, longitud y grosor de la bellota. La variación del peso de la bellota es de la misma magnitud en todos los árboles pero puede cambiar con los años, aunque, al ser significativa la interacción entre los factores árbol y año, no todos los árboles sufren en el año cambios en el coeficiente de variación del peso de la misma magnitud. Por el contrario, el coeficiente de variación de la longitud y del grosor si varían con el árbol, el año y su interacción. La tabla 25, muestra los coeficientes de variación del peso, longitud y grosor de la bellota dentro del árbol según el año y, puede observarse, cómo los mayores coeficientes de variación se presentan en el año 2005-06 y los menores en el año 2006-07. El coeficiente de variación del peso de la bellota también se ve afectado por la orientación, detectándose mayores valores en las bellotas recogidas en la orientación sur frente al norte (figura 9). Los factores orientación y situación del fruto dentro de la copa del árbol no parecen influir de manera significativa sobre los coeficientes de variación de la longitud y el grosor de la bellota, ni tampoco la interacción con el año o la época de recogida de la bellota. Los

coeficientes de variación del peso y la longitud se ven influidos por la interacción entre la fecha de recogida de la bellota y el año, no ocurriendo esto mismo para la variable grosor. La tabla 26 recoge los valores medios del coeficiente de variación del peso, la longitud y el grosor de la bellota según el año y la fecha de recogida de la bellota.

Tabla 22. Análisis de la varianza para el coeficiente de variación del peso fresco de la bellota dentro del árbol en función de los factores árbol, año y momento de recogida de la bellota para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| | g.l. | CV _{peso} | |
|-----------------------|------|--------------------|-------------------|
| | | F | p |
| Árbol | 48 | 0,93 | 0,6157 |
| Año | 5 | 2,80 | 0,0172 |
| Fecha de recogida | 2 | 2,06 | 0,0487 |
| Árbol*Año | 205 | 1,54 | <0,0001 |
| Año*Fecha de recogida | 10 | 2,13 | 0,0022 |

Tabla 23. Análisis de la varianza para el coeficiente de variación del peso fresco de la bellota dentro del árbol en función de los factores árbol, año, orientación (norte o sur) y situación (exterior o interior) del fruto dentro de la copa del árbol para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| | g.l. | CV _{peso} | |
|-----------------|------|--------------------|-------------------|
| | | F | p |
| Árbol | 48 | 1,38 | 0,0650 |
| Año | 5 | 8,6 | <0,0001 |
| Orientación | 1 | 5,21 | 0,0229 |
| Situación | 1 | 0,04 | 0,8394 |
| Año*Árbol | 194 | 1,82 | <0,0001 |
| Año*Orientación | 5 | 1,82 | 0,1075 |
| Año*situación | 5 | 1,12 | 0,3480 |

Tabla 24. Análisis de la varianza del coeficiente de variación de la longitud y el grosor de la bellota en función de los factores árbol, año, fecha de recogida, orientación (norte o sur) y situación (exterior o interior) del fruto dentro de la copa del árbol para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| | g.l. | CV _{longitud} | | CV _{grosor} | |
|--------------------------------|------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | | F | p | F | p |
| Árbol | 48 | 2,03 | 0,0002 | 2,99 | <0,0001 |
| Año | 5 | 9,85 | <0,0001 | 7,96 | <0,0001 |
| Fecha de recogida | 2 | 3,12 | 0,0444 | 0,81 | 0,4457 |
| Orientación | 1 | 0,35 | 0,5539 | 0,04 | 0,8398 |
| Situación | 1 | 1,46 | 0,2264 | 0,55 | 0,4579 |
| Árbol*Año | 202 | 1,51 | <0,0001 | 1,41 | 0,0003 |
| Año* Fecha de recogida | 10 | 3,06 | 0,0008 | 1,16 | 0,3129 |
| Año*Orientación | 5 | 0,52 | 0,7587 | 0,86 | 0,5087 |
| Año*Situación | 5 | 0,50 | 0,7776 | 0,58 | 0,7146 |
| Fecha de recogida *Orientación | 2 | 1,26 | 0,2852 | 0,43 | 0,6536 |
| Fecha de recogida *Situación | 2 | 0,69 | 0,5025 | 0,17 | 0,8399 |

Tabla 25. Valores medios y error estándar del coeficiente de variación individual de cada árbol de las variables peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota durante 2001-02 a 2006-07. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años según el test de Scheffe ($p < 0,05$).

| Año | CVpeso (%) | | CVlongitud (%) | | CVgrosor (%) | |
|------------------------|-------------|------------|----------------|------------|--------------|------------|
| | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| 2001-02 | 20,8 a | 1,0 | 7,6 ab | 0,4 | 11,6 b | 0,5 |
| 2002-03 | 22,8 a | 1,4 | 7,4 ab | 0,3 | 9,1 ab | 0,4 |
| 2003-04 | 21,3 a | 1,1 | 9,4 bc | 0,5 | 10,2 ab | 0,4 |
| 2004-05 | 22,0 a | 1,8 | 8,8 abc | 0,7 | 11,0 ab | 1,0 |
| 2005-06 | 33,5 b | 2,1 | 10,6 c | 0,6 | 12,2 b | 0,7 |
| 2006-07 | 17,1 a | 1,8 | 6,7 a | 0,6 | 8,3 a | 0,7 |
| Todo el periodo | 23,1 | 0,6 | 8,5 | 0,2 | 10,5 | 0,3 |

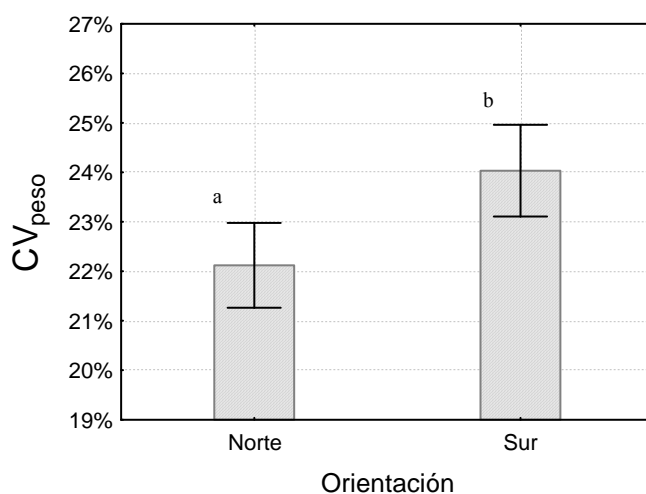


Figura 9. Valores medios y error estándar del coeficiente de variación del peso fresco de la bellota en función de la orientación del fruto en la copa del árbol. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 26. Valores medios y error estándar de las variables coeficiente de variación del peso fresco, longitud, grosor de la bellota obtenidos en diferentes fases de la montanera durante los años 2001-02 a 2006-07. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre fases según el test de Sheffé ($p < 0,05$).

| | Año | Inicio | | Mitad | | Final | |
|------------------------|-------------------|--------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| CV _{peso} | 2001-02 | 19,5 a | 2,3 | 15,9 a | 1,3 | 21,0 a | 2,2 |
| | 2002-03 | 21,6 a | 2,0 | 15,1 a | 2,5 | 16,2 a | 2,5 |
| | 2003-04 | 20,9 a | 2,0 | 15,0 a | 1,1 | 17,3 a | 2,0 |
| | 2004-05 | 20,2 a | 3,5 | 21,1 a | 2,1 | 20,2 a | 2,1 |
| | 2005-06 | 33,1 b | 5,2 | 18,9 a | 2,3 | 16,4 a | 2,5 |
| | 2006-07 | 18,1 a | 3,1 | 16,3 a | 3,5 | 23,7 a | 7,2 |
| | Media del periodo | 21,6 b | 1,1 | 17,0 a | 0,8 | 18,8 ab | 1,1 |
| CV _{longitud} | 2001-02 | 5,7 a | 0,3 | 6,4 a | 0,3 | 6,5 a | 0,4 |
| | 2002-03 | 5,8 a | 0,3 | 5,6 a | 0,4 | 5,1 a | 0,8 |
| | 2003-04 | 7,6 a | 0,5 | 7,5 a | 0,3 | 7,3 a | 0,5 |
| | 2004-05 | 5,3 a | 1,8 | 7,5 a | 0,7 | 6,9 a | 0,7 |
| | 2005-06 | 11,9 b | 1,3 | 7,6 a | 0,6 | 6,4 a | 0,5 |
| | 2006-07 | 5,3 a | 0,5 | 6,0 a | 0,5 | 5,7 a | 1,7 |
| | Media del periodo | 6,7 a | 0,2 | 6,9 b | 0,2 | 6,6 a | 0,2 |
| CV _{grosor} | 2001-02 | 8,8 a | 0,5 | 9,1 a | 0,4 | 8,8 a | 0,6 |
| | 2002-03 | 7,7 a | 0,3 | 6,6 a | 0,5 | 7,0 a | 0,7 |
| | 2003-04 | 8,8 a | 0,5 | 8,3 a | 0,3 | 7,5 a | 0,5 |
| | 2004-05 | 6,0 a | 1,7 | 9,2 a | 1,0 | 10,3 a | 0,8 |
| | 2005-06 | 11,0 a | 1,1 | 8,7 a | 0,6 | 9,1 a | 0,7 |
| | 2006-07 | 7,4 a | 0,7 | 7,4 a | 0,5 | 6,7 a | 1,8 |
| | Media del periodo | 8,4 a | 0,2 | 8,3 a | 0,2 | 8,7 a | 0,3 |

Discusión

Morfología de la bellota de encina en la dehesa y sus relaciones. Variación entre árboles y evolución en el tiempo.

La productividad de bellota puede desglosarse en dos componentes, el número de bellotas y el peso de las mismas, que no son independientes y guardan una estrecha relación. El número de semillas depende de los recursos disponibles y de las condiciones meteorológicas durante la fase de floración y cuajado del fruto principalmente. Una vez fijado el número de semillas, su peso depende de los recursos disponibles y de las condiciones meteorológicas reinantes durante la fase de llenado. Del análisis de estas dos variables, es posible extraer conclusiones sobre la configuración y evolución de la productividad de la encina en la dehesa. Así, en este estudio, se han encontrado para la dehesa valores medios de número de bellotas (26-140 bellotas/m²) superiores a los que se obtienen en bosques de

Quercus ilex subsp. *ilex* en el norte y este de la península ibérica, para los que se han encontrado valores medios de 11 bellotas/m², aunque con máximos de hasta 250 bellotas/m² (Siscart *et al.*, 1999). En bosques de robles americanos también se han obtenido valores medios inferiores, desde 9 bellotas/m² para red oak (*Quercus rubra*), 21 bellotas/m² para white oak (*Quercus alba*) hasta 23 bellotas/m² para black oak (*Quercus velutina*) (Dey, 1995).

La bellota de los *Quercus* es un aquenio cuyo tamaño oscila bastante en función de la especie que se analice, lo que es esperable en un género que engloba a unas 500 especies, se distribuye por 3 continentes y que se caracteriza por una alta capacidad para la hibridación. Para la especie *Quercus ilex* subsp. *ballota* se han encontrado en este trabajo unos pesos frescos similares a los aportados por otros autores en dehesas. Así los 5,0 g de peso de la bellota, 34,29 mm de longitud y 15,05 mm de grosor detectados en este estudio son similares a los 15,59 mm-17,06 mm de grosor aportados por Porras (1998) en dehesas de Huelva, a los 4,95 g de Álvarez *et al.* (2002) en dehesas de Salamanca, a los 5,18 g presentados por Fernández *et al.* (2004) en dehesas de Córdoba, y los 30-40 mm de longitud y 10-15 mm de grosor aportados por García Mozo *et al.* (2007) en dehesas de Hornachuelos, Córdoba. Estos valores son claramente superiores a los encontrados para la subespecie *Quercus ilex* subsp. *ilex* en bosques de Sierra Nevada (Gómez, 2004) con 2,29 g, los 2,5 g encontrados en bosques del noreste español (Milla *et al.*, 2002), los 4,49 g encontrados para una especie asiática como *Quercus acutissima* (Vázquez, 1998), los 1,75 y 1,99 g obtenidos para *Quercus rugosa* y *Quercus laurina* en México (Bonfil, 1998), y los 1,6-2,0 g y 10-15 mm de diámetro encontrados para water oak (*Quercus nigra*) en los Estados Unidos (Bonner y Vozzo, 1987).

En el presente trabajo se ha detectado que en general existe una mayor frecuencia de bellota con pesos y tamaños inferiores a los medios, y una fuerte concentración en torno a determinados valores. Esta concentración es máxima los años con una menor cantidad de bellota. Parecida distribución se ha encontrado también en otras especies como *Banksia marginata* (Vaughton y Ramsey, 1998), *Desmodium paniculatum* (Wulff, 1986), y distintas especies de la flora californiana (Baker, 1972).

En el capítulo anterior se puso de manifiesto la alta variación que presenta la productividad de bellota tanto entre individuos como entre años. Estas variaciones se deben principalmente a las oscilaciones de la variable número de bellotas por metro cuadrado más que a las que tiene el peso de la misma, cuya cuantía es bastante inferior. Así, el coeficiente de variación entre árboles del número de bellotas por metro cuadrado es de 116% frente al 36% para el peso, mientras que la variación entre años es del 90% para el número de bellotas

y del 41% para el peso. Pese a la inferior cuantía de la variabilidad del peso frente a la del número de semillas, la primera alcanza sin embargo un valor estimable. Además, la variación del peso de la bellota de un individuo entre años ($CV_i=41\%$) es de la misma magnitud que la variación observada entre árboles en un mismo año ($CV_{\text{medio}}=36\%$). Algo menores son las variaciones que encontramos dentro de un individuo y año que se encuentran en torno al 23%.

Distintos autores citan las altas variaciones que se encuentran para el tamaño y forma de las bellotas (Vázquez, 1998; Díaz, 2000; Willson y Traveset, 2000) dentro de cada individuo, entre individuos y entre años, al igual que sucede con otras características productivas de los *Quercus*. A pesar de que el tamaño de la semilla fue considerado por muchos autores (Fenner, 1985; Garrido *et al.*, 2005) como uno de los parámetros más estables de las plantas debido a su relación con la capacidad de dispersión y establecimiento de las especies, nuestro trabajo, coincidiendo con otros (Michaels *et al.*, 1988; Vaughton y Ramsey, 1998; Leishman *et al.*, 2000; Garrido *et al.*, 2005) ha puesto de manifiesto la existencia de una variabilidad importante en el peso de la semilla y tamaño entre árboles y entre años para un mismo individuo. Además, el peso, la longitud, el grosor y ratio L/G de la bellota varían de forma importante con la interacción del individuo y el año. La variación del tamaño de la semilla entre individuos es habitualmente indicadora de diferencias genéticas, y/o microambientales, además de las referidas al diferente esfuerzo reproductivo que cada planta efectúa (Stanton, 1984; Venable, 1992; Obeso, 1993; Vaughton y Ramsey, 1998; Eriksson y Jakobsson, 1999). No en vano, el aspecto y tamaño de la bellota ha servido para distinguir formas o variedades dentro de la encina (Colmeiro y Boutelou, 1854; Vicioso, 1950; Vázquez *et al.*, 1992). Pero es importante tener presente en estas clasificaciones, que el aspecto y el tamaño pueden presentar variaciones entre años.

Autores como Elena-Rosselló (1993), Díaz (2000) y Ramos (2002) han encontrado en encina y en alcornoque variaciones del tamaño de la bellota entre individuos de mayor entidad que la observada entre años. En nuestro caso, las altas oscilaciones del peso de la bellota entre años se deben a las condiciones meteorológicas extremadamente secas del año 2005-2006, en el que el peso de la bellota fue muy bajo. De hecho, si no se considera este año, el coeficiente de variación individual del peso fresco de la bellota entre años baja hasta un 28%, situándose por debajo de las variaciones entre árboles. Pero los años secos son frecuentes en el mediterráneo y no debieran ser excluidos de estos análisis. Así, Bonner y Vozzo (1987) indican importantes variaciones en el tamaño de la semilla entre años en respuesta a variaciones en la cantidad de recursos disponibles, aconsejando la recolección de semilla en años de cosechas altas, indicativos de la existencia de una mayor cantidad de recursos.

Además y de acuerdo con diferentes autores, el tamaño de la semilla de un individuo mantiene las relaciones de jerarquía con otros individuos (Fenner, 1985; Garrido *et al.*, 2005), pues aquellos árboles que producen una semilla de mayor tamaño que otros, lo siguen haciendo en años sucesivos. Así, encontramos correlaciones significativas y de signo positivo entre el peso, longitud y grosor de la bellota en distintos años, siendo los coeficientes de concordancia de Kendall significativos para estas variables y con cuantías próximas a 0,6, indicando que existe alguna sincronía en la evolución de estas variables entre individuos.

A pesar de las importantes variaciones que se detectan para el peso fresco, el tamaño y forma de la bellota parecen ser características que se mantienen en mayor medida en el tiempo. Así, los coeficientes de variación entre años para las variables longitud, grosor y ratio son inferiores a los que se han obtenido para la variable peso. De todas ellas, el ratio es la variable que presenta unas oscilaciones entre años inferiores (tabla 3). Aunque las variaciones entre individuos para la variable longitud ($CV_{\text{medio}}=13\%$) y grosor ($CV_{\text{medio}}=14\%$) son de similar magnitud, las variaciones entre años que experimenta un individuo en grosor ($CV_i=16\%$) son algo superiores a las encontradas para la variable longitud ($CV_i=13\%$). Diversos trabajos indican que en el desarrollo y maduración del fruto la elongación se produce al inicio de manera más rápida que el engrosamiento (Harper *et al.*, 1970; Haddad *et al.*, 1992; Marini, 2000; Ramos, 2002), y por tanto la longitud es definida en primer lugar y el grosor después hasta el agotamiento de los recursos existentes. Este hecho podría explicar la mayor variabilidad encontrada para la variable grosor entre años, y la mayor intensidad de las relaciones entre el peso de la bellota y el grosor ($r_{2001-2007}=0,913$) frente a las encontradas entre el peso y la longitud ($r_{2001-2007}=0,786$), ya que las dos primeras variables se definen posteriormente a la longitud.

La relación negativa existente entre el peso de la bellota y el ratio longitud/grosor ($r_{2001-2007}= -0,287$) aparece en otros estudios como los de Costa y Vizzotto (2000), Razeto y Díaz de Valdés (2001), Avanza *et al.* (2005) y Davarynejad *et al.* (2008), en los que se indica que un aumento en el tamaño de los frutos generalmente va ligado a un achatamiento en los mismos, siendo indicativo este hecho de una mayor calidad.

En el presente trabajo se encuentra una fuerte relación negativa entre el número de bellotas producidas por metro cuadrado de copa y el peso fresco, así como con la longitud y el grosor de la semilla (tabla 8). Esta relación es coherente con los resultados encontrados por autores como Vaughton y Ramsey (1998), Eriksson y Jakobsson (1999), Garrido *et al.* (2005) y Alejano *et al.* (2011), para los que la producción total de semillas se relaciona negativamente con el peso medio de las mismas. Además, si asumimos que el árbol primero

determina el número de semillas y después ajusta el peso de la misma en función de los recursos disponibles (Harper, 1970; Wulf, 1986; Geritz, 1998; Vaughton y Ramsey, 1998; Leishman *et al.*, 2000) se puede explicar que se alcancen menores pesos de la bellota los años en que está es más abundante y viceversa. Este hecho estaría en consonancia con la mayor intensidad de las relaciones negativas encontradas en años de alta producción. Sin embargo, para otros autores esta relación negativa entre tamaño y número de semillas no es tan evidente, pues si los recursos existentes son abundantes, el tamaño de la semilla, independientemente de la cantidad producida, va a ser mayor (Bonner y Bozo, 1987; Silvertown, 1989; Venable, 1992).

Se han encontrado mayores coeficientes de variación de la productividad (ver capítulo 1 y tabla 1) y del número de bellotas (tabla 2) entre árboles, los años en los que el peso de la bellota es mayor (2004-05 y 2006-07). Quizá, en estas ocasiones el peso final que puede llegar a alcanzar la bellota no está limitado por cuestiones de recursos, sino por factores genéticos propios de cada árbol. Es decir, alcanzado un determinado tamaño que podría considerarse el potencial de cada árbol, una mayor disponibilidad de recursos ya no se traduce en un aumento del peso de la bellota (Agustí *et al.*, 2003). En estos casos, cabe pensar que esos recursos, que ya no pueden ir destinados al llenado del fruto, quedarán almacenados en el árbol y podrán ser utilizados en la fase de crecimiento del brote o la floración del año siguiente. Esta tendencia parece observarse en nuestros resultados, ya que cuando se alcanzan valores altos del peso medio de la bellota, al año siguiente se encuentra un mayor número de bellotas. Con un mayor número de bellotas, el árbol agotará los recursos disponibles en su llenado, pudiendo no alcanzar el tamaño máximo de la bellota fijado por su genética, y la falta de reservas afectará a la brotación del año siguiente y por tanto al número de semillas. Esto explicaría un patrón alternante de la productividad, que será más acusado en aquellos árboles que por su dotación genética tiendan a producir más semillas.

Los árboles pertenecientes a los dos grupos que presentan productividades altas y con un acentuado carácter bianual, no presentan una bellota de peso mucho más elevado que el grupo de árboles con una menor productividad y oscilaciones. Es decir, no se detectan diferencias importantes entre grupos en el peso de la bellota, especialmente durante el último trienio que es el de menor producción. Estos resultados contradecirían los argumentos esgrimidos por distintos autores (Vaughton y Ramsey, 1998; Eriksson y Jakobsson, 1999; Garrido *et al.*, 2005), quienes afirman que las plantas que generan un mayor número de semillas producen semillas de menor tamaño. Además, en los grupos más productivos se establece una evolución divergente para las variables peso y número de bellotas durante el

trienio más productivo, pues los años en que el grupo uno alcanza los mayores valores de productividad y los menores de peso, el grupo dos alcanza los mayores valores de peso y los menores de productividad (figura 4). Este hecho provoca que las diferencias en cuanto al peso de las semillas entre grupos sean más evidentes los tres primeros años de mayor productividad, cuando los recursos no están limitando la fase de llenado y los árboles pueden expresar su potencial en cuanto a número y peso de semillas. En estos años existen fuertes diferencias en el número de bellotas, triplicando los dos grupos de mayor productividad, el número de bellotas que encontramos entre los árboles menos productivos.

El peso de la bellota del arbolado del primer grupo muestra una mayor estabilidad a lo largo del tiempo con un menor valor del coeficiente de variación individual entre años; de hecho solo dos años el peso de la bellota es estadísticamente distinto (tabla 12). El arbolado del grupo dos presenta una mayor variabilidad en el peso de la bellota entre años, mostrando un comportamiento bianual.

En los tres grupos de árboles considerados, hemos encontrado una relación negativa entre el número de bellotas y el peso, la longitud y el grosor de la misma y, salvo excepciones, esta relación se mantiene significativa y de signo negativo casi todos los años, lo cual está en consonancia con las ideas expuestas anteriormente (tabla 17). Sin embargo, en el año 2002-03, no encontramos en el arbolado que integra el grupo uno, una relación negativa entre el peso de la bellota y su número, a pesar de ser uno de los años con una mayor cuantía de semillas. Quizá el bajo número de bellotas que tuvieron estas encinas el año previo, ha permitido mantener recursos suficientes en el árbol para asegurar una brotación y floración adecuada y, posteriormente, las condiciones meteorológicas favorables, han permitido el cuajado y llenado de la semilla, alcanzando ésta un peso similar al obtenido cuando el número de bellotas en el árbol es menor. Este aumento del número de semillas en paralelo al peso de las mismas estaría en consonancia con lo expuesto por Bonner y Vozo (1987), Silvertown (1989) y Venable (1992), para los que si los recursos existentes son abundantes, el tamaño de la semilla, independientemente de su cantidad, va a ser mayor. Estos autores defienden también un mayor tamaño de semilla en años de cosechas altas, pues estos periodos son indicativos de la existencia de una mayor cantidad de recursos. Asimismo, en el año 2005-06 no se detecta relación negativa entre el número de bellotas y el peso para el arbolado perteneciente al grupo tres. Este año el arbolado mantiene un número de semillas bajo, aunque de similar magnitud que el año anterior, pero la fuerte e inesperada sequía del otoño e invierno hace que se tenga que producir un ajuste drástico de los recursos disminuyendo de

manera brusca el peso de la semilla (Agustí *et al.*, 2003). Por tanto, parece que, en general, existe una relación negativa entre el número de bellotas y su peso, que puede perder intensidad en situaciones de abundancia de recursos o cuando éstos son muy limitantes.

La relación entre la longitud y el grosor muestra algunas diferencias entre el arbolado de los distintos grupos. Así la bellota del arbolado encuadrado en el primer grupo parece ser más redondeada que la de los otros grupos. Además, en el primer grupo se han observado relaciones significativas entre el número de semillas y el ratio L/G. En general, las relaciones son de carácter positivo, es decir que aquellos árboles que producen un mayor número de bellotas, ésta tiende a ser más delgada. Según distintos autores (Costa y Vizzotto, 2000; Razeto y Díaz de Valdés, 2001; Avanza *et al.*, 2005; Davarynejad *et al.*, 2008) un mayor achatamiento de los frutos puede estar relacionado con un mayor almacenamiento de recursos. Por tanto, cuando el arbolado de este grupo presenta un elevado número de bellotas, los recursos disponibles deben repartirse entre todas, siendo imposible un engrosamiento de las mismas. Esto no ocurre el año 2002-03 (año de máxima producción para el grupo 1), en el que la relación entre el número de semillas y el ratio es negativa, por lo que en árboles con un mayor número de bellotas ésta es más redondeada. La disponibilidad de recursos antes comentada estaría detrás de este hecho. El peso de la bellota está relacionado de forma negativa con el ratio L/G, indicando que aquellas bellotas más pesadas son las más redondeadas pues han conseguido, tras la elongación, engordar aumentando el calibre. Esta relación se presenta en los tres grupos cuando se considera conjuntamente los seis años, y aparece en los dos primeros grupos cuando se estudia la relación año a año, mostrando un claro patrón bianual, desfasado entre grupos (tabla 17).

Parece, por tanto que cada individuo dispone de una cantidad de recursos para invertir en su progenie y que el compromiso entre el número de semillas y el peso individual es resuelto de forma diferente por cada planta, pudiendo realizar ajustes entre años en algunos casos. Por esto, siempre ha resultado significativa la interacción de las variables árbol y año, a la hora de explicar los componentes de la productividad de fruto en la encina y la forma de la bellota. Además, la productividad parece estar determinada principalmente por el número de bellotas que produce el árbol, ya que los ajustes de peso no pueden, en la mayoría de las situaciones, compensar una disminución del número de bellotas y este hecho se mantiene en los tres grupos considerados.

Variabilidad morfológica de la bellota dentro del árbol y factores influyentes

Existe variación en el peso y la forma de la bellota dentro de cada árbol. El coeficiente de variación del peso de la bellota en un mismo árbol alcanza un valor medio de un 23%, siendo inferior a la variación que encontramos entre años en un mismo individuo y entre árboles. La longitud, el grosor de la bellota y el cociente de estas dos variables, también varían, siendo los coeficientes de variación siempre inferiores a los que hemos obtenido entre años y entre árboles (tabla 25). La variación del tamaño de la semilla dentro de la planta parece responder a la diferente adjudicación de recursos que un individuo hace a cada una de sus estructuras (Gutterman, 1992; Vaughton y Ramsey, 1998; Garrido *et al.*, 2005), pero también el tipo y la época de polinización (Jordano, 1993; Díaz, 2000; Ramos, 2002) pueden dar lugar a variaciones en el tamaño. Así, las semillas generadas por autogamia son frecuentemente más pequeñas que las generadas por xenogamia (Wolfe, 1995; Ramos, 2002; Garrido *et al.*, 2005), y las polinizaciones más tardías dan lugar a una bellota que tiene menos tiempo y por tanto menos recursos (agua, temperatura, luz) para desarrollarse, con lo que su tamaño puede llegar a ser menor (Vázquez, 1998; Ramos, 2002).

En otros trabajos realizados con especies silvestres, se ha encontrado que la variación en el tamaño de la semilla dentro de un individuo es superior a la que existe entre individuos y entre años (Wulff, 1986; Michaels *et al.*, 1988; Vaughton y Ramsey, 1998; Garrido *et al.*, 2005). La menor variación encontrada en este trabajo podría deberse en parte a la influencia del hombre sobre la espesura del arbolado y a la arquitectura de la encina en la dehesa, que permite una mejor distribución y homogeneidad de los recursos hacia elementos reproductivos y vegetativos. Además, en masas con una densidad importante de árboles como la de este trabajo, la incidencia de la autogamia siempre es menor. Así, Vázquez (1998) y Ramos (2002) citan la autogamia dentro del árbol como un tipo de polinización existente en los *Quercus* cuando la cantidad de polen ajena al árbol es escasa, lo que es frecuente en árboles aislados o masas muy abiertas.

La variación en el tamaño y forma de la bellota dentro de un árbol puede estar relacionada con la posición dentro de la copa del árbol. De las diferentes ramas que constituyen el árbol, aquellas mejor iluminadas y situadas (zona media exterior) presentan una vegetación más intensa, debido a la mayor cantidad de luz que perciben, que permite una mayor acumulación de carbohidratos lo que a su vez propicia fructificaciones más abundantes, duraderas y de mayor calibre que otras posiciones como las interiores e inferiores (Nuzzo *et al.*, 1999; Pastor y Humanes, 2000, Gea-Izquierdo *et al.*, 2006). Las restricciones físicas o fisiológicas asociadas a la posición del fruto en la planta han sido puesta de manifiesto en distintos estudios. (McGinley y Charnov, 1988; Michaels *et al.*, 1988; Geritz,

1998; Vaughton y Ramsey, 1998; Garrido *et al.*, 2005). En este trabajo se ha detectado un número mayor de bellotas en situaciones exteriores respecto a las interiores, y en orientación sur respecto a orientación norte. Sin embargo no se detectan diferencias en cuanto a peso, longitud y grosor respecto a la situación o a la orientación en la copa del árbol. En algunos años los mayores valores se encuentran en el interior y en otros en el exterior. Sí encontramos una bellota más alargada en posiciones interiores respecto a posiciones exteriores, por lo que si un mayor alargamiento puede ir ligado a una menor calidad (Costa y Vizzotto, 2000; Razeto y Díaz de Valdés, 2001; Avanza *et al.*, 2005; Davarynejad *et al.*, 2008) éste podría ser un indicio. Otros trabajos han puesto de manifiesto diferencias en el peso de la bellota según la orientación en la copa, encontrando las bellotas más pesadas en la cara sur (Alejano *et al.*, 2011). Quizá, en nuestro caso, el mayor número de bellotas que encontramos en posiciones exteriores, diluye estas diferencias y hace que no lleguen a ser significativas. Además, la orografía llana de la explotación, impide la formación de solanas y umbrías marcadas, homogeneizando la iluminación que puede recibir el arbolado, el cual presenta, copas simétricas y homogéneas que optimizan y homogeneizan la superficie productiva en los árboles (Rúperez, 1957; Cañellas, 1992; Pastor y Humanes, 2000).

La variación en el tamaño de la bellota dentro del árbol también puede estar relacionada con el momento de la maduración y diseminación. La duración media del periodo de maduración y caída de la bellota en un árbol ha oscilado entre 36 y 72 días (capítulo 1), y cabe esperar que la bellota que madure al comienzo pueda tener un peso y forma distinta en relación a aquellas bellotas más tardías del mismo árbol. No son abundantes los trabajos en los que se estudia el desarrollo de la bellota durante su fase final ni las variaciones que experimenta en su morfología. En este trabajo hemos encontrado que el peso, la longitud el grosor y el ratio longitud/grosor de la bellota cambian durante la montanera, y que la evolución depende del año. En general, la bellota más grande y pesada se recoge en fechas intermedias del periodo de maduración y diseminación y la bellota más pequeña al inicio y/o al final. Bonner y Vozzo (1987), Álvarez *et al.* (2002), Fernández *et al.* (2004) y López-Carrasco *et al.* (2005), también encuentran bellotas de menor peso y tamaño al comienzo de la montanera y, en muchas ocasiones se ha achacado a la incidencia de insectos perforadores y factores meteorológicos (viento, lluvia y granizo) que provocan la caída de semilla, en muchos casos inmadura (Soria *et al.*, 1996; 1999), o a la caída de fruto que propicia de manera natural el árbol si es incapaz de llenar, de forma adecuada, la totalidad de la cosecha que sostiene (Westwood, 1982; Gil-Albert, 1991). Por otro lado, el menor tamaño de la bellota detectado al final de la campaña puede achacarse a la bajada de temperaturas propia

del invierno, que ralentiza o para la actividad vegetativa del árbol propiciando que bellotas provenientes de floraciones más tardías no maduren de forma completa, o a la mayor escasez de recursos nutritivos disponibles para estos frutos más tardíos (Harper, 1970; Baker, 1972; Wulff, 1986; Garrido *et al.*, 2005). Álvarez *et al.* (2002), sin embargo no detectan una disminución en el peso al final de la montanera, sino todo lo contrario pues los valores máximos se alcanzan al término de ésta. Elena-Rossello *et al.*, (1993), Díaz (2000) y Ramos (2002) en alcornoque indican que para esta especie los diferentes tamaños de bellota encontrados corresponden a floraciones acaecidas en distintas fechas del año, y por tanto a periodos de maduración diferentes.

Los mayores cambios a lo largo del periodo de diseminación se detectan en las variables peso y grosor de la bellota. La variable longitud también experimenta cambios aunque son de menor entidad. Esto puede deberse a que el alargamiento o elongación del fruto se produce de una manera más intensa en fechas previas al inicio de la diseminación, y anteriormente al engrosamiento, que aumenta su velocidad en fechas intermedias de la montanera, pudiendo ralentizarse posteriormente si los recursos disminuyen (Bonner y Vozzo, 1987; Haddad *et al.*, 1992). Ésta podría ser también la explicación al hecho de encontrar una semilla con un ratio longitud/grosor mayor en fechas finales, debido a una disminución del grosor, y a detectar una mayor longitud de la bellota en la copa orientada al sur en fechas iniciales pudiendo indicar que en esta orientación la bellota puede ir más adelantada.

Estabilidad de la variación del peso y la forma de la bellota dentro del árbol

Por tanto, el peso y la forma de la bellota en la encina varían en función de la posición dentro de la copa, según la época de maduración y entre años. Ahora bien, la variación que detectamos asociada a estos factores y a sus interacciones, ¿es siempre de la misma magnitud? Es decir, la variación ¿es estable en el espacio, la copa en este contexto, y en el tiempo (el periodo de diseminación y entre año)? Trabajos como los de McGinley y Charnov (1988), Michaels *et al.* (1988), Vaughton y Ramsey (1988) y Tecklin y McCreary (1991) indican la existencia de una importante variabilidad en el tamaño y desarrollo del fruto dentro de cada individuo achacable a restricciones físicas, restricciones en la cantidad de recursos y restricciones fisiológicas, y dado que estas restricciones pueden variar en el espacio y en el tiempo, cabe esperar que aumente o disminuya la variabilidad.

El coeficiente de variación del peso, la longitud y el grosor de la bellota varían de forma importante con la interacción del individuo y el año, es decir que no encontramos la

misma variabilidad todos los años dentro de una encina, siguiendo cada árbol una evolución distinta en función de su situación particular y su interacción con el ambiente.

Parciak (2001) y Halpern (2005) indican que la variación en el tamaño de la semilla dentro de la planta se incrementa en situaciones de escasez de recursos, porque en estos casos disminuye la equidad en su reparto y esto es lo que observamos en nuestros resultados, una mayor variabilidad el año 2005-06, caracterizado por una fuerte sequía. El año con menores variaciones en peso y tamaño es el 2006-07 que es el año en el que se obtiene un menor número de bellotas y un desarrollo de la montanera muy rápido, temprano y homogéneo. La menor competitividad por los recursos dentro del árbol debido a la baja producción, y quizás también un desarrollo sin pausas del periodo de diseminación parece desembocar en una menor variabilidad.

El coeficiente de variación del peso y la longitud de la bellota es más inestable al inicio de la montanera, existiendo una disminución conforme ésta se desarrolla, que en ocasiones aumenta hacia el final. Al inicio de la montanera diferentes factores externos (lluvia, viento, etc.) pueden provocar la caída a la vez de bellota madura e inmadura, aumentando las diferencias. Koops *et al.* (2003) han indicado también que la variabilidad se incrementa en ambientes inestables. El repunte en la variabilidad que se observa al final puede estar relacionado con la convivencia en el mismo árbol de semillas procedentes de floraciones tardías que no acaban de madurar a consecuencia de restricciones climáticas (bajada de las temperaturas) o de escasez de recursos junto a semillas maduras que se diseminan más tardíamente (Elena-Rossello *et al.*, 1993; Díaz, 2000).

La variabilidad de la longitud y el grosor de la bellota no se ve afectada por la situación ni por la orientación en la copa del árbol de manera significativa, por tanto, el coeficiente de variación de la longitud y grosor de la bellota es de la misma magnitud en toda la copa, pero no así el peso, teniendo unos valores más estables en la situación norte, caracterizada por un menor número de semillas (Haig y Westoby, 1988; Campbell y Halama, 1993; Garrido *et al.*, 2005), y quizás por tanto con una menor competencia por los recursos.

La variabilidad del tamaño de la semilla dentro del individuo parece ser un elemento inherente a la producción. Distintos autores (Harper *et al.*, 1970; Leishman *et al.*, 2000) defienden el carácter adaptativo de la variación del tamaño de la semilla dentro de la planta por las ventajas que representa en ambientes variables, en los que el éxito de la reproducción resulta del compromiso existente entre las presiones selectivas que ejercen los dispersantes, los predadores y el ambiente de germinación y desarrollo de las plantas (Garrido *et al.*, 2005). Así, aunque una semilla de mayor tamaño da lugar a plantas más vigorosas (Leishman *et al.*,

2000; Ramos, 2002; González, 2010), autores como Parciak (2002) y Gómez (2004) indican que puede ser una desventaja, pues es mejor consumida y peor dispersada, disminuyendo la capacidad de regeneración del árbol madre. Por tanto, la variabilidad del tamaño de la semilla dentro de un árbol puede suponer una oportunidad en el ciclo reproductivo. Por ello, Geritz (1995) (en Garrido *et al.*, 2005) cataloga de estrategia evolutivamente estable a todos los mecanismos que contribuyen a mantener esta variabilidad actuando tanto antes de que se establezca un tamaño óptimo definitivo, como después.

Conclusiones

- El peso fresco medio de la bellota de encina en la dehesa durante los seis años analizados ha sido de 5,0 g, la longitud de 34,29 mm y el grosor de 15,05 mm. La bellota más grande se ha recogido en 2006-07 y la bellota más pequeña en 2005-06, alcanzándose el resto de años valores intermedios. Los valores obtenidos son similares a los aportados por otros estudios realizados en dehesas de encina, y superiores a los encontrados en bosques de *Quercus ilex* subsp. *ilex* y *Quercus* americanos y asiáticos.
- La variación del peso fresco (36%), longitud (13%) y grosor (14%) de la bellota entre encinas para un mismo año es alta, encontrándose importantes diferencias entre valores máximos y mínimos, especialmente para el peso. En esta variabilidad influyen aspectos relacionados con la condición genética del árbol, y la existencia en un mismo año de árboles en situaciones productivas diferentes, unas encinas con un número bajo y otras elevado de bellotas, lo que va a influir en el reparto de los recursos en el llenado del fruto.
- Las encinas sufren importantes variaciones en el peso fresco, longitud y grosor de la bellota a lo largo del tiempo, con unos coeficientes de variación de 41,0%, 13,1% y 16,2% respectivamente. El aspecto de la bellota, la relación entre la longitud y el grosor, se mantiene más constante en el tiempo, con un coeficiente de variación de 6,8%. La variación temporal supera por tanto a la variación espacial, y esto es debido principalmente a las oscilaciones que presenta la productividad de bellota entre años y a las oscilaciones de las condiciones meteorológicas, principalmente a los eventos de sequía, como la ocurrida el año 2005-2006.
- Existe una estrecha relación entre el número de bellotas que produce una encina y el peso de las mismas, puesto que ambas dependen de los recursos disponibles del árbol,

aunque la cuantía de sus valores se determina en fases diferentes. En general, existe una relación negativa entre el número de bellotas y su peso, que puede perder intensidad en situaciones de abundancia de recursos o cuando éstos son muy limitantes. No se ha encontrado que las encinas más productivas tengan una bellota más pequeña, aunque en éstas se establece una evolución divergente para las variables peso y número de bellotas durante los periodos de alta productividad.

- La productividad parece estar determinada principalmente por el número de bellotas que produce el árbol y, los ajustes de peso (limitado por factores genéticos propios de cada árbol), no pueden en la mayoría de las situaciones compensar una disminución del número de bellotas.
- En este trabajo se ha detectado un número mayor de bellotas en situaciones exteriores respecto a las interiores, y en orientación sur respecto a orientación norte. Sin embargo no se detectan diferencias en cuanto a peso, longitud y grosor respecto a la situación o a la orientación en la copa del árbol, aunque se detecta una bellota más alargada en posiciones interiores respecto a posiciones exteriores. Aunque las posiciones exteriores y sur de la copa reciben más luz, el mayor número de bellotas que encontramos en posiciones exteriores, diluye las diferencias en morfología y hace que no lleguen a ser significativas.
- El peso, la longitud el grosor y el ratio longitud/grosor de la bellota cambian durante la montanera, y la evolución depende del año de muestreo. En general, la bellota más grande y pesada se recoge en fechas intermedias del periodo de maduración y diseminación y la bellota más pequeña al inicio y/o al final.
- Existe variación en el peso y la forma de la bellota dentro de cada árbol. El coeficiente de variación del peso fresco de la bellota en un mismo árbol alcanza un valor medio de un 23%, siendo inferior a la variación que encontramos entre años en un mismo individuo y entre árboles. La cuantía de las fluctuaciones asociada al peso de la bellota dentro de la encina son mayores en la zona de la copa que mira al sur y cambian durante la montanera y entre años, mostrando cada árbol una evolución diferente. La cuantía de las fluctuaciones asociada a la longitud de la bellota dentro del árbol varían durante la montanera y entre años y las asociadas al grosor de la bellota entre años, aunque los individuos no muestran un patrón similar de evolución. Las fluctuaciones son mayores los años más secos y estresantes para el árbol.



CAPÍTULO 3. La producción de bellota de encina en la dehesa y su relación con parámetros meteorológicos.

*“..Ya bajo el sol que calcina,
ya contra el hielo invernizo,
el bochorno y la borrasca,
el agosto y el enero,
los copos de la nevasca,
los hilos del aguacero,
siempre firme, siempre igual..”*

(Antonio Machado. Las encinas. Campos de Castilla)

Parcialmente publicado en:

CARBONERO M.D; GARCÍA, A.; CALZADO, C.; FERNÁNDEZ, P., 2009. La producción de bellota en la dehesa y su relación con parámetros meteorológicos. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, 597-604. REINÉ *et al.* (Eds.). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca (España)

Introducción y objetivos

Las encinas se caracterizan por tener producciones muy distintas entre años, entre localidades geográficas e incluso entre árboles cercanos. Muchas son las variables que están implicadas en estas diferencias; en algunos casos se trata de factores inherentes al propio árbol y en otros casos factores externos como la meteorología, la incidencia de plagas o/y enfermedades, etc. La meteorología condiciona la producción de bellota, especialmente a corto-medio plazo ya que determina el crecimiento vegetativo, la floración y las diferentes etapas del desarrollo del fruto (Dey, 1995), aunque por su importancia habría que destacar la influencia de las condiciones meteorológicas sobre la floración y la fase final del crecimiento de fruto e inicio de la maduración (Agustí *et al.*, 2003). La influencia de las condiciones meteorológicas sobre la producción, el retraso o precocidad de la brotación, la duración del periodo de floración y polinización, el inicio y duración de la maduración y caída de la bellota, etc., ha sido estudiada en una gran variedad de *Quercus*, aunque apenas ha sido desarrollada para la encina y otros *Quercus* mediterráneos (McGee, 1974; Elena-Rosselló *et al.*, 1993; Díaz, 2000; López-Carrasco *et al.*, 2007).

La morfología del fruto, dependiente de una gran cantidad de factores que interaccionan entre sí, no queda al margen de la influencia de los factores meteorológicos (Leishman *et al.*, 2000). Según Agustí *et al.* (2003), los periodos de sequía, aunque sean cortos, tienden a reducir el tamaño del fruto, y cuando se presentan durante el período de maduración aceleran la coloración del fruto, pero retrasan la maduración interna. Además, la escasez de precipitaciones no sólo influye en el tamaño del fruto sino en la forma y simetría del mismo (Hodar, 2002). Otros estudios indican la detención de crecimiento del fruto por las bajas temperaturas acaecidas durante el periodo de maduración (Agustí *et al.*, 2003; Gea-Izquierdo *et al.*, 2006).

Por último no existen demasiados trabajos en los que se ponga de manifiesto la relación entre meteorología y fase de diseminación o caída del fruto, aunque de su desarrollo y aprovechamiento depende íntimamente la calidad de la carne del cerdo Ibérico, principal depredador. Así, en los otoños cálidos y húmedos, especialmente si han ido precedidos de primaveras largas, con suaves temperaturas y abundancia de lluvias, algunos autores han observado un adelanto del inicio de la montanera respecto a los más fríos y secos (Díaz, 2000; López Carrasco *et al.*, 2007). La duración de las montaneras también parece estar muy ligada a las temperaturas medias de este periodo (Díaz, 2000; López Carrasco *et al.*, 2007).

Así pues, la meteorología podría tener valor como elemento predictivo de la cantidad y calidad de la bellota, y por tanto, pudiera tener utilidad de cara a la gestión de la alimentación del cerdo Ibérico durante la montanera (López-Carrasco *et al.*, 2007). Este trabajo tiene por objetivos analizar la relación existente entre las condiciones meteorológicas del año y: (a) la cuantía de la producción de bellota en la encina, (b) la morfología de la bellota y (c) el desarrollo del periodo de diseminación de la bellota.

Material y método

Zona de trabajo

La descripción del área de estudio se encuentra desarrollada en el apartado general de material y método.

Elección de árboles. Diseño muestral

La descripción de la elección de los árboles se describe en el apartado correspondiente de material y método comunes.

Recogida y manipulación de la bellota

Este apartado se encuentra desarrollado en el apartado general de material y método.

Información meteorológica

Los datos meteorológicos utilizados corresponden a la estación de Villanueva de Córdoba, cuyas características se describen en el apartado general de material y método. También en este apartado se presenta a través de un gráfico la evolución mensual de temperaturas y precipitaciones. Las variables meteorológicas empleadas fueron:

Temperatura

- *Variables mensuales*: la temperatura media, la temperatura media de las mínimas, la temperatura media de las máximas, la temperatura máxima absoluta, y la temperatura mínima absoluta.
- *Variables para el periodo de polinización (15 de marzo a 15 de mayo)*: se obtuvo la temperatura media, la temperatura media de las mínimas, la temperatura media de las máximas, la temperatura máxima absoluta, la temperatura mínima absoluta.

Precipitación

- *VARIABLES MENSUALES*: precipitación mensual.
- *VARIABLES PARA EL PERIODO DE POLINIZACIÓN (15 DE MARZO A 15 DE MAYO)*: la precipitación acumulada para este periodo.
- *VARIABLES PARA CADA ESTACIÓN DEL AÑO*: precipitación acumulada en el otoño previo a la floración (septiembre, octubre y noviembre), invierno previo a la floración (diciembre, enero y febrero), primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto), otoño (septiembre, octubre y noviembre) e invierno (diciembre y enero) del año en curso.
- *VARIABLES ANUALES*: Precipitación anual (acumulada de enero a diciembre) del año en curso.

Tratamiento de los datos

Se ha estudiado la relación entre las variables meteorológicas antes indicadas y la productividad, peso fresco, longitud y grosor medio anual de la bellota mediante los coeficientes de correlación de Pearson (r) y Spearman (ρ). Con las variables meteorológicas que presentaron correlaciones significativas, se realizó un análisis de componentes principales para sintetizar información. Finalmente se realizó una regresión lineal por pasos entre la productividad, peso fresco, longitud y grosor medio de la bellota, y las componentes principales que recogen la mayor parte de la variabilidad de los datos.

El análisis de la relación existente entre las variables meteorológicas y la duración media del periodo de diseminación de la bellota se ha realizado a través de los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman y mediante regresión lineal.

Dada la coexistencia en la misma zona de árboles con patrones de producción diferentes, se han estudiado estas relaciones para el total de la masa y para cada grupo de encinas con el mismo comportamiento productivo durante el tiempo que abarca este trabajo.

La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. En los casos necesarios, se procedió a la transformación logarítmica de los datos. Los programas estadísticos utilizados fueron STATISTICA 6.0 y SPSS 11.0 versión para Windows.

Resultados

La productividad y la morfología de la bellota de encina en la dehesa y su relación con parámetros meteorológicos

En la tabla 1 pueden consultarse los datos medios obtenidos para las variables productividad de bellota, peso fresco, longitud y grosor así como las fechas de inicio y finalización de las montaneras y la duración media del periodo de diseminación de bellotas de la encina durante 2001-02 a 2006-07.

Tabla 1. Productividad, peso fresco, longitud y grosor de bellota durante las montaneras 2001-02 a 2006-07. Duración del periodo de diseminación y fecha de inicio y finalización de dichas montaneras. Los valores se expresan en medias seguidas del error estándar.

| | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Productividad (g/m²) | 387±48 | 316±46 | 407±46 | 166±30 | 84±10 | 149±26 |
| Peso (g) | 4,86±0,23 | 5,41±0,24 | 3,62±0,19 | 5,03±0,28 | 1,96±0,13 | 6,03±0,28 |
| Longitud (mm) | 34,41±0,60 | 34,57±0,53 | 31,31±0,63 | 33,59±0,67 | 27,45±0,57 | 37,75±0,72 |
| Grosor (mm) | 14,42±0,30 | 16,03±0,25 | 13,64±0,28 | 14,79±0,36 | 11,21±0,27 | 16,60±0,30 |
| Fecha de inicio de la montanera | 01/11/2001 | 15/10/2002 | 15/10/2003 | 01/11/2004 | 01/11/2005 | 01/11/2006 |
| Fecha de finalización de la montanera | 27/01/2002 | 30/12/2002 | 15/01/2004 | 31/01/2005 | 15/01/2006 | 21/01/2007 |
| Duración media del periodo de diseminación de una encina (días) | 64 ±2,8 | 60 ±2,3 | 72 ±1,8 | 60 ±3,3 | 71 ±3,1 | 36 ±3,3 |

A continuación (tabla 2) pueden consultarse los coeficientes de correlación entre la productividad media de bellota y diferentes variables meteorológicas obtenidas durante 2001-02 a 2006-07. Como puede observarse, la productividad de bellota muestra una correlación significativa con un buen número de variables meteorológicas. Habría que destacar, en primer lugar, la influencia de las variables meteorológicas del mes de marzo en el que suele producirse el inicio de la floración. Así se detecta una fuerte relación positiva de la temperatura media, temperatura media de las mínimas, temperatura máxima absoluta, y temperatura mínima absoluta con la productividad. También la temperatura media de las mínimas de los meses de enero y febrero guarda una relación positiva con esta variable. A continuación, encontramos un conjunto de variables meteorológicas que se caracterizan por

acaecer durante la montanera, entre las que habría que destacar con una correlación positiva la precipitación durante el mes de septiembre. También relacionadas con unas mayores cosechas de bellotas estarían la precipitación del mes de diciembre y la temperatura media y máxima absoluta de este mes. Entre las variables que guardan una fuerte relación negativa con la productividad encontramos la temperatura media del mes de julio, la temperatura máxima absoluta durante el mes de septiembre y la temperatura media del mes de octubre. Con un peso algo menor encontramos una relación positiva entre la productividad y la temperatura media de las mínimas durante el mes de abril, y una relación negativa con la temperatura media de las máximas de este mes.

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson y Spearman (ρ) entre la productividad media de bellota y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07.

| | | Invierno previo a la montanera | | Primavera previa a la montanera | | | Verano previo a la montanera | | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------|---|------------------|-----------------|--|---------------------|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,073 | 0,223 | 0,886** | -0,525 | -0,193 | 0,062 | -0,870** (ρ) | -0,245 | -0,516 | -0,931*** | -0,531 | 0,812** | 0,545 |
| | Tª media de las máximas | -0,859** | -0,254 | -0,542 | -0,769* | -0,531 | -0,427 | -0,499 | -0,072 | -0,496 | -0,551 | -0,169 | 0,467 | 0,061 |
| | Tª media de las mínimas | 0,775* | 0,818** | 0,838** | 0,772* | 0,320 | 0,553 | -0,281 | -0,101 | 0,183 | -0,012 | 0,301 | 0,633 | 0,383 |
| | Tª máxima absoluta | -0,065 | -0,011 | 0,921*** | -0,751 | 0,302 | 0,411 | -0,638 | -0,277 | -0,754* | -0,411 | 0,108 | 0,813** | 0,101 |
| | Tª mínima absoluta | 0,620 | 0,713 | 0,856** | 0,185 | -0,550 | -0,240 | -0,381 | 0,561 | 0,264 | -0,227 | -0,167 | -0,435 | 0,724 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,712 | 0,071 | 0,542 | -0,155 | -0,386 | | | | 0,841** | 0,083 | 0,617 | 0,873** | 0,116 |
| | Acumulada mensual | 0,670 (ene-feb) | | 0,416 (mar-abr) | | 0,040 (mar-abr-may) | -0,568 (jun-jul-ago) | | | 0,443 (sep-oct) | | 0,734 (nov-dic) | | 0,630 (nov-dic-ene) |

*($p < 0,1$); ** ($p < 0,05$); ***($p < 0,01$)

En la tabla 3 pueden consultarse los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales (ACP) realizado con las 16 variables meteorológicas que se encuentran relacionadas con la productividad de bellota. El ACP muestra una primera componente que recoge un 66,45% de la variabilidad y que está relacionada fuertemente con 13 de las 16 variables analizadas. Sólo la temperatura media de julio y la temperatura media de las máximas y de las mínimas de enero, presentan una relación más débil. La segunda componente, que recoge un 15,7 % de la variabilidad total, se encuentra relacionada negativamente con la temperatura media de las mínimas de enero y positivamente con la temperatura media de las máximas de enero.

Tabla 3. Composición de los dos ejes principales del ACP realizado con 16 variables meteorológicas relacionadas de manera significativa con la productividad de bellota. Varianza explicada por los dos componentes principales.

| Estación | Variable | Mes | CP1 | CP2 |
|--|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| Invierno previo a la montanera | Tª Media Máxima | Enero | 0,207 | 0,880 |
| | Tª Media Mínima | Enero | -0,458 | -0,758 |
| | Tª Media Mínima | Febrero | -0,846 | -0,012 |
| Primavera previa a la montanera | Tª Media Mínima | Marzo | -0,893 | -0,174 |
| | Tª Media | Marzo | -0,892 | 0,306 |
| | Tª Máxima | Marzo | -0,967 | -0,115 |
| | Absoluta | Marzo | -0,95 | -0,281 |
| | Tª Mínima | Marzo | -0,95 | -0,281 |
| | Absoluta | Marzo | -0,95 | -0,281 |
| | Tª Media Mínima | Abril | -0,88 | -0,433 |
| Tª Media Máxima | Abril | 0,759 | -0,457 | |
| Verano previo a la montanera | Tª Media | Julio | 0,534 | -0,552 |
| Otoño durante el que se desarrolla la montanera | Tª Máxima | Septiembre | 0,793 | -0,382 |
| | Absoluta | Septiembre | 0,793 | -0,382 |
| | Precipitación | Septiembre | -0,947 | -0,127 |
| Invierno durante el que se desarrolla la montanera | Tª Media | Octubre | 0,973 | -0,133 |
| | Tª Media | Diciembre | -0,919 | 0,058 |
| | Tª Máxima | Diciembre | -0,753 | -0,049 |
| | Absoluta | Diciembre | -0,753 | -0,049 |
| | Precipitación | Diciembre | -0,845 | 0,249 |
| % Varianza Total | | | 66,45 | 15,70 |

La regresión lineal por pasos (figura 1) entre la productividad y las tres primeras componentes principales que mejor resultado aportó, incluye sólo a la componente principal primera ($R^2= 0,91$, $F=40,151$, $p<0,05$). Puede observarse que la productividad está relacionada de manera positiva con las temperaturas medias de las mínimas de

febrero, las temperaturas medias de las mínimas y de las máximas del mes de marzo, la temperatura media de las mínimas de abril, la precipitación de septiembre, la temperatura media y media de las máximas de diciembre y la precipitación de diciembre. Negativamente se relaciona con la temperatura media de las máximas de abril, la máxima absoluta de septiembre y con la temperatura media de octubre.

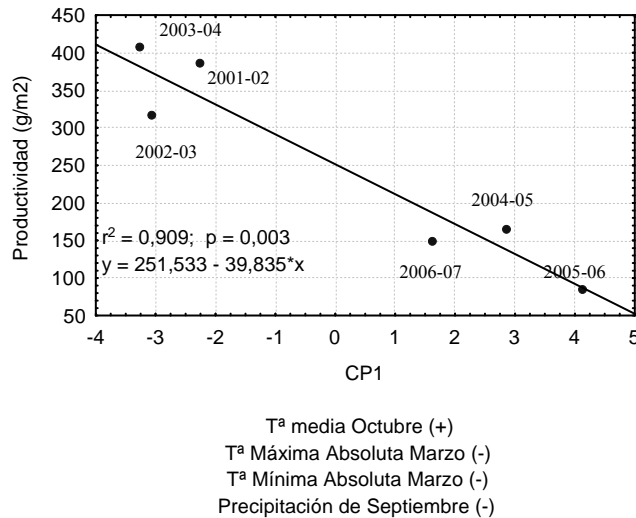


Figura 1. Regresión lineal por pasos entre la productividad y la primera componente principal extraída del ACP realizado con distintas variables meteorológicas. En la parte inferior del gráfico se muestran las variables meteorológicas más relacionadas con la primera componente principal junto al signo de su relación.

La existencia de árboles con patrones de producción diferentes a la tendencia media cuestiona si pueden existir diferentes relaciones entre productividad y variables meteorológicas. En la tabla 4 pueden consultarse las características de la producción, morfología de la bellota y evolución de las montaneras para los tres grupos de comportamiento productivo considerados en la zona de estudio.

Tabla 4. Productividad, peso, longitud y grosor de bellota durante las montaneras 2001-02 a 2006-07 para grupos de árboles con distinto comportamiento productivo (G1, G2 y G3). Duración (días) y fecha de inicio y finalización de dichas montaneras. Los valores se expresan en medias seguidas del error estándar.

| | | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
|--|----|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| Productividad (g/m²) | G1 | 374±111,6 | 1094,5±213,2 | 394,3±82,8 | 688,1±83,0 | 97,5±20,1 | 539,7±98,6 |
| | G2 | 727,3±75,1 | 270,0±39,3 | 733,3±80,2 | 133,0±32,7 | 147,4±15,7 | 177,4±35,5 |
| | G3 | 182,8±28,5 | 204,8±23,1 | 211,9±21,0 | 92,2±18,6 | 42,9±7,4 | 62,4±12,4 |
| Peso (g) | G1 | 6,6±0,9 | 4,6±0,5 | 4,5±0,7 | 4,0±0,5 | 2,4±0,4 | 5,9±1,0 |
| | G2 | 4,1±0,3 | 5,9±0,4 | 2,9±0,2 | 4,9±0,4 | 1,9±0,2 | 5,9±0,4 |
| | G3 | 5,0±0,3 | 5,3±0,3 | 3,9±0,2 | 5,3±0,4 | 1,9±0,2 | 6,2±0,4 |
| Longitud (mm) | G1 | 36,71±1,38 | 31,57±1,24 | 32,19±1,32 | 29,75±1,14 | 29,52±0,89 | 34,93±1,95 |
| | G2 | 32,73±1,05 | 36,05±0,67 | 29,55±1,00 | 34,84±1,10 | 26,87±0,77 | 38,32±0,99 |
| | G3 | 35,04±0,77 | 34,18±0,77 | 32,27±0,88 | 33,74±0,92 | 27,24±0,91 | 37,95±1,12 |
| Grosor (mm) | G1 | 16,88±1,16 | 15,47±0,70 | 14,88±0,99 | 13,94±0,91 | 12,46±1,09 | 16,71±1,11 |
| | G2 | 13,69±0,38 | 16,44±0,41 | 12,69±0,38 | 14,80±0,73 | 11,05±0,33 | 16,45±0,38 |
| | G3 | 14,42±0,38 | 15,88±0,36 | 14,00±0,38 | 14,81±0,45 | 10,97±0,39 | 16,68±0,47 |
| Fecha de inicio de la montanera | G1 | | | | | | |
| | G2 | 01/11/2001 | 15/10/2002 | 15/10/2003 | 01/11/2004 | 01/11/2005 | 01/11/2006 |
| | G3 | | | | | | |
| Fecha de finalización de la montanera | G1 | 13/01/2002 | | 31/12/2003 | | | 07/01/2007 |
| | G2 | | 30/12/2002 | | 31/01/2005 | 15/01/2006 | |
| | G3 | 27/01/2002 | | 15/01/2004 | | | 21/01/2007 |
| Duración media del periodo de diseminación de una encina (días) | G1 | 55±5,6 | 63±8,9 | 72±3,9 | 78±6,5 | 80±5,4 | 51±7,6 |
| | G2 | 76±3,1 | 57±4,1 | 77±2,5 | 60±6,9 | 80±3,6 | 41±5,7 |
| | G3 | 59±4,0 | 60±3,0 | 68±2,7 | 56±3,5 | 63±4,6 | 29±4,2 |

En las tablas 5, 6 y 7 se han recogido las relaciones encontradas entre la productividad de cada grupo de árboles y las características meteorológicas del periodo analizado. El grupo tres, el más numeroso, con producciones medias y bajas sin muchas oscilaciones entre años, presenta unos patrones que son bien explicados por la meteorología, en una pauta similar a la general previamente comentada. Habría que destacar la influencia sobre la productividad de las temperaturas de la primavera y del otoño-invierno durante el que se desarrolla la montanera, así como la precipitación de finales de verano y de invierno (tabla 7). Así para este grupo, la productividad está relacionada de manera positiva con las temperaturas mínimas de febrero, marzo y abril, y con las temperaturas medias y máximas absolutas del mes de marzo. También las condiciones del inicio del otoño y de finales del invierno parecen tener una fuerte influencia sobre la productividad en este grupo. Así la temperatura máxima absoluta del

mes de septiembre y la temperatura media del mes de octubre se relacionan negativamente con ésta, mientras que la precipitación acaecida durante septiembre está relacionada de manera positiva con dicha variable. Las condiciones más suaves del invierno parecen redundar en una mejora de la productividad para los árboles incluidos dentro de este grupo, así las temperaturas medias y medias de las mínimas del mes de diciembre se relacionan positivamente con ésta, al igual que las precipitaciones de noviembre y diciembre.

Los otros dos grupos presentan unas pautas de producción de bellota que se explican peor por las condiciones meteorológicas (tablas 5 y 6). Para estos grupos (1 y 2), más productivos, las condiciones meteorológicas más determinantes son las temperaturas que se alcanzan durante el verano cosa que no ocurre con el grupo 3. Así, veranos con temperaturas medias altas reducen la producción, especialmente para el grupo uno (el más productivo) al que le afectan las condiciones de los meses de mayo (temperatura media de las máximas), junio (temperatura media y mínima absoluta) y agosto (temperatura media y máxima absoluta), a diferencia del grupo dos al que sólo le afectan las condiciones del mes de julio (temperatura media). Quizá en los árboles pertenecientes al primer grupo, el llenado de las bellotas comience pronto y por tanto su producción se vea afectada por estas altas temperaturas. Las condiciones meteorológicas durante la primavera y el otoño parecen tener escasa relación con la producción para ambos grupos; aunque para el primer grupo la precipitación en abril guarda una relación positiva con la producción, y para el segundo grupo es la temperatura máxima absoluta del mes de marzo la que se encuentra relacionada de manera positiva con la producción y la temperatura media del mes de octubre de manera negativa.

Las condiciones meteorológicas del invierno durante el que se desarrolla la montanera sí guardan relación con la producción para los grupos dos y tres, no así para el grupo uno. Para ambos grupos, inviernos con temperaturas suaves y precipitación abundante parecen mejorar la producción final. Para el caso del grupo dos la producción se ve afectada de manera positiva por las condiciones de diciembre (temperatura máxima absoluta y precipitación) y enero (temperatura media y mínima absoluta) mientras que para el tercer grupo, sólo son determinantes las condiciones del mes de diciembre. Esto podría indicar que los árboles pertenecientes al grupo dos son más tardíos o tienen un periodo de maduración más amplio, extendiéndose hasta enero, lo que es lógico pensar dada la mayor cuantía de sus producciones.

Las condiciones del invierno, particularmente la meteorología de enero, afecta a la producción del año siguiente para todos los grupos. Así, la producción del grupo tres es mayor cuando se registran unas mayores temperaturas mínimas de las medias en los meses de enero y febrero, y la del grupo uno cuando se alcanzan mayores temperaturas medias y mínimas absolutas. Quizá, temperaturas suaves durante el invierno adelanten la brotación, permitiendo mayor acumulación de recursos y por tanto mayores producciones de flores. En este sentido también habría que entender la influencia positiva que la precipitación de los meses de enero y febrero previo a la floración, tiene sobre las producciones de los árboles del grupo dos. Dado que los árboles del grupo uno y dos presentan ciclos bianuales contra alternos, las condiciones meteorológicas de enero guardan relación con la producción en curso de uno de los grupos (el dos) y con la producción al año siguiente del otro grupo.

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre la productividad media de bellota y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07 para el Grupo 1 (5 árboles).

| | | Invierno previo a la montanera | | Primavera previa a la montanera | | | Verano previo a la montanera | | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|--------|------------------|---|---------------------|-----------------|--|--------|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,875** | 0,617 | 0,339 | -0,620 | -0,719 | -0,776* | 0,109 | -0,917*** | -0,667 | -0,422 | -0,591 | 0,515 | -0,546 |
| | Tª media de las máximas | -0,048 | 0,321 | -0,407 | -0,681 | -0,732* | -0,309 | -0,120 | -0,545 | -0,701 | -0,344 | 0,110 | -0,216 | -0,288 |
| | Tª media de las mínimas | 0,683 | 0,593 | 0,477 | 0,354 | -0,362 | -0,466 | 0,226 | -0,132 | 0,424 | 0,109 | 0,532 | 0,739* | -0,170 |
| | Tª máxima absoluta | 0,364 | 0,465 | 0,251 | -0,203 | -0,253 | 0,130 | -0,402 | -0,753* | -0,477 | 0,082 | -0,293 | 0,162 | 0,235 |
| | Tª mínima absoluta | 0,772* | 0,289 | 0,323 | -0,214 | -0,465 | -0,807** | -0,195 | -0,286 | 0,620 | -0,293 | 0,478 | 0,256 | -0,160 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,021 | -0,147 | 0,087 | 0,842** | -0,131 | | | | 0,405 | -0,226 | 0,497 | 0,058 | -0,089 |
| | Acumulada mensual | -0,061 (ene-feb) | | 0,358 (mar-abr-may) | | | 0,431 (jun-jul-ago) | | | -0,038 (sep-oct) | | 0,440 (nov-dic) | | |
| | | | | | | | | | | | 0,317 (nov-dic-ene) | | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

Tabla 6. Coeficientes de correlación de Pearson entre la productividad media de bellota y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07 para el Grupo 2 (17 árboles).

| | | Invierno previo a la montanera | | Primavera previa a la montanera | | | Verano previo a la montanera | | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|----------------------|--------|------------------------------|----------------------|--------|---|----------------|-----------------|--|----------------|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| Temperaturas (°C) | Tª media | -0,319 | -0,035 | 0,716 | -0,248 | 0,104 | 0,370 | -0,750* | 0,145 | -0,233 | -0,731* | -0,365 | 0,552 | 0,815** |
| | Tª media de las máximas | -0,873** | -0,398 | -0,418 | -0,474 | -0,248 | -0,350 | -0,463 | 0,136 | -0,220 | -0,419 | -0,156 | 0,519 | 0,190 |
| | Tª media de las mínimas | 0,497 | 0,585 | 0,657 | 0,635 | 0,493 | 0,776* | -0,349 | -0,018 | 0,066 | -0,026 | 0,123 | 0,313 | 0,479 |
| | Tª máxima absoluta | -0,296 | -0,187 | 0,799* | -0,760 | 0,424 | -0,049 | -0,443 | 0,008 | -0,500 | -0,407 | 0,307 | 0,767* | 0,071 |
| | Tª mínima absoluta | 0,291 | 0,585 | 0,714 | 0,395 | -0,348 | 0,163 | -0,324 | 0,667 | 0,003 | -0,050 | -0,361 | -0,577 | 0,814** |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,748* | 0,159 | 0,557 | -0,534 | -0,256 | | | | 0,649 | 0,236 | 0,406 | 0,819** | 0,112 |
| | Acumulada mensual | 0,749* (ene-feb) | | | | | | | | 0,505 (sep-oct) | | 0,540 (nov-dic) | | |
| | | | | | -0,048 (mar-abr-may) | | | -0,722 (jun-jul-ago) | | | | | 0,473 (nov-dic-ene) | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

Tabla 7. Coeficientes de correlación de Pearson entre la productividad media de bellota y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07 para el Grupo 3 (28 árboles).

| | | Invierno previo a la montanera | | Primavera previa a la montanera | | | Verano previo a la montanera | | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------|--------|------------------------------|----------------------|--------|---|-------------------------|-----------|--|--------|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,273 | 0,306 | 0,928*** | -0,622 | -0,284 | -0,031 | -0,662 | -0,388 | -0,590 | -0,972*** | -0,720 | 0,925*** | 0,312 |
| | Tª media de las máximas | -0,711 | -0,157 | -0,454 | -0,837** | -0,552 | -0,501 | -0,442 | -0,111 | -0,529 | -0,533 | -0,272 | 0,478 | -0,013 |
| | Tª media de las mínimas | 0,799* | 0,808* | 0,801* | 0,736* | 0,183 | 0,544 | -0,278 | -0,177 | 0,098 | -0,066 | 0,258 | 0,721* | 0,264 |
| | Tª máxima absoluta | 0,181 | 0,025 | 0,917*** | -0,556 | 0,195 | 0,091 | -0,709 | -0,307 | -0,892** | -0,448 | -0,124 | 0,717 | -0,028 |
| | Tª mínima absoluta | 0,707 | 0,711 | 0,847** | -0,056 | -0,596 | -0,372 | -0,324 | 0,495 | 0,346 | -0,382 | -0,086 | -0,273 | 0,581 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,547 | -0,021 | 0,388 | 0,059 | -0,546 | | | | 0,884** | -0,096 | 0,652 | 0,872** | 0,187 |
| | Acumulada mensual | 0,474 (ene-feb) | | | | | | 0,293 (sep-oct) | | | 0,764* (nov-dic) | | | |
| | | | | | -0,048 (mar-abr-may) | | | -0,504 (jun-jul-ago) | | | 0,681 (nov-dic-ene) | | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

En las tablas 8, 9 y 10, pueden consultarse los coeficientes de correlación entre el peso, longitud y grosor de la bellota y diferentes variables meteorológicas. Al igual que sucede con la productividad, estas variables morfológicas guardan relación también con distintas variables meteorológicas.

Así, durante la primavera previa a la montanera, encontramos una relación negativa del peso, la longitud y el grosor de la bellota con las temperaturas medias de las máximas de los meses de marzo y mayo. También en esta estación, encontramos una relación positiva de estas tres variables con las precipitaciones acumuladas de marzo y abril, y de marzo, abril y mayo para las variables peso y longitud. Es decir, una primavera lluviosa propicia una bellota de mayor tamaño.

En cambio las mayores temperaturas medias de junio y los valores más altos de las temperaturas máximas absolutas de agosto tienen su reflejo en un menor tamaño y peso del fruto.

Las condiciones meteorológicas del otoño e invierno, cuando se produce la maduración y caída de la bellota, definen las características finales del fruto. Así, el mes de septiembre es también uno de los meses determinantes en la morfología del fruto, pues una temperatura media de las máximas alta influye negativamente en el tamaño de la bellota mientras que una alta temperatura media de las mínimas, que es indicativa de un inicio templado de otoño, parecen repercutir positivamente en el tamaño. Las condiciones del mes de octubre no guardan relación con el peso, pero sí con la longitud y el grosor pues una temperatura media de las máximas altas influye negativamente, confirmando el efecto negativo de un inicio de otoño excesivamente cálido sobre la morfología del fruto. Para el tramo final del otoño, se ha encontrado que mayores valores de la temperatura media de las mínimas de noviembre repercute positivamente en el peso, la longitud y el grosor de la bellota, lo que también ocurre en el tramo final de la montanera, en el que las mayores temperaturas máximas absolutas del mes de enero están relacionadas con un fruto de mayor peso y longitud. Además de la precipitación de primavera, habría que destacar la precipitación durante el mes de noviembre como determinante para la consecución de un fruto de mayor grosor.

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre el peso fresco de la bellota y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07.

| | | Invierno previo a la montanera | | Primavera previa a la montanera | | | Verano previo a la montanera | | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|---------------------|-----------------|------------------------------|--------|------------------|---|---------------------|-----------------|--|----------------|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,548 | 0,492 | 0,087 | -0,355 | -0,633 | -0,876** | 0,213 | -0,748* | -0,635 | -0,219 | -0,137 | 0,131 | -0,111 |
| | Tª media de las máximas | -0,380 | 0,114 | -0,826** | -0,513 | -0,854** | -0,883** | -0,289 | -0,700 | -0,834** | -0,496 | 0,623 | -0,557 | -0,264 |
| | Tª media de las mínimas | 0,714 | 0,700 | 0,641 | 0,496 | -0,052 | -0,650 | 0,496 | 0,191 | 0,899** | 0,448 | 0,914*** | 0,642 | 0,154 |
| | Tª máxima absoluta | -0,342 | 0,513 | 0,152 | -0,674 | 0,014 | -0,433 | -0,207 | -0,926*** | 0,031 | 0,323 | 0,429 | 0,372 | 0,817** |
| | Tª mínima absoluta | 0,626 | 0,217 | 0,311 | 0,473 | -0,343 | -0,509 | -0,320 | -0,297 | 0,482 | 0,257 | 0,509 | -0,051 | 0,135 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,452 | 0,058 | 0,527 | 0,508 | 0,515 | | | | 0,235 | 0,277 | 0,501 | -0,166 | -0,382 |
| | Acumulada mensual | 0,432 (ene-feb) | | 0,879** (mar-abr) | | | | | | 0,363 (sep-oct) | | 0,392 (nov-dic) | | |
| | | 0,845** (mar-abr-may) | | | 0,585 (jun-jul-ago) | | | | | | 0,167 (nov-dic-ene) | | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

Tabla 9. Coeficientes de correlación de Pearson entre la longitud de la bellota y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07.

| | | Invierno previo a la montanera | | Primavera previa a la montanera | | | Verano previo a la montanera | | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|--------|----------------|------------------------------|--------|-----------------|---|-----------------|---------------------|--|---------------|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,407 | 0,427 | 0,051 | -0,200 | -0,623 | -0,847* | 0,265 | -0,657 | -0,779 | -0,214 | 0,045 | 0,104 | 0,009 |
| | Tª media de las máximas | -0,464 | -0,234 | -0,939** | -0,398 | -0,796* | -0,800 | -0,430 | -0,734 | -0,895** | -0,887** | 0,705 | -0,631 | -0,551 |
| | Tª media de las mínimas | 0,660 | 0,678 | 0,707 | 0,743 | 0,357 | -0,670 | 0,702 | 0,482 | 0,938** | 0,763 | 0,976*** | 0,694 | 0,705 |
| | Tª máxima absoluta | -0,438 | 0,528 | 0,248 | -0,689 | 0,715 | -0,518 | -0,336 | -0,932** | 0,137 | 0,535 | 0,597 | 0,428 | 0,866* |
| | Tª mínima absoluta | 0,504 | 0,164 | 0,493 | 0,734 | -0,235 | -0,386 | -0,271 | -0,367 | 0,465 | 0,442 | 0,532 | -0,044 | 0,467 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,554 | 0,042 | 0,538 | 0,396 | 0,609 | | | | 0,312 | 0,342 | 0,765 | -0,166 | -0,486 |
| | Acumulada mensual | 0,491 (ene-feb) | | 0,860* (mar-abr) | | | | | | 0,415 (sep-oct) | | 0,608 (nov-dic) | | |
| | | | | 0,920** (mar-abr-may) | | | 0,611 (jun-jul-ago) | | | | | 0,431 (nov-dic-ene) | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

Tabla 10. Coeficientes de correlación de Pearson entre el grosor de la bellota y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07

| | | Invierno previo a la montanera | | Primavera previa a la montanera | | | Verano previo a la montanera | | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------|---------------------|------------------|---|---------------------|-----------------|--|--------|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,549 | 0,483 | 0,186 | -0,332 | -0,692 | -0,900* | 0,301 | -0,783 | -0,889** | -0,343 | -0,140 | 0,292 | -0,198 |
| | Tª media de las máximas | -0,395 | -0,169 | -0,879** | -0,507 | -0,816* | -0,887** | -0,345 | -0,720 | -0,940** | -0,906** | 0,627 | -0,552 | -0,658 |
| | Tª media de las mínimas | 0,707 | 0,701 | 0,736 | 0,786 | 0,218 | -0,662 | 0,669 | 0,336 | 0,829* | 0,664 | 0,960*** | 0,818* | 0,517 |
| | Tª máxima absoluta | -0,189 | 0,477 | 0,328 | -0,549 | 0,536 | -0,492 | -0,532 | -0,962*** | -0,039 | 0,310 | 0,359 | 0,351 | 0,709 |
| | Tª mínima absoluta | 0,593 | 0,155 | 0,585 | 0,533 | -0,248 | -0,502 | -0,192 | -0,403 | 0,589 | 0,227 | 0,646 | 0,134 | 0,348 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,412 | 0,006 | 0,382 | 0,616 | 0,392 | | | | 0,463 | 0,198 | 0,883** | -0,062 | -0,392 |
| | Acumulada mensual | 0,354 (en-feb) | | 0,856* (mar-abr) | | | | | | 0,345 (sep-oct) | | 0,740 (nov-dic) | | |
| | | | | | 0,787 (mar-abr-may) | | | 0,646 (jun-jul-ago) | | | 0,608 (nov-dic-ene) | | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

El ACP realizado con las variables meteorológicas que guardan una correlación significativa con las variables morfológicas (tabla 11), también encuentra que la primera componente principal recoge la mayor parte de la variabilidad, un 72% cuando se consideran en el ACP las variables correlacionadas con el peso fresco de la bellota, un 69% cuando se introducen exclusivamente las correlacionadas con la longitud y un 66% cuando se trabaja con las variables meteorológicas relacionadas con el grosor de la bellota. La segunda componente principal también recoge un porcentaje importante de la variabilidad, acumulando entre las dos un 86% en el caso del peso y la longitud y un 87% en el caso del grosor. Todas las variables meteorológicas presentan una fuerte relación con las componentes principales, a excepción de la temperatura media del mes de mayo, que presenta una relación más débil.

Tabla 11. Composición de los dos ejes principales del ACP realizado con variables meteorológicas relacionadas de manera significativa con el peso, longitud y grosor de la bellota de encina. Porcentaje de la varianza explicada por los dos componentes principales para cada variable morfológica.

| Estación | Variables | Mes | Peso | | Longitud | | Grosor | |
|--|--------------------|------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|---------------|
| | | | CP1 | CP2 | CP1 | CP2 | CP1 | CP2 |
| Primavera previa a la montanera | Tª Media Máxima | Marzo | 0,853 | 0,457 | 0,879 | 0,394 | 0,911 | 0,223 |
| | Tª Media | Mayo | 0,700 | -0,669 | 0,664 | -0,658 | 0,592 | -0,656 |
| | Precipitación | Marzo-Abril | -0,940 | 0,277 | -0,924 | 0,317 | -0,880 | 0,412 |
| | Precipitación | Marzo-Abril-Mayo | -0,861 | 0,258 | -0,837 | 0,370 | -0,758 | 0,561 |
| Verano previo a la montanera | Tª Media | Junio | 0,816 | 0,151 | 0,824 | 0,113 | 0,838 | 0,020 |
| | Tª Media | Agosto | 0,784 | -0,418 | 0,764 | -0,397 | 0,735 | -0,381 |
| | Tª Máxima Absoluta | Agosto | 0,939 | -0,235 | 0,920 | -0,307 | 0,876 | -0,403 |
| | Tª Máxima Absoluta | Julio-Agosto | 0,780 | 0,495 | 0,813 | 0,481 | 0,882 | 0,414 |
| Otoño durante el que se desarrolla la montanera | Tª Media | Septiembre | | | | | 0,778 | 0,575 |
| | Tª Media Mínima | Septiembre | -0,924 | 0,143 | -0,908 | 0,246 | -0,849 | 0,434 |
| | Tª Media Máxima | Septiembre | 0,849 | 0,416 | 0,880 | 0,413 | 0,937 | 0,323 |
| | Tª Media Máxima | Octubre | | | 0,569 | 0,782 | 0,671 | 0,701 |
| | Tª Media Mínima | Noviembre | -0,877 | -0,411 | -0,893 | -0,307 | -0,913 | -0,139 |
| | Precipitación | Noviembre | | | | | -0,662 | -0,728 |
| Invierno durante el que se desarrolla la montanera | Tª Máxima Absoluta | Enero | -0,837 | -0,023 | -0,833 | 0,078 | -0,786 | 0,301 |
| <i>% Varianza Total</i> | | | <i>72%</i> | <i>14%</i> | <i>69%</i> | <i>17%</i> | <i>66%</i> | <i>21%</i> |

La regresión lineal por pasos (figura 2) entre las variables morfológicas y las tres primeras componentes principales, dio el mejor resultado cuando se incluye sólo a la primera componente principal. Puede observarse que el peso y la longitud están relacionados de manera positiva con la precipitación de marzo y abril y con la temperatura media de las mínimas de septiembre. Negativamente se relaciona con la temperatura máxima absoluta de agosto. El grosor se relaciona positivamente con la temperatura media de las mínimas del mes de noviembre y negativamente con la temperatura media de las máximas de septiembre y marzo.

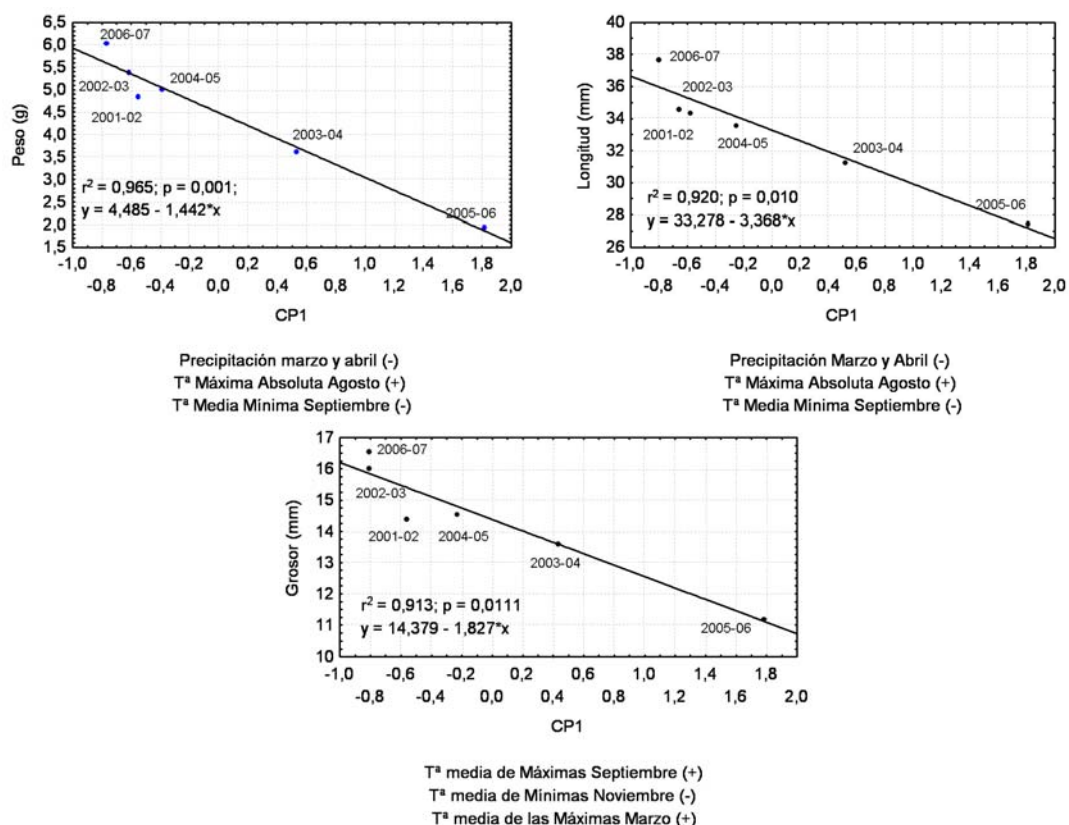


Figura 2. Regresión lineal por pasos entre el peso fresco, longitud y grosor de bellota, y la primera componente principal extraída del ACP realizado con distintas variables meteorológicas. En la parte inferior del gráfico se muestran las variables meteorológicas más relacionadas con la primera componente principal junto al signo de su relación.

Duración del periodo de diseminación de la bellota y su relación con variables meteorológicas

En la tabla 12 pueden consultarse los coeficientes de correlación de Pearson entre la duración del periodo de diseminación de la bellota (días) y las características meteorológicas de este periodo. En ella puede observarse una fuerte relación negativa entre la duración y la temperatura media y la media de las mínimas del mes de noviembre. Es decir, aquellos años en los que la temperatura media de las mínimas de noviembre son altas, las montaneras tienden a ser más cortas pues se produce una maduración de la bellota más rápida. La relación positiva encontrada entre la temperatura media de las máximas de diciembre y la duración habría que entenderla como que unas temperaturas invernales más altas permiten la maduración de la bellota más tardía, alargando la campaña.

Tabla 12. Coeficientes de correlación de Pearson entre la duración del periodo de diseminación (días) y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07.

| | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | | Periodo sep-ene |
|--------------------|-------------------------|---|---------|-----------------|--|--------|-----------------|
| | | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,379 | -0,274 | -0,816** | 0,329 | 0,265 | -0,128 |
| | Tª media de las máximas | 0,536 | 0,340 | -0,010 | 0,831** | 0,480 | 0,501 |
| | Tª media de las mínimas | -0,664 | -0,616 | -0,791* | -0,266 | -0,214 | -0,629 |
| | Tª máxima absoluta | -0,572 | -0,304 | -0,522 | 0,087 | -0,707 | -0,572 |
| | Tª mínima absoluta | 0,000 | -0,526 | -0,684 | -0,290 | 0,009 | -0,102 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,126 | -0,284 | -0,295 | 0,546 | 0,315 | |
| | Acumulada (sep-ene) | | | -0,134 | | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

La regresión lineal por pasos realizada con las variables meteorológicas que guardan una correlación significativa con la duración (figura 3), ofrece los mejores resultados para la variable temperatura media de las máximas del mes de diciembre,

aunque también la regresión realizada con la variable temperatura media de noviembre ofrece unos buenos resultados.

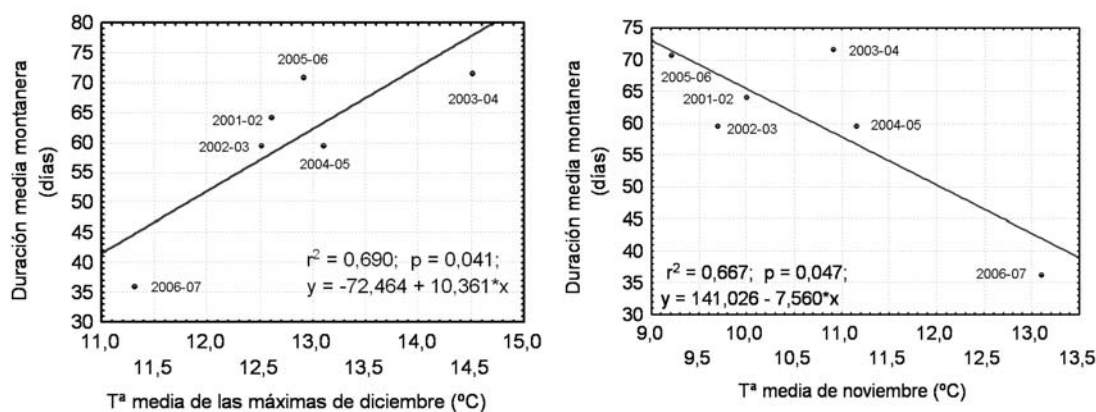


Figura 3. Regresión lineal entre la duración de la montanera y las variables meteorológicas temperatura media de las máximas de diciembre y temperatura media de noviembre

La relación entre la duración de la montanera y distintas variables meteorológicas para cada grupo productivo se recoge en las tablas 13, 14 y 15. Las temperaturas mínimas guardan una relación negativa con la duración de la montanera, pues cuando éstas son bajas se ralentiza el proceso de maduración de la bellota, alargándose la montanera. Así, para el grupo dos resulta significativa la relación entre la duración del periodo de diseminación y la temperatura mínima absoluta, media de las mínimas y media del mes de noviembre (tabla 14). También la temperatura media de noviembre tiene una influencia negativa sobre la duración de la montanera para los árboles incluidos en el grupo tres. Para este grupo habría que destacar también el hecho de que la temperatura media de las máximas del mes de diciembre presenta una relación positiva con la duración de la montanera, indicando que quizás un invierno más suave propicia la maduración de la bellota más atrasada. El grupo uno presenta un mayor número de relaciones significativas con variables meteorológicas pues la duración de la montanera se ve afectada por las altas temperaturas al inicio del periodo y por las bajas temperaturas al final del mismo. Así, una mayor temperatura media y media de las máximas durante los meses de septiembre y octubre repercute en una mayor duración de la montanera y un menor valor de la temperatura media de las mínimas y las máximas absolutas de los meses de noviembre y enero tienen este mismo efecto. Para este grupo quizá, las altas temperaturas en la premontanera ralentizan la fase de llenado del fruto, y las bajas temperaturas del final de la misma lo hacen de cara a la maduración de aquella bellota más atrasada.

Tabla 13. Coeficientes de correlación de Pearson entre la duración de la montanera (días) y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07 para el grupo 1 (5 árboles).

| | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | | Periodo sep-ene |
|--------------------|-------------------------|---|-----------------|-----------------|--|----------------|------------------|
| | | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,748* | 0,246 | -0,478 | -0,182 | -0,337 | 0,029 |
| | Tª media de las máximas | 0,840** | 0,859** | 0,530 | 0,648 | 0,593 | 0,859** |
| | Tª media de las mínimas | -0,652 | -0,865** | -0,848** | -0,659 | -0,787* | -0,982*** |
| | Tª máxima absoluta | -0,107 | 0,205 | -0,768* | -0,607 | -0,776* | -0,107 |
| | Tª mínima absoluta | 0,181 | -0,690 | -0,297 | 0,148 | -0,681 | -0,487 |
| Precipitación (mm) | Mensual | -0,371 | -0,108 | -0,719 | 0,015 | -0,113 | |
| | Acumulada (sep-ene) | | | -0,588 | | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); ***(p<0,01)

Tabla 14. Coeficientes de correlación de Pearson entre la duración de la montanera (días) y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07 para el grupo 2 (17 árboles).

| | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | | Periodo sep-ene |
|--------------------|-------------------------|---|---------|----------------|--|--------|-----------------|
| | | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,447 | -0,142 | -0,758* | 0,162 | 0,500 | 0,087 |
| | Tª media de las máximas | 0,581 | 0,286 | 0,065 | 0,717 | 0,457 | 0,512 |
| | Tª media de las mínimas | -0,630 | -0,452 | -0,787* | -0,377 | -0,011 | -0,540 |
| | Tª máxima absoluta | -0,372 | -0,326 | -0,250 | 0,164 | -0,581 | -0,372 |
| | Tª mínima absoluta | -0,219 | -0,252 | -0,800* | -0,430 | 0,165 | -0,058 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,018 | -0,203 | -0,338 | 0,461 | 0,360 | |
| | Acumulada (sep-ene) | | | -0,135 | | | |

*(p<0,1); ** (p<0,05); *** (p<0,01)

Tabla 15. Coeficientes de correlación de Pearson entre la duración de la montanera (días) y variables meteorológicas durante el periodo 2001-07 para el grupo 3 (28 árboles).

| | | Otoño durante el que se desarrolla la montanera | | | Invierno durante el que se desarrolla la montanera | | Periodo sep-ene |
|--------------------|-------------------------|---|---------|-----------------|--|--------|-----------------|
| | | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | |
| Temperaturas (°C) | Tª media | 0,223 | -0,423 | -0,822** | 0,495 | 0,166 | -0,295 |
| | Tª media de las máximas | 0,387 | 0,250 | -0,157 | 0,841** | 0,420 | 0,372 |
| | Tª media de las mínimas | -0,610 | -0,615 | -0,691 | -0,088 | -0,238 | -0,558 |
| | Tª máxima absoluta | -0,728 | -0,336 | -0,613 | 0,142 | -0,699 | -0,728 |
| | Tª mínima absoluta | 0,128 | -0,630 | -0,589 | -0,233 | 0,011 | -0,061 |
| Precipitación (mm) | Mensual | 0,269 | -0,341 | -0,159 | 0,629 | 0,320 | |
| | Acumulada (sep-ene) | | | -0,045 | | | |

*($p < 0,1$); ** ($p < 0,05$); *** ($p < 0,01$)

Discusión

La productividad de bellota en la dehesa y su relación con parámetros meteorológicos

A lo largo del trabajo se pone de manifiesto la fuerte influencia de la meteorología sobre la productividad de bellota. Así, se detectan relaciones significativas para 12 variables meteorológicas, y la regresión lineal que enfrenta a la productividad con la primera componente principal, explica el 90,9% de la variabilidad. Estos datos se encuentran en consonancia con los obtenidos por Masaka y Sato (2002) en *Quercus dentata*, en los que la meteorología explica el 89,2% de la variabilidad en la producción de bellota. En cambio, para Sork *et al.* (1993), y con trabajos realizados en diversos *Quercus* americanos, la meteorología es capaz de explicar entre el 55% y el 89% de la variabilidad total de la productividad y el resto habría que achacarlo, según los autores, a factores de carácter genético. Para Lusk *et al.* (2007), también en bosques de *Quercus* americanos, la meteorología sólo explicaría el 14% de la variación de la producción. La mayor influencia de la meteorología en la productividad de bellota encontrada en este

trabajo en relación a la obtenida en los citados, podría deberse a varios factores. El primero, la mayor homogeneidad de las condiciones meteorológicas en las que se desarrollan los estudios americanos, respecto al medio mediterráneo europeo en el que las irregularidades climáticas son casi una norma (Isagi *et al.*, 1997). El segundo el menor número de años empleados en el presente trabajo que, aunque similar a las consideradas en trabajos como los de García Mozo *et al.* (2007), Alejano *et al.* (2008), es inferior a las series de 8 años utilizadas por Sork *et al.* (1993) y a las de 40 años empleadas por Lusk *et al.* (2007).

Los resultados muestran la influencia de un gran número de variables meteorológicas en la productividad, aunque por su importancia, habría que destacar las condiciones de la primavera y el otoño (Sork *et al.*, 1993; García-Mozo *et al.*, 2007; Alejano *et al.*, 2008).

El invierno parece ejercer influencia en la cosecha de la montanera siguiente. En general, la producción de bellotas se ve beneficiada por unas temperaturas más atemperadas durante enero y febrero, en particular para los árboles incluidos dentro de los grupos uno y tres, y esto coincide con los resultados de García-Mozo *et al.* (2007), y aparece citado en la revisión realizada por Rodríguez-Estévez *et al.* (2007). Masaka y Sato (2002) y García-Mozo *et al.* (2007), ya indican que los inviernos suaves propician una alta producción de flores, y disminuyen las posibilidades de su destrucción por bajas temperaturas. No se ha encontrado, sin embargo, una relación significativa entre la lluvia de estos meses y la productividad cuando se analizan conjuntamente todas las encinas, pero sí aparece cuando se consideran los distintos grupos productivos, resultando que se obtienen mayores cosechas cuando hay mayor ocurrencia de precipitaciones en enero, especialmente para aquellos árboles del grupo dos, árboles de mayor potencial productivo y más tardíos. Vaughton y Ramsey (1998) y García-Mozo *et al.* (2007), hablan de la influencia positiva de la humedad durante el invierno sobre la producción de polen. La necesidad de contar con altas producciones de polen para garantizar la eficacia de la polinización puede justificar la existencia de esta relación en árboles de alto potencial productivo.

La importancia de las condiciones meteorológicas durante la floración en la productividad de bellota queda de manifiesto por el gran número de variables que se relacionan positivamente con ésta durante el mes de marzo: temperatura media, media de las mínimas, máxima y mínima absoluta (Tabla 2). Estos resultados están en consonancia con Sork *et al.* (1993), Cecich (1997), Masaka y Sato (2002) y García-

Mozo *et al.* (2007), según los cuales las temperaturas suaves favorecen la dehiscencia del polen y alargan el periodo de polinización, por lo que aumenta el periodo de solapamiento entre flores masculinas y femeninas, aumentando el éxito de la fertilización. Cecich (1997) y Rodríguez-Estévez *et al.* (2007), indican que altas temperaturas durante la primavera pueden provocar el aborto de flores y frutos pequeños, lo que concuerda con la relación negativa encontrada en este trabajo entre productividad y la temperatura media de las máximas del mes de abril. Masaka y Sato (2002), obtienen una disminución de la eficiencia de la polinización cuando este periodo está caracterizado por el frío, aunque no se registren heladas ni fenómenos meteorológicos drásticos. Esta relación entre temperaturas suaves durante la primavera es especialmente consistente en los árboles menos productivos y con menos oscilaciones bianuales.

No se ha encontrado, sin embargo, relación con la precipitación primaveral cuando se analiza la producción media de la masa ó la de los árboles con producciones bajas, quizá porque durante el periodo estudiado ésta no ha alcanzado valores muy bajos como para tener efectos importantes en la producción de flores, o quizás, porque la variable a considerar debiera ser la cantidad de agua que es capaz de almacenar el suelo (Abrahamson y Layne, 2003). Sin embargo, cuando se consideran los árboles con alta producción de bellotas y con un patrón alternante, se ha encontrado una dependencia de la producción de bellota con la precipitación primaveral. Esto último está en consonancia con los resultados de García-Mozo *et al.* (2007) quienes encuentran una relación positiva entre la precipitación de marzo y la productividad, aunque negativa con la precipitación de abril. Cecich (1997) encuentra una relación positiva entre el número de días de lluvia durante floración y la supervivencia de flores, y Alejano *et al.* (2008) entre la producción de bellota y la precipitación de primavera. Estos autores indican el efecto beneficioso de la precipitación primaveral en la producción y supervivencia de flores y en el cuajado de los frutos, hecho que parece especialmente importante cuando se consideran árboles con unas producciones potenciales muy altas.

El verano no parece ser una estación tan determinante en la producción de bellota como la primavera y el otoño, encontrándose un menor número de relaciones con variables meteorológicas cuando se considera la masa o los árboles menos productivos. De esta forma, sólo la temperatura media de julio guarda una relación negativa con la productividad por lo que parece que unas temperaturas estivales más suaves favorecen el cuajado y la maduración de la bellota y disminuyen el número de

abortos. Autores como Cecich (1997), García Mozo *et al.* (2007), Alejano *et al.* (2008) y Carevic *et al.*, (2009) indican que es éste un momento clave, pues acaece un ajuste de la producción a los recursos hídricos disponibles. Sork *et al.* (1993) y Pulido *et al.* (2004), relacionan la ocurrencia de abortos tempranos de bellotas motivados por las altas temperaturas de julio y agosto. Se sabe que la falta de agua puede provocar una parada en el crecimiento del fruto y propiciar la acumulación de ácido abscísico y etileno que favorece su caída (Westwood, 1982; Gil-Albert, 1991). Sin embargo, los resultados obtenidos nos indican que los grupos con una mayor productividad son más sensibles a la ocurrencia de altas temperaturas durante el verano. Así, para el grupo dos ha sido determinante la temperatura de julio y para el primer grupo, el más productivo, la temperatura de mayo, junio y agosto.

El otoño es otra de las estaciones clave para consolidar la cosecha de bellotas especialmente en su tramo inicial. Así, la ocurrencia de lluvias al comienzo del otoño parece ser un factor determinante de cara a asegurar la producción y minimizar la caída temprana de frutos (Cecich, 1997; Larsen y Cecich, 1997; García-Mozo *et al.*, 2007, Alejano *et al.*, 2008). La fuerte relación entre la precipitación de septiembre y la productividad parece indicar que esta variable es clave para el éxito de la campaña. En este trabajo se ha encontrado también una relación negativa entre la temperatura máxima absoluta de septiembre y la temperatura media de octubre con la productividad. Unas altas temperaturas durante el mes de septiembre, unidas a la sequía que antecede a este mes y a la escasez de lluvias que le suele acompañar, podrían dar lugar a una caída importante de frutos, al serle imposible al árbol encontrar agua y por tanto otros recursos para su mantenimiento (Díaz, 2000; Piovesan y Adams, 2000; Shibata *et al.*, 2002; Greene y Jonson, 2003). La influencia negativa de las temperaturas medias del mes de octubre en la productividad podría también explicarse por un aumento de la incidencia de carpófagos, ya que está constatado que otoños con temperaturas medias altas aceleran su ciclo biológico (Soria *et al.*, 1995; Vázquez, 1998a; Pérez Laorga, 1999; Bonilla y Arias, 2000, Hongmao *et al.*, 2003; Jiménez *et al.*, 2005). La cosecha de bellotas de las encinas de menor potencial productivo, parece mostrar una mayor dependencia de temperaturas suaves a comienzo del otoño, pareciendo que es en estas fechas cuando se produce en estos árboles el ajuste de la producción a los recursos disponibles, y antes, en el verano, en los de mayor potencial productivo.

La relación positiva entre la productividad y la precipitación y temperatura media de diciembre, parece indicar que un inicio de invierno suave propicia la

maduración final de la bellota de aquellos árboles que puedan estar más retrasados mejorando los rendimientos finales (Vázquez, 1998b; Vázquez *et al.*, 2001; Gea-Izquierdo *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008), y esto ocurre, en las encinas que muestran un bajo potencial productivo y, de forma más acentuada en las que producen cosechas intermedias, quizá porque son árboles más tardíos y tienen un periodo de diseminación más amplio que puede extenderse hasta enero.

Koenig y Knops (2000), Lusk *et al.* (2007) y Alejano *et al.* (2008) encuentran correlación entre la producción de bellota y la pluviometría anual registrada. Sin embargo, esta relación no se ha detectado en otros estudios realizados en dehesas y encinares españoles, que sí detectan relaciones entre la pluviometría en determinados momentos del año y la producción (Pulido *et al.*, 2004; García-Mozo *et al.*, 2007; López Carrasco *et al.*, 2007; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007), poniendo de manifiesto la mayor importancia de las lluvias en determinados momentos del ciclo fenológico de la encina en la consecución de cosechas altas de bellotas. El mayor peso de la pluviometría anual sobre la productividad en especies de *Quercus* americanas, podría estar relacionado con la mayor homogeneidad del clima donde se ubican, ya que los fenómenos meteorológicos extremos son menos frecuentes (Isagi *et al.*, 1997). Por último, y relacionado también con la cantidad de agua disponible para el árbol, autores como Alejano *et al.* (2008) encuentran relaciones negativas entre la producción de bellota y la evapotranspiración durante el periodo que se extiende durante los meses de septiembre a agosto previos a la montanera.

La morfología de la bellota en la dehesa y su relación con parámetros meteorológicos

Las características morfológicas de las bellotas presentan acusadas variaciones tanto entre individuos como entre años (Harper *et al.*, 1970; Vázquez, 1998; Díaz, 2000; Willson y Traveset, 2000). Distintos autores como Afzal-Raffi *et al.*, (1992), Aizen y Woodcock, (1992), indican que la variabilidad en la morfología de la bellota está relacionada tanto con características ecológicas de las zonas donde se ubican los árboles como con rasgos genéticos de cada individuo. Las condiciones ambientales tienen también un fuerte peso en el tamaño y forma de los frutos, siendo principalmente el número de bellotas, la duración de la época de crecimiento de los frutos y las características meteorológicas de dicho periodo, las variables más importantes a la hora

de analizar los cambios que experimenta la morfología de la bellota de un árbol a lo largo del tiempo (Baker, 1972; Aizen y Woodcock, 1992; Jensen, 1993; Díaz, 2000).

En el presente trabajo se encuentran relaciones positivas entre las variables peso, longitud y grosor y las temperaturas medias de las máximas de los meses de marzo y mayo, y con la precipitación mensual de los meses de abril, marzo y mayo. Estos resultados se encuentran en consonancia con los obtenidos por Díaz (2000), que indica que las cosechas de fruto de mayor tamaño se recogen aquellos años con mayor duración del periodo vegetativo y por tanto con mayor adelanto en la brotación y floración. Alejano *et al.* (2011) encuentran también que unas temperaturas mínimas y medias más altas en el invierno y el inicio de la primavera redundan en un mayor peso del fruto. La influencia de las condiciones climáticas sobre el retraso o precocidad de la brotación ha sido comprobada también en otras especies del género como *Quercus robur* y *Q. petraea* (McGee, 1974; Kriebel *et al.*, 1976; Schlarbaum y Baley, 1981; Stephan *et al.*, 1996, Díaz, 2000). Otros autores como Baker (1972), Aizen y Woodcock (1992) y Jensen (1993) incluso consideran que la duración del periodo vegetativo puede ser la principal fuente de variación del tamaño de la bellota tanto a nivel geográfico, como a nivel individual.

La precipitación de primavera está relacionada positivamente con el tamaño de las semillas, en consonancia con lo aportado por Wulff (1986), y Pérez-Laorga (1999), quienes afirman que las primaveras secas suelen ser la causa del pequeño tamaño de las bellotas en otoño, debido a la escasez de recursos durante las fases iniciales de desarrollo del fruto. En el presente trabajo encontramos los frutos de menor tamaño en la montanera del año 2005/06 habiendo sido el invierno, la primavera y el verano de 2004-05 los más secos del periodo estudiado. Estos resultados coinciden con los encontrados por Díaz (2000), que indica que bajo estas condiciones se tienen las cosechas de menor tamaño, tanto a nivel global de la población como a nivel de cada uno de los árboles. La sequía, además, puede causar modificaciones y asimetrías de hojas y frutos (Hodar, 2002; Díaz *et al.*, 2003)

El verano es una estación con una fuerte influencia sobre el tamaño del fruto, puesto que durante el mismo se produce el engorde inicial del mismo (Aizen y Woodcock, 1992; Sork, 1993; Díaz-Fernández *et al.*, 2004). Unas condiciones más estresantes para el árbol y de mayor carestía de recursos, van a tener su reflejo en el tamaño final del fruto. Así las mayores temperaturas medias de junio y los valores más altos de las temperaturas máximas absolutas de julio y agosto, están relacionadas con

bellotas de menor longitud, grosor y peso final. La variable que mejor se correlaciona negativamente con el peso y grosor medio de la bellota es la temperatura máxima absoluta del mes de agosto. Los veranos con sequías menos intensas y temperaturas más moderadas se relacionan con una bellota más pesada (Alejano *et al.*, 2011).

El inicio del otoño parece tener una influencia clave sobre las características finales de la bellota. Así, existe una relación negativa entre la temperatura media y la temperatura media de las máximas del mes de septiembre y el peso, longitud y especialmente el grosor del fruto. Para Alejano *et al.* (2011) todos los parámetros asociados con una sequía más intensa en septiembre (altas temperaturas, bajas precipitaciones, etc.) se relacionan con unos pesos inferiores. Altas temperaturas medias de las máximas del mes de octubre, también se relacionan negativamente con la longitud y el grosor, lo que podría estar en consonancia con lo indicado anteriormente, así como con la mayor incidencia de perforadores, ya que está constatado que otoños con temperaturas medias altas aceleran su ciclo biológico (Vázquez *et al.*, 1990; Soria *et al.*, 1999; Bonilla y Arias, 2001; Xiaodong *et al.*, 2003). En cambio, un mes de octubre con unas temperaturas medias mínimas suaves propicia frutos de mayor tamaño ya que es indicativo de ausencia de heladas y mayor periodo de desarrollo del fruto (Sork *et al.*, 1993; Díaz, 2000; López Carrasco *et al.*, 2007).

La precipitación durante el mes de noviembre también es un factor determinante en el grosor del fruto. Al igual que ocurre con la productividad, el otoño es otra de las estaciones clave para consolidar la cosecha de bellotas, y la ocurrencia de lluvias en este periodo parece ser un factor clave en el tamaño de las bellotas (García-Mozo *et al.*, 2007, Rodríguez *et al.*, 2007).

La fuerte relación positiva entre la temperatura media de las mínimas de noviembre y la temperatura máxima absoluta del mes de enero con el peso, grosor y especialmente la longitud son indicadoras de que un invierno más suave propicia la maduración final de forma lenta permitiendo que la bellota alcance un mayor tamaño (Baker, 1972; Aizen y Woodcock, 1992; Jensen, 1993; Díaz, 2000). Además la ausencia de heladas (Vázquez, 1998b; Gea-Izquierdo *et al.*, 2006) impide una caída prematura del fruto y por tanto se relaciona positivamente con el tamaño de las mismas.

Influencia de la meteorología en la duración del periodo de diseminación de la bellota

En general, las encinas diseminan la bellota durante los meses de noviembre y diciembre coincidiendo con la bajada de las temperaturas y el inicio de las precipitaciones (Cañellas, 1992; Sánchez Romero, 2002; López-Carrasco *et al.*, 2007; Alejano *et al.*, 2008). Al igual que para otras etapas del ciclo fenológico como la floración, (Cabezudo *et al.*, 1993; Baselga *et al.*, 1994; Boavida *et al.*, 1999; Feijó *et al.*, 1999), el inicio, la duración y el periodo de máxima caída de bellota, presentan importantes oscilaciones en función de la zona (latitud y altitud), la meteorología y el individuo (Baker, 1972; Aizen y Woodcock, 1992; Díaz, 2000; Ramos, 2002; Sánchez Romero, 2002). La caída de la bellota sucede a medida que esta va madurando, y puede ocurrir en forma de pulsos o de manera continua (López Carrasco *et al.*, 2006).

Se ha detectado una fuerte relación negativa entre la duración de la montanera, y la temperatura media y la media de las mínimas del mes de noviembre, lo que está en consonancia con lo encontrado por López-Carrasco *et al.* (2007), quien indica que la temperatura mínima es la variable que explica mejor las variaciones en la caída de bellota, debido principalmente a que el frío ralentiza la maduración. Autores como Sork *et al.* (1993) y Kazuhiko y Hajime (2002) indican que unas temperaturas mínimas más suaves favorecen una caída de bellota más rápida. Así la montanera 2006-07 que presenta unos valores más altos de temperaturas medias y absolutas es la campaña con un desarrollo más rápido a pesar de no ser la que tiene una fecha de inicio más temprana. Esta relación ocurre en los tres comportamientos productivos analizados, aunque especialmente en el grupo de alto e intermedio potencial productivo. Para el grupo de alto potencial productivo, se ha encontrado también una relación negativa entre la temperatura media de las mínimas del mes de enero y las mínimas absolutas y la duración de la montanera, indicando quizá que para estos árboles el frío ralentiza también la maduración de la bellota más tardía (Vázquez, 1998b; Vázquez *et al.*, 2001; Gea-Izquierdo *et al.*, 2006; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2008). Por otro lado, encontramos una relación positiva de la duración de la montanera con la temperatura media de las máximas de diciembre indicando que cuando este mes no es muy frío, la bellota tardía puede continuar su maduración de forma adecuada alargando la campaña, y mejorando los rendimientos finales (Vázquez, 1998; Vázquez *et al.*, 2001; Gea-Izquierdo *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008). Es decir, noviembre fríos en los que las temperaturas

mínimas alcanzan valores bajos seguidos de diciembres fríos pero en los que las temperaturas máximas se mantienen altas, dan lugar a montaneras de mayor duración. Así, las campañas 2003-04 y especialmente la acaecida en 2005-06, que sufren un fuerte descenso de temperaturas durante el mes de noviembre son las que tienen la mayor duración. La duración del periodo de diseminación de los árboles de alto potencial productivo se alarga cuando las temperaturas medias en premontanera (septiembre y octubre) son mayores, pudiendo éstas ralentizar también la fase de llenado del fruto (Gil-Albert, 1991; Carevic *et al.*, 2009).

Conclusiones

- La productividad de bellota de encina en la dehesa se encuentra relacionada con las condiciones meteorológicas acaecidas durante la época de floración, especialmente en sus inicios. Así, se detecta una fuerte relación positiva entre la productividad y la temperatura media, la temperatura media de las mínimas, la temperatura máxima absoluta y la temperatura mínima absoluta del mes de marzo y con la temperatura media de las mínimas del mes de abril. Negativamente se relaciona con la temperatura media de las máximas del mes de abril. También se encuentra relacionada con las condiciones meteorológicas de inicio del otoño, presentando una influencia positiva en la productividad de bellota la precipitación de septiembre, y negativa la temperatura máxima absoluta del mes de septiembre, y la temperatura media del mes de octubre. Durante el invierno, la precipitación y la temperatura media del mes de diciembre, están relacionadas con aumento de la cosecha de bellotas en aquellos árboles que puedan estar más retrasados, mejorando los rendimientos finales.
- La productividad de bellota de las encinas de alto potencial productivo y patrón alternante está relacionada, además, con las temperaturas que se alcanzan al inicio y durante el verano. La temperatura media de las máximas del mes de mayo, la temperatura media y mínima absoluta del mes de junio y la temperatura media y máxima absoluta del mes de agosto, están relacionadas negativamente con la productividad en el caso de las encinas pertenecientes al grupo uno, y la temperatura media del mes de julio para los árboles del grupo dos. Para este último grupo, la productividad se ve afectada de manera positiva por unas

temperaturas suaves durante los meses de diciembre y enero (temperatura media y mínima absoluta).

- El peso, la longitud y el grosor de la bellota de encina en la dehesa dependen de las condiciones meteorológicas durante la primavera. Están relacionadas positivamente con estas variables morfológicas de la bellota, la precipitación de marzo y abril y de manera negativa la temperatura media de las máximas de los meses de marzo y mayo. Durante el verano influye negativamente en el peso y tamaño de la bellota la temperatura máxima absoluta del mes de agosto. El mes de septiembre es también determinante en la morfología de la bellota, pues una alta temperatura media de las máximas influye negativamente en el tamaño mientras que una alta temperatura media de las mínimas, repercute positivamente en el tamaño.
- Mayor temperatura media y mayor temperatura media de las mínimas durante el mes de noviembre propician una diseminación rápida de la bellota de encina en la dehesa independientemente del comportamiento productivo, acortando la montanera. La duración del periodo de diseminación se alarga cuando la temperatura media de las máximas del mes de diciembre es alta.
- La duración del periodo de diseminación de las encinas de alto potencial productivo y patrón alternante en la dehesa está relacionada negativamente con la temperatura máxima absoluta del mes de noviembre. Una mayor temperatura media de las máximas durante la premontanera, meses de septiembre y octubre, repercute en una mayor duración del periodo de diseminación.



CAPÍTULO 4. La poda de mantenimiento de la encina en la dehesa y la producción de bellota

“Quien ara el olivar le pide fruto, quien lo estercola le pide fruto con insistencia, el que lo poda, lo obliga a dar fruto.”

(Columela. Los Doce Libros de Agricultura)

Parcialmente publicado en:

CARBONERO M.D; FERNÁNDEZ, P.; NAVARRO, R., 2002. Evaluación de la producción y del calibre de bellotas de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf) Samp a lo largo de un ciclo de poda. Resultados de la campaña 2001-2002. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, 633-638. CHOCARRO *et al.* (Eds.). Universidad de Lleida. Lleida (España).

CARBONERO M.D; FERNÁNDEZ, P.; BLÁZQUEZ, A.; NAVARRO, R., 2003. Evaluación de la producción y del calibre de bellotas de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf) Samp a lo largo de un ciclo de poda. Resultados de las campañas 2001-2002 y 2002-03. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, 463-468. ROBLES *et al.* (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla (España).

Introducción

La presencia del árbol ha sido indispensable para la sostenibilidad ambiental y económica de la dehesa y ha constituido una respuesta original al difícil desafío que el medio mediterráneo ponía al hombre. Además de su papel ecológico, el árbol en la dehesa cumple una triple función productiva como suministrador de leña, ramón y bellota. La estrategia usada por el hombre para la extracción sostenible de estos recursos fue la poda, constituyéndose en la práctica silvícola más generalizada de los sistemas adeshados. Su objetivo es la consecución de una estructura óptima del árbol para la producción de bellota, lo que se consigue con distintos tipos, a saber, podas de formación, podas de mantenimiento y podas sanitarias. Aún cuando su eficacia en la mejora de la producción de bellota no es puesta en duda por la mayor parte de gestores de este sistema, los estudios científicos realizados aportan datos contradictorios que ponen en tela de juicio la eficacia de la poda de mantenimiento en la mejora de la fructificación, por lo menos cuando se cuenta con un arbolado bien formado y con una densidad de individuos media o baja. Por otro lado, no existe mucha información ni trabajos científicos o experimentales que aborden el efecto que la poda puede tener en otros aspectos productivos de la encina, como son la alternancia, ó el tamaño de las bellotas. Si a esta falta de resultados concluyentes unimos la pérdida de valor de los productos procedentes de la poda (ramón y leña), los altos costes de la misma que sólo son cubiertos en parte por la venta de la leña, la escasez de personal cualificado y el papel tan importante que juega ésta en la transmisión y entrada de plagas y enfermedades al árbol, y por tanto en su vigor, se hace necesario al menos cuestionar su oportunidad.

Este trabajo intentacuantificar el efecto de la poda de mantenimiento de la encina sobre: i. la productividad, el número de bellotas y su morfología a corto plazo, un año después de la realización de la poda, y a largo plazo, considerando los intervalos habituales entre dos podas sucesivas del mismo arbolado; ii. la distribución de la productividad y del número de bellotas por la copa del árbol, a corto y largo plazo; iii. la vecería y sincronía productiva de los árboles; iv. la duración del periodo de diseminación de la bellota.

Material y método

Zona de trabajo

La descripción del área de estudio se encuentra desarrollada en el apartado general de material y método.

Diseño experimental

Se ha trabajado con los 50 árboles elegidos que, como se indica en el apartado general de material y método, se situaban en cinco parcelas (figura 1). En el año 2001 se podaron los árboles de la parcela P1 y por tanto los diez seleccionados y en el año 2006 se podaron los árboles de la parcela P5, por tanto también los diez, objeto de seguimiento.

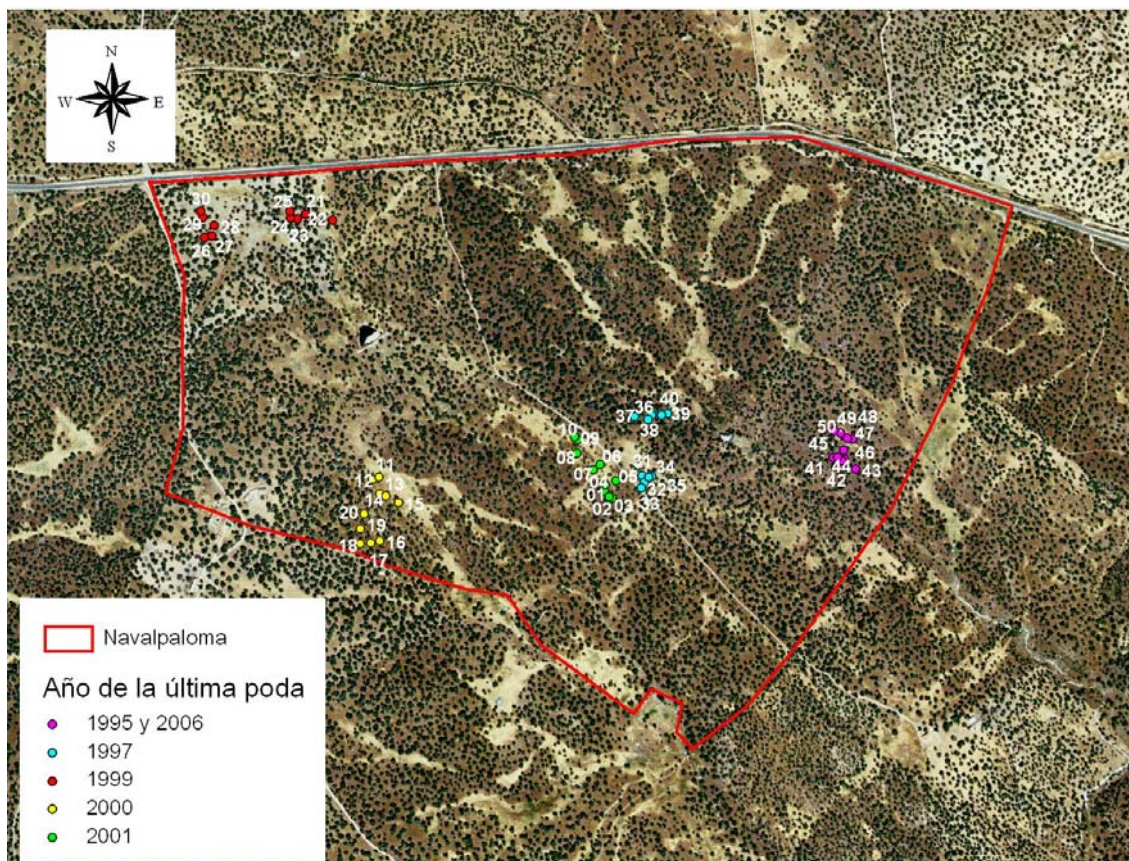


Figura 1. Distribución de los árboles diferenciados por años de poda en la finca Navalpaloma

La poda que se les realizó era de mantenimiento, dirigida a eliminar el exceso de follaje de la copa de manera que ésta quedase bien soleada, eliminando las ramas verticales y bajas, con tendencia a abrir el interior de la copa sobre los brazos y limpiando las copas de dentro hacia afuera. En ningún caso el diámetro de los cortes superó los 20 cm (Figura 5). Es difícil cuantificar la intensidad de la poda, aunque en términos de porcentaje, se calcula que la biomasa eliminada oscila entre el 10-15% de la biomasa inicial de la copa del árbol (figura 2).

. Mediante entrevista con el propietario, y según aparece recogido en el Plan Técnico de Gestión de la Explotación, se determinó el año en el que habían sido podados el arbolado de las restantes parcelas de la explotación. Así, por tanto, los años de poda para los árboles muestreados de cada parcela fueron los siguientes: febrero de 2001 (P1), 2000 (P2), 1999 (P3), 1997 (P4) y 1995 y 2006 (P5). Estas podas fueron realizadas por el encargado de la finca, manteniéndose por tanto, similares criterios en todas las ocasiones.

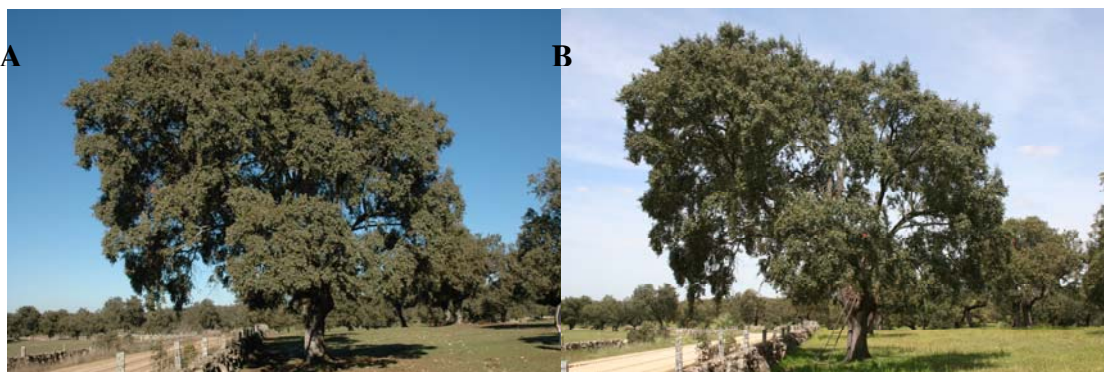


Figura 2. (A) Árbol antes de la poda, (B) Árbol después de la poda

Recogida y manipulación de la bellota

Este apartado se encuentra desarrollado en el apartado general de material y método.

Tratamiento de los datos

Efecto de la poda de mantenimiento de la encina sobre la productividad y la morfología de la bellota

Para cada árbol se ha calculado el peso fresco medio de su bellota, la longitud, el grosor y el ratio L/G característico de su bellota como media de los datos recogidos en los cuatro contenedores en las distintas fechas de la montanera. El número de bellotas por metro cuadrado y la productividad, se han calculado promediando los cuatro contenedores y sumando las bellotas recogidas en las distintas fechas. Mediante un ANOVA se han comparado estas variables considerando como factor la poda. Este análisis se realizó para el año 2001-02, año de alta producción, y 2006-07, año de baja producción. En ambos casos, se consideró como árboles “no podados” aquellos que se podaron en 1997.

La productividad de bellota, el número de bellotas por metro cuadrado, el peso fresco, la longitud, el grosor y el ratio longitud/grosor de la bellota recogida en estos árboles el año previo a la ejecución de la poda del 2006 se ha comparado mediante ANOVA y se ha utilizado una prueba T para muestras relacionadas a la hora de contrastar la producción previa a la poda con la recogida posteriormente, tanto en árboles podados como no. La normalidad

de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Cuando los datos no cumplían estas condiciones se procedió a su transformación logarítmica.

El efecto a largo plazo de la poda sobre la productividad, el número de bellotas por metro cuadrado, el peso fresco, la longitud, el grosor y el ratio longitud/grosor de la bellota se ha evaluado a partir de los datos recogidos durante los seis años que ha durado el estudio en los cincuenta árboles mediante un modelo mixto de medidas repetidas (Littell *et al.*, 1998) considerando como factor los años transcurridos desde la ejecución de la poda, el año de muestreo y de la interacción de ambos factores. La estructura del modelo ha sido la siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + d_{jj} + \tau_k + (\alpha\tau)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

donde X_{ijk} es el valor de la variable a analizar; μ es la media general, α_i es el año de muestreo ($i=1,2,\dots,6$), factor fijo, d_{jj} representa el efecto del árbol j ($j=1,2,\dots,50$) en el año i , factor aleatorio, τ_k representa los años transcurridos desde la última poda ($k=1,2,\dots,11$), factor fijo, $(\alpha\tau)_{ik}$ representa la interacción entre el año de muestreo y los años transcurridos desde la poda (fijo) y ε_{ijk} es el error aleatorio.

Este análisis se ha realizado utilizando el procedimiento MIXED del programa SAS 9.2. Para las variables productividad de bellota y número de bellotas por metro cuadrado, este modelo se aplicó considerando el periodo completo de tiempo y, de forma independiente considerando los datos recogidos en el primer trienio de alta productividad (2001-02 a 2003-04) ($k=1,2,\dots,9$) y en el segundo trienio de baja productividad (2004-05 a 2006-07) ($k=1,4,\dots,11$).

Efecto de la poda de mantenimiento de la encina sobre la vecería y sincronía de la producción de bellota

La influencia de la poda sobre la vecería y sincronía del arbolado se ha estudiado a partir de distintos índices considerando los árboles podados y no podados en el año 2001. En primer lugar, se ha obtenido el coeficiente de variación de la producción (CV) para árboles podados y no podados durante 2001-02 a 2006-07 (periodicidad anual). Se ha calculado el coeficiente de variación de la producción de cada árbol entre años (CV_i) considerando diferentes intervalos de tiempo. En primer lugar se han considerado intervalos temporales de dos, tres, cuatro, cinco y seis años comenzando el año siguiente a la realización de la poda y,

en segundo lugar, considerando igualmente periodos de amplitud creciente pero comenzando en el segundo año tras la poda. Para cada intervalo de tiempo se compararon los coeficiente de variación entre árboles podados y no podados mediante un ANOVA. Asimismo, se ha obtenido el porcentaje de bianualidad (B) en diferentes intervalos de tiempo consecutivos para los árboles podados y no podados, comparándolos mediante el test de la U de Mann-Whitney. La bianualidad se define como el porcentaje de ocasiones en las que las variaciones de productividad en un año determinado respecto al anterior y al posterior, son de distinto signo durante un periodo de tiempo determinado. Los intervalos de tiempo considerados fueron 2001/02 a 2003-04, 2002/03 a 2004-05, 2003/04 a 2005-06 y 2004/05 a 2006-07. Por último, se ha obtenido el coeficiente de concordancia W de Kendall para árboles podados y no podados, considerando diferentes intervalos de años consecutivos (años 2001/02 a 2004-05, años 2002/03 a 2005-06, años 2003/04 a 2006-07 y años 2001-02 a 2006-07).

Efecto de la poda de mantenimiento de la encina sobre la distribución de la productividad de bellota en la copa del árbol.

Se ha considerado la productividad, el número de bellotas por metro cuadrado recogidas durante la montanera en cada contenedor (cuatro por árbol, dos situados al norte, uno en el exterior y otro en el interior y dos en el sur, uno en posición exterior y otro en el interior de la copa), así como el peso fresco medio de la bellota y la longitud media. A partir de esta información se ha calculado la distribución relativa de la productividad (ratio productividad posición_i / productividad total). Estas variables se han comparado mediante un ANOVA considerando como factor la poda. Este análisis se realizó de forma separada para la poda de 2001 y la de 2006.

El efecto de la poda sobre la distribución de la productividad en la copa del árbol a largo plazo, se ha evaluado a partir de los datos recogidos durante los seis años que ha durado el estudio en los cincuenta árboles mediante un modelo mixto de medidas repetidas (Littell *et al.*, 1998) considerando como los años transcurridos desde la ejecución de la poda, el año de muestreo, la posición dentro de la copa del árbol y de las diferentes interacciones dobles mediante un modelo mixto de medidas repetidas (Littell *et al.*, 1998), cuya estructura es la siguiente:

$$X_{ijkl} = \mu + \alpha_i + d_{jj} + \tau_k + c_l + (\alpha\tau)_{ik} + (\alpha c)_{il} + (\tau c)_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde X_{ijkl} es el valor de la variable a analizar; μ es la media general, α_i es el año de muestreo ($i=1,2,\dots,6$) (fijo), d_{ij} representa el efecto del árbol j ($j=1,2,\dots,50$) en el año i (aleatorio), τ_k representa los años transcurridos desde la última poda ($k=1,2,\dots,11$) (fijo), c_l representa la posición dentro de la copa del árbol ($l=1,2,3,4$) (fijo), $(\alpha\tau)_{ik}$ representa la interacción entre el año de muestreo con los años transcurridos desde la poda (fijo), $(\alpha c)_{il}$ representa la interacción entre el año de muestreo con la posición dentro de la copa del árbol (fijo), $(\tau c)_{kl}$ representa la interacción entre los años transcurridos desde la poda con la posición dentro de la copa del árbol (fijo) y ε_{ijkl} es el error aleatorio. Para la realización de este análisis se utilizó el procedimiento MIXED del programa SAS 9.2.

Efecto de la poda de mantenimiento de la encina sobre la duración del periodo de diseminación de la bellota

Se compararon los valores de la duración del periodo de diseminación mediante un ANOVA que consideraba como factor la realización de la poda en dos años diferentes: 2001-02 (año de alta producción) y 2006-07 (año de baja producción). La normalidad de los datos se testó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Si los datos no cumplían estas condiciones se procedió a su transformación logarítmica.

Los programas estadísticos utilizados fueron STATISTICA v. 6.0, SPSS v. 11.0 versión para Windows y SAS v. 9.2.

Resultados

Efecto de la poda en la productividad de la bellota de encina en la dehesa

En la tabla 1 se exponen la productividad y el número de bellotas por metro cuadrado obtenidos en árboles un año después de la realización de la poda, en relación a la recogida en árboles que no han sido podados (estos árboles denominados “no podados” habían sido podados el año 1997). Los muestreos se han realizado en dos años distintos, correspondiendo el primero a un periodo de alta producción (2001-02) y el segundo a un periodo de baja producción (2006-07). Los resultados indican que, en ninguno de los dos años, se detectan diferencias significativas entre tratamientos ni para la productividad ($gl=1$, $F=0,674$, $p=0,422$ en 2001-02; $gl=1$, $F=0,638$, $p=0,435$ en 2006-07), ni para el número de bellotas ($gl=1$, $F=3,041$, $p=0,098$ en 2001-02, $gl=1$, $F=1,603$, $p=0,222$ en 2006-07), aunque, en ambos años, los árboles no podados arrojan mayores valores medios.

Tabla 1. Valores medios y error estándar de la productividad de bellotas en peso fresco y del número de bellotas por metro cuadrado obtenido en encinas podadas y no podadas al año siguiente de la poda. La poda se ha realizado en el año 2001 y en el año 2006. Los árboles que se han podado en el año 2001 y 2006 son distintos y los árboles no podados son los mismos en los dos muestreos.

| Tratamiento | n | 2001-02 | | | | 2006-07 | | | |
|-------------|----|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|----|-----------------------------------|----|-------------------------------------|----|
| | | Productividad (g/m ²) | | Número de bellotas / m ² | | Productividad (g/m ²) | | Número de bellotas / m ² | |
| | | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| Poda | 10 | 339 | 101 | 58 | 18 | 69 | 17 | 11 | 3 |
| No poda | 10 | 439 | 67 | 104 | 19 | 108 | 46 | 20 | 7 |

En la campaña 2005-06, año anterior a la ejecución de la poda del 2006, no encontramos diferencias significativas en la productividad ni en el número de bellotas entre los dos grupos de árboles, uno de los cuales sería podado posteriormente ($F=1,442$, $p=0,245$ para la productividad y $F=1,178$, $p=0,292$ para el número de bellotas). Si comparamos las productividades de cada grupo de árboles entre años (figura 3), la de los árboles podados tiende a disminuir muy levemente tras la poda, mientras que la de los árboles no podados tiende a aumentar, aunque no son significativos estos cambios ($t=0,369$, $p=0,720$ para árboles podados y $t=-0,909$, $p=0,387$ para árboles no podados). Para los dos grupos de árboles, el número de bellotas disminuye en el muestreo del 2006-07 en relación al año previo, aunque sólo de forma significativa en el grupo de árboles que fueron podados ($t=3,509$, $p=0,007$ para árboles podados y $t=-0,838$, $p=0,424$ para árboles no podados).

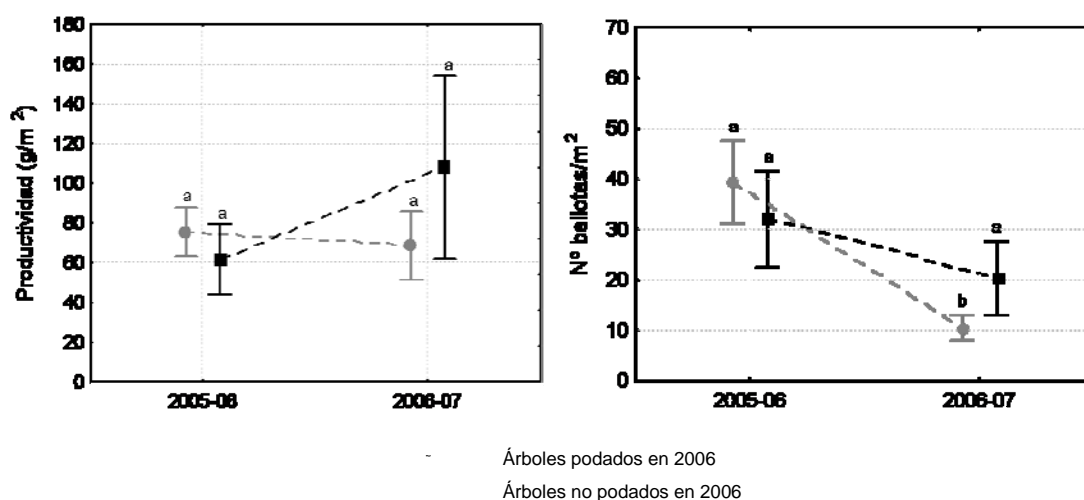


Figura 3. Valores medios y error estándar de la productividad de bellotas en peso fresco y del número de bellotas por metro cuadrado obtenido en los años 2005-06 y 2006-07 para árboles podados en el año 2006 y árboles no podados en 2006. Diferentes letras en el mismo grupo indica diferencias significativas entre años para el test T de comparación de medias de muestras relacionadas ($p < 0,05$).

Cuando se consideran todas las encinas muestreadas, podadas en distintos años según el esquema rotativo tradicional en la zona, y se analiza la productividad y el número de bellotas por metro cuadrado en función de los años transcurridos desde la ejecución de la poda, del año de muestreo y de la interacción de ambos factores mediante un modelo mixto de medidas repetidas (tabla 2), no se detecta influencia del factor tiempo transcurrido desde la poda, ni de su interacción con el año de muestreo. Sí resulta significativo el factor año de muestreo. Al considerar en análisis independientes los tres primeros años, más productivos (2001-02 a 2003-04), o los tres últimos años, menos productivos (2004-05 a 2006-07), desaparece el efecto del año de muestreo en la productividad y número de bellotas por metro cuadrado (tabla 3).

Tabla 2. Resultados de ANOVA mediante un modelo mixto de medidas repetidas que considera el efecto del año de muestreo y del tiempo transcurrido desde la ejecución de la poda sobre la productividad de bellotas y sobre el número de bellotas por metro cuadrado para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| Factores | g.l. | Productividad de bellotas (g/m ²) | | Número de bellotas / m ² | |
|---|------|---|---------|-------------------------------------|---------|
| | | F | p | F | p |
| | | Años transcurridos desde la poda | 10 | 0,77 | 0,656 |
| Año de muestreo | 5 | 10,75 | <0,0001 | 10,28 | <0,0001 |
| Años transcurridos desde la poda *Año de muestreo | 14 | 1,11 | 0,351 | 1,35 | 0,177 |

Tabla 3. Resultados del ANOVA mediante un modelo mixto de medidas repetidas que considera el efecto del año de muestreo y del tiempo transcurrido desde la ejecución de la poda sobre la productividad de bellotas y sobre el número de bellotas por metro cuadrado. Los datos analizados corresponden a dos periodos de tiempo: 2001-02 a 2003-04 (periodo de alta producción), y 2004-05 a 2006-07 (periodo de baja producción).

| Variables | Factores | g.l. | 2001-02 a 2003-04 | | 2004-05 a 2006-07 | |
|---------------|---|------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| | | | F | p | F | p |
| Productividad | Años transcurridos desde la poda | 8 | 0,49 | 0,864 | 1,10 | 0,370 |
| | Año de muestreo | 2 | 0,48 | 0,617 | 2,26 | 0,108 |
| | Años transcurridos desde la poda *Año de muestreo | 4 | 1,23 | 0,301 | 1,21 | 0,308 |
| Nº bellotas | Años transcurridos desde la poda | 8 | 0,64 | 0,745 | 1,36 | 0,218 |
| | Año de muestreo | 2 | 2,42 | 0,093 | 1,75 | 0,178 |
| | Años transcurridos desde la poda *Año de muestreo | 4 | 1,65 | 0,165 | 1,52 | 0,200 |

Las figuras 4 y 5 muestran los datos medios de productividad y número de bellotas por metro cuadrado, según los años transcurridos desde la realización de la poda cuando consideramos todo el periodo de muestreo (2001-02 a 2006-07), y cuando se analizan de forma separada el periodo de alta producción (2001-02 a 2003-04) y el periodo de baja producción (2004-05 a 2006-07). La evolución de la productividad y del número de bellotas por metro cuadrado parece indicar que, el año posterior a la realización de la poda, se produce un descenso de los valores medios, para aumentar al año siguiente y, a partir de ahí descender de forma progresiva hasta el cuarto año tras la poda. Pasado este periodo comienzan a registrarse oscilaciones bianuales en la productividad y número de bellotas, alternándose años de mayor cosecha con años de menor y mostrando una tendencia al descenso con el transcurso del tiempo. Sin embargo, esta tendencia al descenso tanto en la productividad como en el número de bellotas a medida que aumenta el tiempo transcurrido desde la realización de la poda, no se observa cuando se consideran de forma independiente los tres años de altas producciones, o los tres de baja, indicando que el factor que determina este comportamiento en el tramo final del gráfico es el año de muestreo. Además, las oscilaciones bianuales no se aprecian cuando se representan los datos procedentes del periodo de bajas producciones.

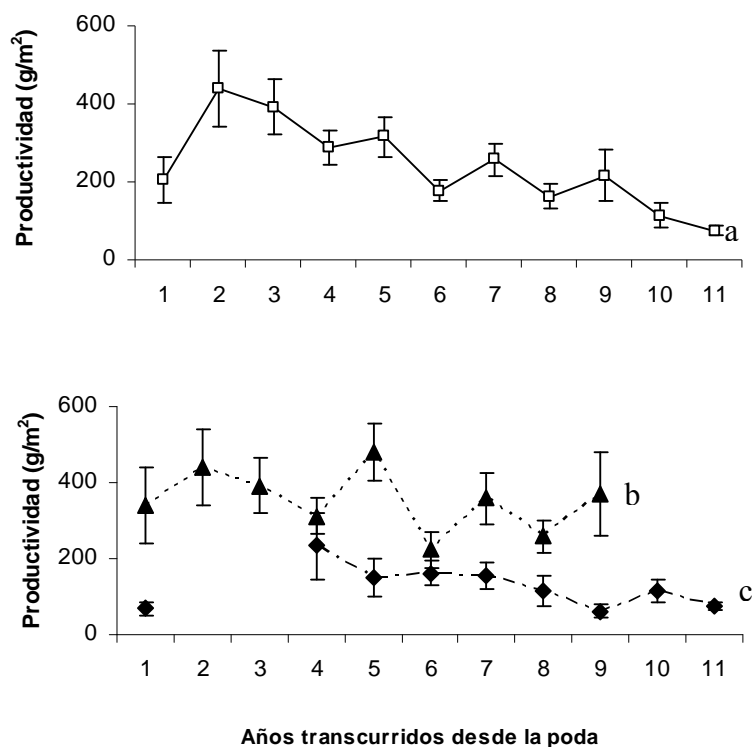


Figura 4. Valores medios y error estándar de la productividad de bellotas en peso fresco según los años transcurridos desde la poda. Los datos corresponden a tres periodos de tiempo: a) 2001-2007, b) 2001-2004 (periodo de alta producción), c) 2004-2007 (periodo de baja producción).

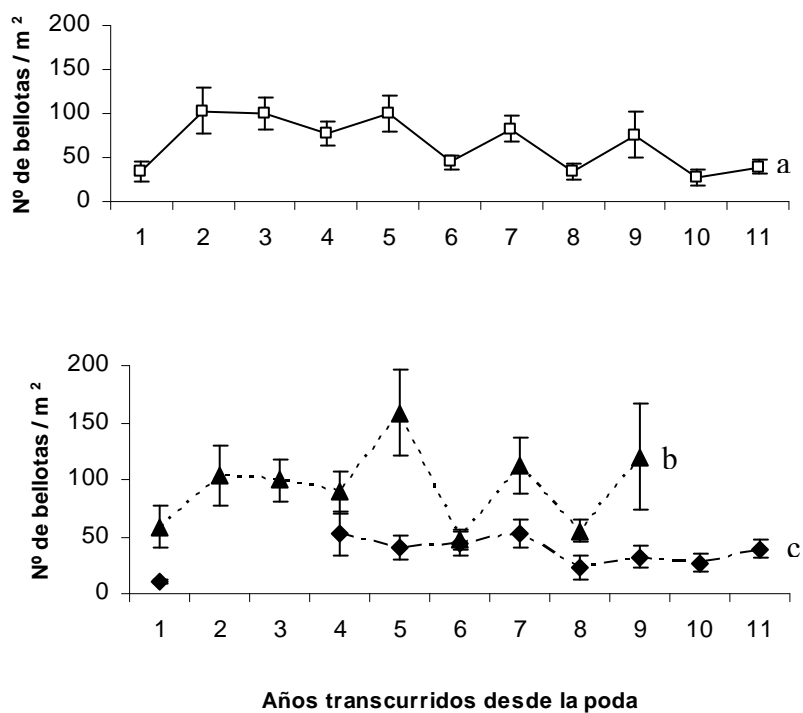


Figura 5. Valores medios y error estándar del número de bellotas por metro cuadrado de copa según los años transcurridos desde la poda. Los datos corresponden a tres periodos de tiempo: a) 2001-2007, b) 2001-2004 (periodo de alta producción), c) 2004-2007 (periodo de baja producción).

La morfología de la bellota de encina en la dehesa y su relación con la poda

En las tablas 4 y 5 pueden observarse los valores obtenidos para las variables peso, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota para árboles podados en relación a aquellos que no han sido podados. Los muestreos se han realizado en el año 2001-02 y en el 2006-07. En el muestreo realizado en el año 2006-07, que fue un año de baja producción, no se detectan diferencias significativas para ninguna de las variables analizadas en función de la poda. En el muestreo de 2001-02, año de producción elevada, los árboles podados muestran una bellota de mayor longitud que la de árboles no podados. En general y para los dos años de muestreo, los valores medios del peso fresco, la longitud, el grosor y el ratio son mayores en los árboles podados que en los no podados, aunque sin llegar a ser significativas estas diferencias.

Tabla 4. Valores medios y error estándar de peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota en encinas podadas y no podadas para el año de muestreo 2001-02. Los árboles han sido podados en el año 2001. En la última fila se presentan F y p derivados del ANOVA.

| 2001-02 | | | | | | | | | |
|-------------|----|------------------|------|--------------------------|------|------------------|------|-----------------------|------|
| Tratamiento | n | Peso (g) | | Longitud (mm) | | Grosor (mm) | | Ratio longitud/grosor | |
| | | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| Poda | 10 | 5,81 | 0,60 | 38,37 | 0,57 | 15,72 | 0,90 | 2,51 | 0,16 |
| No poda | 10 | 4,79 | 0,48 | 34,09 | 1,10 | 14,39 | 0,67 | 2,39 | 0,09 |
| ANOVA | | F=1,347; p=0,196 | | F=3,330; p= 0,004 | | F=1,198; p=0,247 | | F=0,649; p=0,525 | |

Tabla 5. Valores medios y error estándar de peso fresco, longitud, grosor y ratio longitud/grosor de la bellota en encinas podadas y no podadas para el año de muestreo 2006-07. Los árboles han sido podados en el año 2006. En la última fila se presentan F y p derivados del ANOVA.

| 2006-07 | | | | | | | | | |
|-------------|----|------------------|------|------------------|------|------------------|------|-----------------------|------|
| Tratamiento | n | Peso (g) | | Longitud (mm) | | Grosor (mm) | | Ratio longitud/grosor | |
| | | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| Poda | 10 | 6,34 | 0,47 | 38,58 | 1,44 | 16,93 | 0,54 | 2,29 | 6,34 |
| No poda | 10 | 5,13 | 0,82 | 35,07 | 2,07 | 15,70 | 0,79 | 2,24 | 5,13 |
| ANOVA | | F=1,663; p=0,216 | | F=1,931; p=0,184 | | F=1,622; p=0,221 | | F=0,192; p=0,667 | |

En el año de muestreo 2005-06, la morfología de la bellota de los árboles de ambos grupos, aquellos que iban a ser podados al año siguiente y los que no, es similar (figura 6), sin mostrar diferencias significativas (F=0,042, p=0,840 para el peso; F=0,096, p=0,761 para la longitud; F=0,831, p=0,374 para el grosor; F=0,051, p=0,825 para el ratio). Considerando los árboles de cada grupo, existen diferencias entre años en el peso fresco, longitud, grosor y ratio

longitud/grosor de la bellota, siendo más acusadas las diferencias en el caso de los árboles podados ($t = -9,265$, $p < 0,001$ para el peso; $t = -7,341$, $p < 0,001$ para la longitud; $t = -9,039$, $p < 0,001$ para el grosor; $t = 1,967$, $p = 0,039$ para el ratio) frente a los no podados ($t = -4,582$, $p = 0,002$ para el peso; $t = -4,393$, $p = 0,002$ para la longitud; $t = -9,547$, $p < 0,001$ para el grosor; $t = 2,388$, $p = 0,044$ para el ratio).

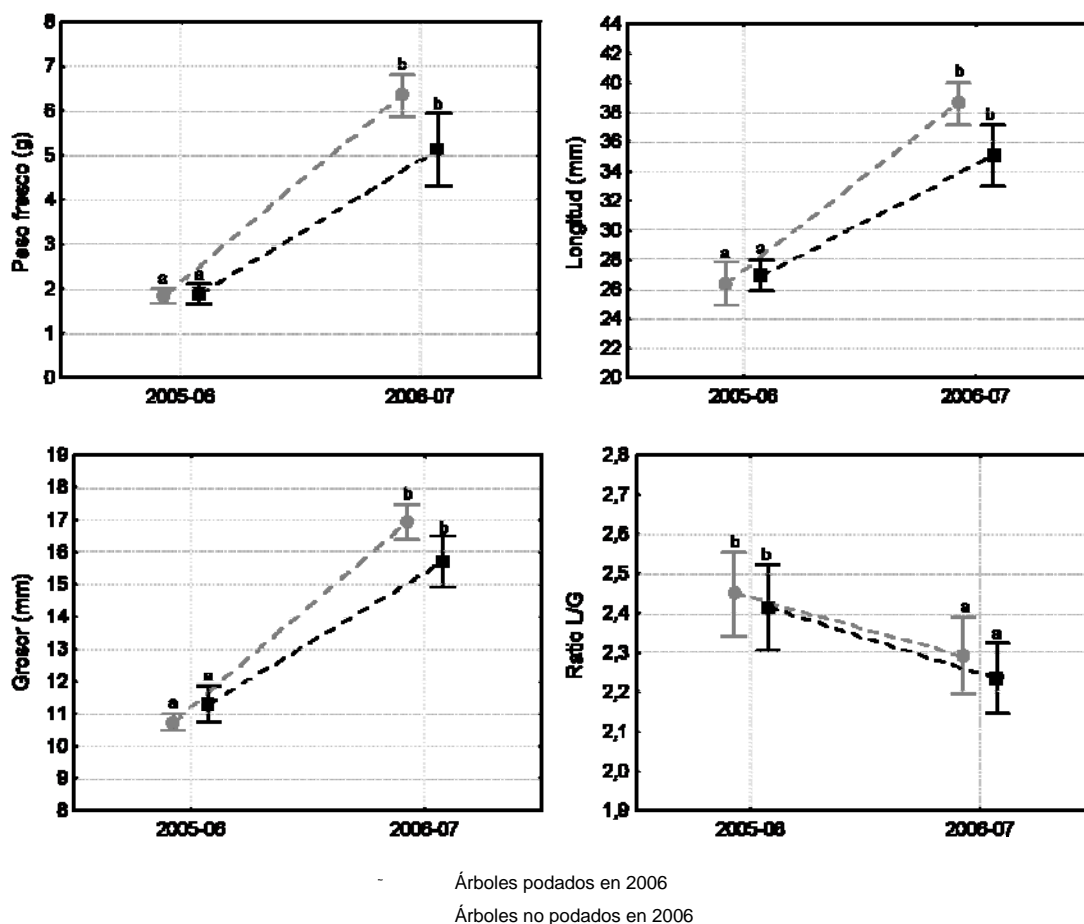


Figura 6. Valores medios y error estándar del peso fresco, longitud, grosor y ratio L/G de la bellota obtenidos en los años 2005-06 y 2006-07 para árboles podados en el año 2006 y árboles no podados en 2006. Diferentes letras en el mismo grupo indica diferencias significativas entre años para el test T de comparación de medias de muestras relacionadas ($p < 0,05$).

Cuando se consideran todas las encinas muestreadas, podadas en distintos años según el esquema rotativo tradicional en la zona, vemos que sólo la longitud de la bellota varía significativamente en función del tiempo transcurrido desde la poda (tabla 6). En todos los casos influye el año de muestreo y nunca ha resultado significativa la interacción de los dos factores.

Tabla 6. Resultados del ANOVA mediante un modelo mixto de medidas repetidas que considera el efecto del año de muestreo y del tiempo transcurridos desde la ejecución de la poda sobre el peso fresco (g), longitud (mm), grosor (mm) y ratio longitud/grosor de la bellota para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| Factores | g.l. | Peso | | Longitud | | Grosor | | Ratio L/G | |
|---|------|-------|------------------|----------|------------------|--------|------------------|-----------|------------------|
| | | F | p | F | p | F | p | F | p |
| Años transcurridos desde la poda | 10 | 1,75 | 0,071 | 2,32 | 0,012 | 0,62 | 0,794 | 1,03 | 0,415 |
| Año de muestreo | 5 | 23,11 | <0,001 | 18,72 | <0,001 | 29,70 | <0,001 | 6,59 | <0,001 |
| Años transcurridos desde la poda *Año de muestreo | 14 | 1,29 | 0,215 | 1,6 | 0,079 | 0,92 | 0,542 | 0,65 | 0,823 |

En las figuras 7 y 8 se exponen los valores medios del peso fresco, la longitud, el grosor y ratio L/G de la bellota según los años transcurridos desde la poda, habiéndose observado que el valor medio de las variables peso, longitud y grosor evoluciona de manera paralela. Después de la poda, aumenta el peso, la longitud y el grosor de la bellota y, tras este máximo relativo, los valores medios parecen disminuir progresivamente hasta el tercer, cuarto año. A partir de ahí, se producen oscilaciones bianuales. Así, el efecto de la poda sobre el tamaño de las bellotas parece perdurar sólo durante los primeros años, alcanzando valores mayores el año posterior a su realización.

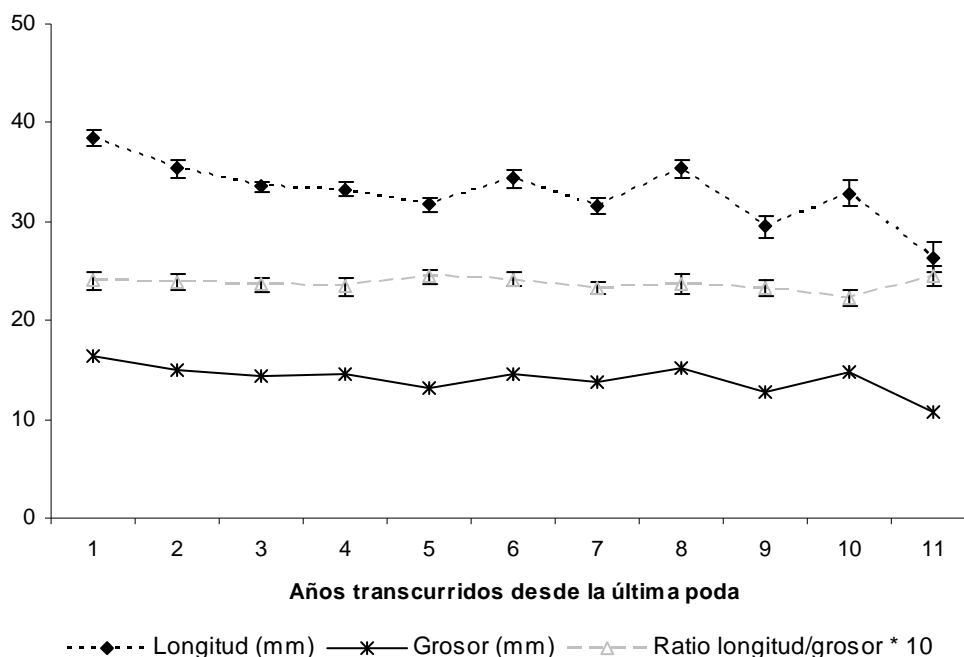


Figura 7. Valores medios y error estándar de longitud, grosor y ratio L/G de la bellota según los años transcurridos desde la poda. Los datos corresponden al periodo 2001-2007. Las letras minúsculas indican diferencias significativas (Sheffé; $p < 0,05$).

La figura 8 muestra la evolución de la productividad y del peso fresco de la bellota en función de los años transcurridos desde la ejecución de la poda. En dicha figura puede observarse como el año posterior a la poda la productividad disminuye y, en cambio, el peso

de la bellota aumenta. En el segundo año la productividad aumenta en relación al año anterior mientras que el peso de la bellota disminuye. En el tercer año el peso de la bellota continúa descendiendo y comienza el descenso de la productividad hasta el año cuarto. Es en este año, y quizá debido a dos años consecutivos de disminución de la productividad, cuando el peso de la bellota vuelve a recuperarse. A partir de aquí los valores de la productividad y del peso de la bellota comienzan a oscilar de manera bianual, evolucionando ambas variables en sentido contrario.

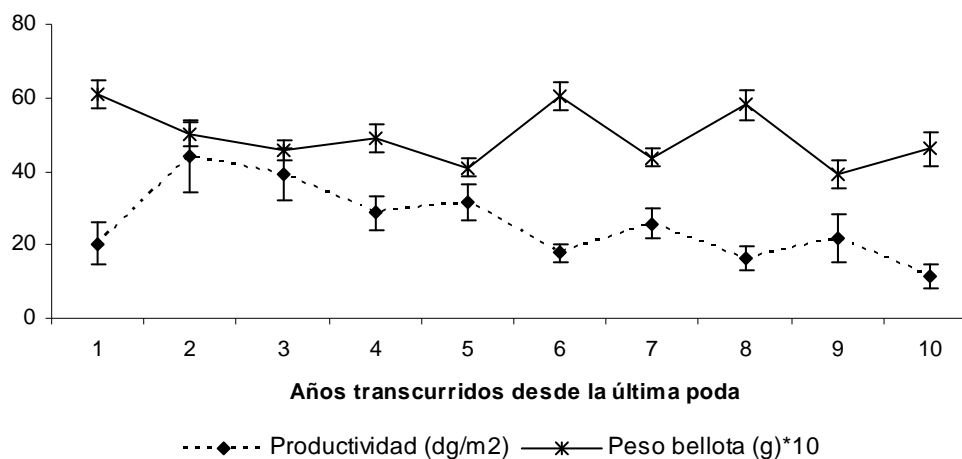


Figura 8. Valores medios y error estándar de productividad y peso fresco de la bellota según los años transcurridos desde la poda. Los datos corresponden al periodo 2001-2007.

La influencia de la poda sobre la vecería y sincronía de la encina en la dehesa

En la tabla 7 puede observarse la evolución del coeficiente de variación de la producción entre árboles para los árboles podados en 2001 y para los árboles no podados. Salvo en 2006-07 la variación de la productividad entre los árboles podados es mayor que la que registran los árboles que no fueron podados en esa fecha. Los coeficientes de variación evolucionan de manera paralela en ambos tratamientos.

Tabla 7. Coeficiente de variación de la productividad de bellota entre árboles (CVp) para árboles podados en el año 2001 y árboles no podados durante el periodo 2001-02 a 2006-07.

| Tratamiento | CVp (%) | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 | 2004-05 | 2005-06 | 2006-07 |
| Poda | 94,4 | 97,0 | 87,1 | 118,6 | 114,4 | 95,8 |
| No poda | 48,6 | 68,9 | 63,7 | 84,6 | 90,1 | 135,3 |

En la figura 9 se exponen, para los árboles podados y no podados, los valores medios de los coeficientes de variación de la productividad de cada árbol entre años. Estos coeficientes se han calculado considerando periodos crecientes de años, comenzando en primer lugar a partir del año siguiente a la poda y, en segundo lugar, a partir del segundo año tras la poda. Cuando se analiza la variación de la productividad comenzando el año posterior a la poda, prácticamente no se detectan diferencias significativas debidas a la poda (tabla 8), y observamos que las oscilaciones interanuales de los árboles podados superan a las encontradas en los no podados sólo al principio ($CV_{\text{años1-2}}$ y $CV_{\text{años1-3}}$). Cuando se amplía el intervalo temporal, las oscilaciones encontradas en los árboles no podados siempre superan a las obtenidas en árboles podados. Cuando no consideramos el primer año tras la poda, año en el que baja la productividad, el coeficiente de variación interanual de los árboles podados es inferior al que muestran los árboles no podados, habiéndose encontrado diferencias cuando consideramos el periodo 2002-03 a 2005-06 ($CV_{\text{años2-5}}$ en tabla 8). Así pues, tras el descenso inicial de la productividad, la poda parece reducir la variabilidad individual de las producciones, aunque la tendencia final es que los valores obtenidos en ambos tratamientos vayan aproximándose.

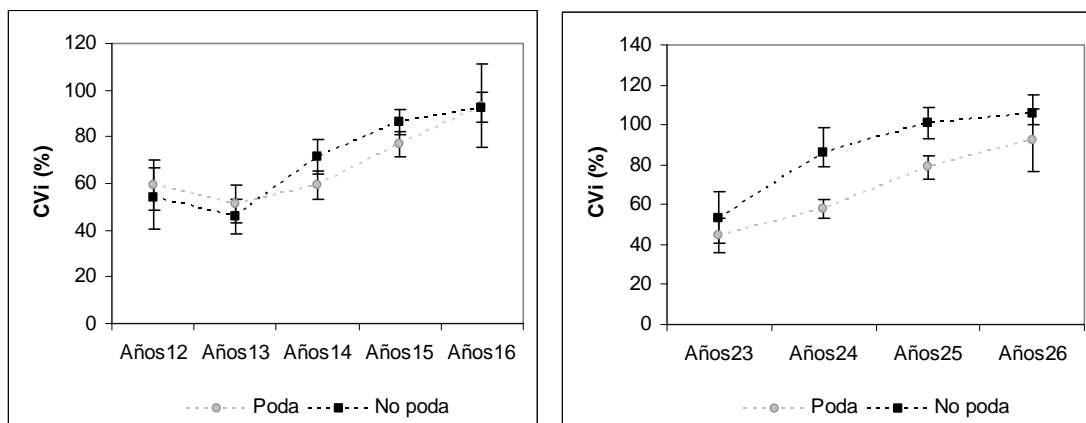


Figura 9. Valores medios y error estándar del coeficiente de variación individual de la productividad de bellota (CV_{ij}) calculado considerando diferentes periodos de tiempo para árboles podados en 2001 y no podados; i: año de inicio del periodo de tiempo considerado; j: año de finalización, Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Año₁:2001-02; Año₂: 2002-03; Año₃: 2003-04; Año₄: 2004-05; Año₅: 2005-06; Año₆: 2006-07.

Tabla 8. Estadísticos F y p derivados del ANOVA que compara los valores del coeficiente de variación individual de la productividad de bellota (CV_{ij}) para árboles podados en 2001 y no podados; i: año de inicio del periodo de tiempo considerado; j: año de finalización. Año₁:2001-02; Año₂: 2002-03; Año₃: 2003-04; Año₄: 2004-05; Año₅: 2005-06; Año₆: 2006-07.

| Estadísticos | $CV_{\text{años12}}$ | $CV_{\text{años13}}$ | $CV_{\text{años14}}$ | $CV_{\text{años15}}$ | $CV_{\text{años16}}$ | $CV_{\text{años23}}$ | $CV_{\text{años24}}$ | $CV_{\text{años25}}$ | $CV_{\text{años26}}$ |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| F | 0,113 | 0,245 | 1,487 | 1,482 | 0,001 | 0,308 | 4,172 | 4,964 | 0,477 |
| p | 0,741 | 0,627 | 0,239 | 0,240 | 0,975 | 0,586 | 0,057 | 0,040 | 0,498 |

La bianualidad nos indica el porcentaje de ocasiones en las que las variaciones de productividad en un año determinado respecto al anterior y al posterior, son de distinto signo. En la figura 10 puede observarse la evolución de dicho índice para árboles podados y no podados durante seis años tras la realización de la poda, considerando distintos periodos de tiempo. Aunque sin diferencias significativas ($Z_{\text{años13}} = -1,04$, $p_{\text{años13}} = 0,720$; $Z_{\text{años24}} = -0,114$, $p_{\text{años24}} = 0,400$; $Z_{\text{años35}} = 0,293$, $p_{\text{años35}} = 0,842$; $Z_{\text{años46}} = 0,770$, $p_{\text{años46}} = 0,842$), la bianualidad de los árboles no podados tiende a ser superior a la de los podados durante los primeros años tras la poda, mientras que conforme nos distanciamos de su ejecución, la bianualidad en árboles podados tiende a igualarse a la encontrada en árboles no podados.

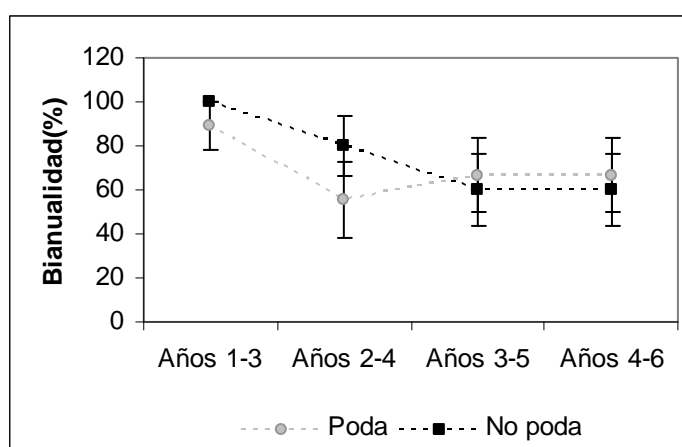


Figura 10. Bianualidad media de la productividad de bellota (B_{ij}) calculada considerando diferentes periodos de tiempo para árboles podados en 2001 y no podados; i: año de inicio del periodo de tiempo considerado; j: Año de finalización. Año₁:2001-02; Año₂: 2002-03; Año₃: 2003-04; Año₄: 2004-05; Año₅: 2005-06; Año₆: 2006-07.

El coeficiente de concordancia W de Kendall para distintos cuatrienios que se van distanciando progresivamente del momento de ejecución de la poda (tabla 9), indica que los árboles no podados presentan un mayor grado de sincronía en la producción de bellota que los árboles podados. No se observa por tanto a partir de nuestros datos, que la poda tenga un efecto sobre la sincronía productiva de los árboles.

Tabla 9. Coeficiente de concordancia W de Kendall de la productividad de bellota obtenido para árboles podados en 2001 y para árboles no podados. Su cálculo se ha realizado considerando diferentes periodos de tiempo; i: año de inicio del periodo de tiempo considerado; j: año de finalización). Año₁:2001-02; Año₂: 2002-03; Año₃: 2003-04; Año₄: 2004-05; Año₅: 2005-06; Año₆: 2006-07.

| Tratamiento | $W_{\text{años14}}$ | $W_{\text{años25}}$ | $W_{\text{años36}}$ | $W_{\text{años16}}$ |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Poda | 0,249 | 0,506* | 0,368* | 0,448* |
| No poda | 0,660* | 0,716* | 0,636* | 0,720* |

* $p < 0,05$

Influencia de la poda sobre la distribución de la productividad de bellota en la copa de la encina en la dehesa

En la figura 11 y en la tabla 10 se exponen la productividad y el número de bellotas por metro cuadrado obtenidos en diferentes posiciones de la copa del árbol, tanto en árboles podados como no podados el año posterior a la realización de la misma: 2001-02 (año de alta producción) y 2006-07 (año de baja producción). El análisis de la varianza realizado para los árboles podados considerando como factor las diferentes posiciones dentro de la copa del árbol no encuentra diferencias significativas ni para la productividad ($gl=3$; $F=0,414$; $p=0,744$ para el muestreo de 2001-02; $gl=3$; $F=1,364$; $p=0,269$ para el muestreo de 2006-07) ni para el número de bellotas ($gl=3$; $F=0,282$; $p=0,838$ para el muestreo de 2001-02; $gl=3$; $F=1,523$; $p=0,225$ para el muestreo de 2006-07). Tampoco hay diferencias cuando este análisis se hace para los árboles no podados, ni en productividad ($gl=3$; $F=0,389$; $p=0,762$ para el muestreo de 2001-02; $gl=3$; $F=0,360$; $p=0,782$ para el muestreo de 2006-07), ni en el número de bellotas ($gl=3$; $F=0,627$; $p=0,602$ para el muestreo de 2001-02; $gl=3$; $F=0,351$; $p=0,789$ para el muestreo de 2006-07). En la figura 11, se ha representado, además del reparto de la productividad en la copa en valores absolutos (g/cm^2), en porcentaje. En ella se observa, que en árboles podados existe una escasa concentración de la producción en la zona norte interior frente a una mayor concentración en la zona norte exterior, aunque no se observan diferencias significativas ($gl=3$; $F=2,236$; $p=0,103$ para el muestreo de 2001-02; $gl=3$; $F=2,287$; $p=0,052$ para el muestreo de 2006-07). Cuando realizamos este mismo análisis para árboles no podados tampoco se detectan diferencias significativas aunque en estos parece existir una distribución más equilibrada de la producción entre las diferentes posiciones ($gl=3$; $F=0,669$; $p=0,576$ para el muestreo de 2001-02; $gl=3$; $F=0,629$; $p=0,601$ para el muestreo de 2006-07).

Estos resultados sugieren que el tipo de poda practicado en esta comarca, tendente a abrir el interior del árbol, disminuye la productividad interna de la copa, especialmente en la orientación norte. Este patrón se observa, tanto cuando la poda se realiza en épocas de buena cosecha, como cuando se realiza en periodos de escasa productividad. En todo caso, y como se ha dicho arriba, las diferencias no son significativas.

Tabla 10. Número de bellotas por metro cuadrado y error estándar en función de la posición del cesto de recogida dentro de la copa del árbol para árboles podados (años de poda 2001 y 2006) y no podados (parcela 4) en dos años de muestreo: 2001-02 (año de alta producción) y 2006-07 (año de baja producción).

| Posición en la copa | 2001-02 | | | | 2006-07 | | | | |
|---------------------|---------|-------|----|---------|---------|-------|----|---------|----|
| | n | Poda | | No poda | | Poda | | No poda | |
| | | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| Norte-Exterior | 10 | 57 | 22 | 94 | 25 | 14 | 4 | 21 | 10 |
| Norte-Interior | 10 | 44 | 19 | 126 | 29 | 2 | 1 | 20 | 9 |
| Sur-Interior | 10 | 63 | 22 | 84 | 14 | 13 | 6 | 14 | 4 |
| Sur-Exterior | 10 | 69 | 18 | 102 | 19 | 13 | 6 | 26 | 8 |

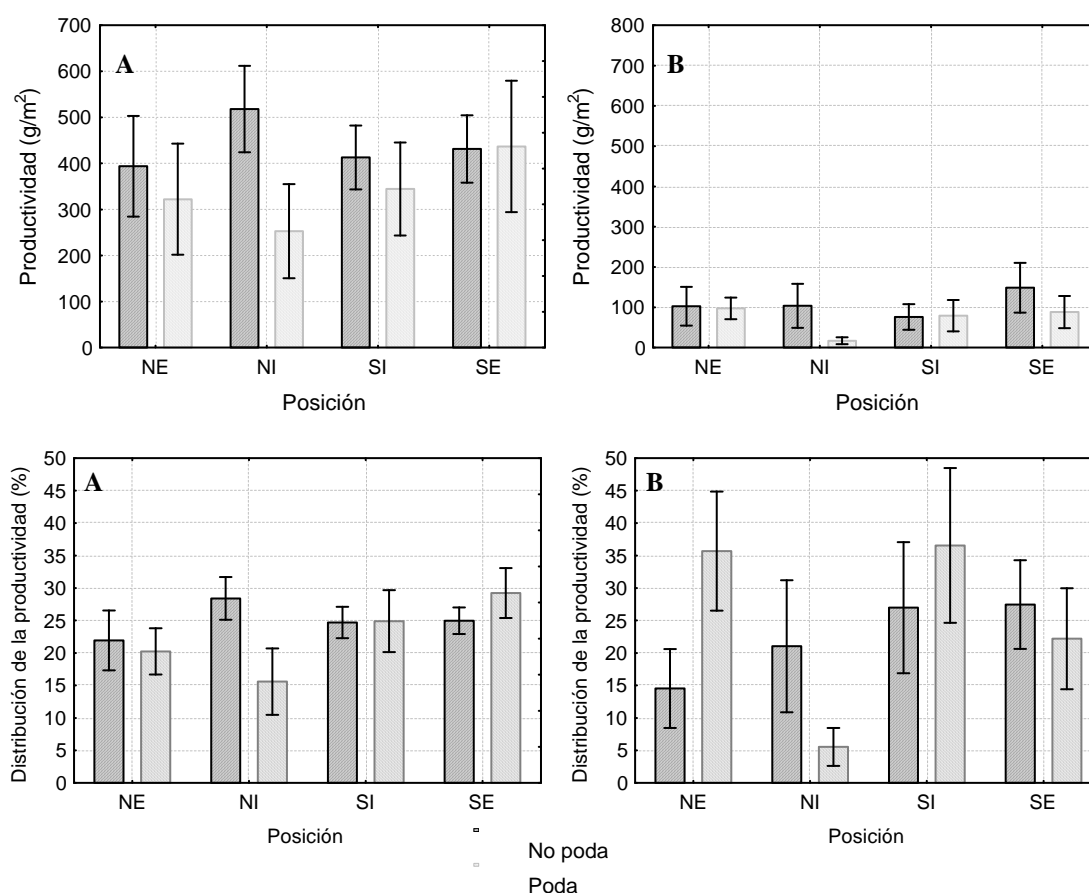


Figura 11. Productividad media en fresco de bellota y su distribución (%) (valores medios y error estándar) en función de la posición (NE: Norte-Exterior; NI: Norte-Interior; SI: Sur-Interior; SE: Sur-Exterior) del cesto de recogida dentro de la copa del árbol para árboles podados y no podados. (A) Año de muestreo 2001-02 (año de alta producción) y año de poda 2001; (B) Año de muestreo 2006-07 (año de baja producción) y año de poda 2006.

En la figura 12 pueden observarse los valores de las variables peso y longitud en diferentes posiciones de la copa del árbol para árboles podados y no podados el año posterior a la realización de la poda: 2001-02 (año de alta producción) y 2006-07 (año de baja producción). El análisis de la varianza realizado para los árboles podados considerando como factor las diferentes posiciones dentro de la copa del árbol no encuentra diferencias significativas ni para el peso ($F=0,392$; $p=0,760$ para el muestreo de 2001-02; $F=0,328$;

$p=0,805$ para el muestreo de 2006-07) ni para la longitud ($F=0,703$; $p=0,558$ para el muestreo de 2001-02; $F=0,312$; $p=0,817$ para el muestreo de 2006-07). Tampoco hay diferencias cuando este análisis se hace para los árboles no podados, ni para el peso fresco ($F=0,107$; $p=0,956$ para el muestreo de 2001-02; $F=0,483$; $p=0,697$ para el muestreo de 2006-07), ni para la longitud ($F=0,089$; $p=0,965$ para el muestreo de 2001-02; $gl=3$; $F=0,368$; $p=0,777$ para el muestreo de 2006-07).

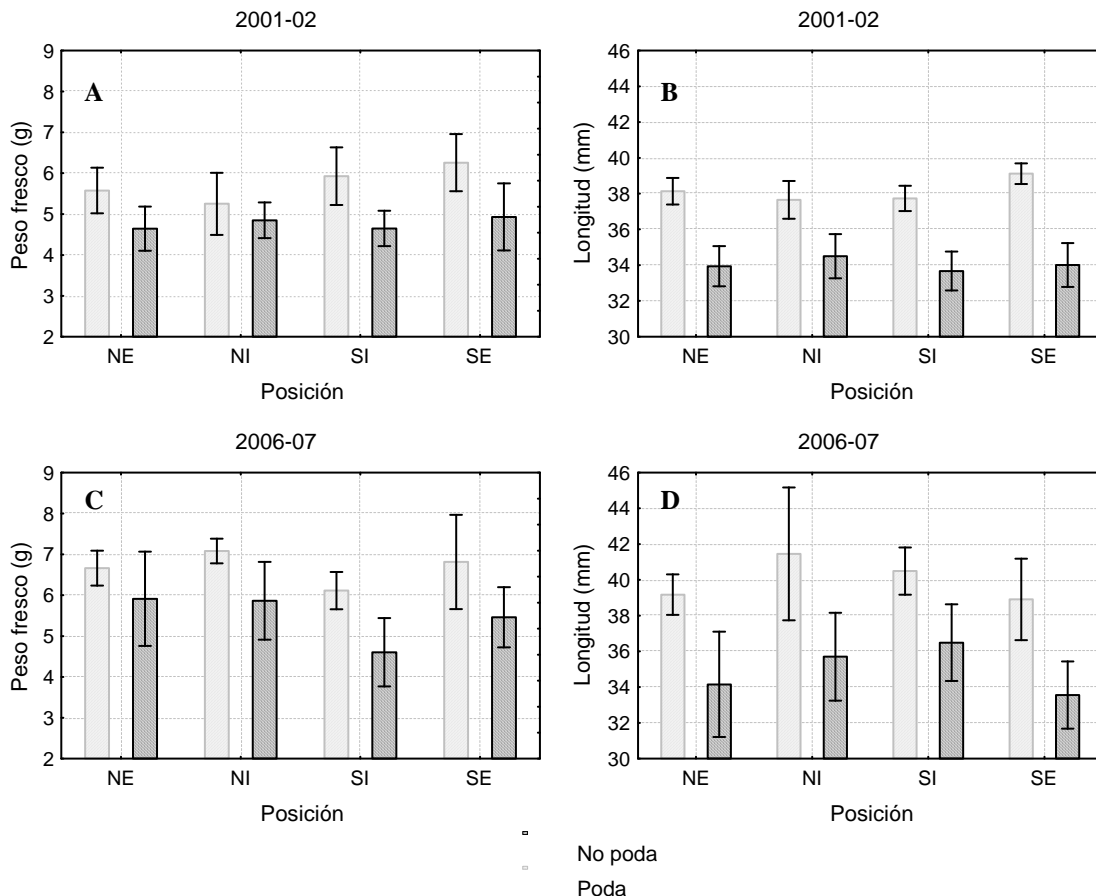


Figura 12. Valores medios y error estándar de peso fresco (A,C) y longitud de bellota (B,E) en función de la posición (NE: Norte-Exterior; NI: Norte-Interior; SI: Sur-Interior; SE: Sur-Exterior) del cesto de recogida dentro de la copa del árbol para árboles podados y no podados. (A,B) Año de muestreo 2001-02 (año de alta producción) y año de poda 2001; (C, D) Año de muestreo 2006-07 (año de baja producción) y año de poda 2006.

Cuando se consideran todas las encinas muestreadas, podadas en distintos años según el esquema rotativo tradicional en la zona, y se analiza la productividad y el número de bellotas por metro cuadrado en función de los años transcurridos desde la ejecución de la poda, del año de muestreo, de la posición del cesto y de las interacciones dobles de estos factores mediante un modelo mixto de medidas repetidas (tabla 11), no se detecta influencia significativa de la interacción del factor tiempo transcurrido desde la poda con la posición del

fruto dentro de la copa del árbol, aunque el estadístico p alcanza valores bastante bajos (p=0,055 para la productividad y p=0,153 para el número de bellotas).

Tabla 11. Resultados del ANOVA mediante un modelo mixto de medidas repetidas que considera el efecto del año de muestreo, del tiempo transcurrido desde la ejecución de la poda y la posición del fruto en la copa del árbol, sobre la productividad de bellotas y sobre el número de bellotas por metro cuadrado para el periodo 2001-02 a 2006-07.

| Factores | g.l. | Productividad de bellotas (g/m ²) | | Número de bellotas / m ² | |
|--|------|---|--------|-------------------------------------|--------|
| | | F | p | F | P |
| Años transcurridos desde la poda | 10 | 1,16 | 0,321 | 1,27 | 0,249 |
| Año de muestreo | 5 | 10,54 | <0,001 | 10,55 | <0,001 |
| Posición | 3 | 6,91 | <0,001 | 12,39 | <0,001 |
| Años transcurridos desde la poda * Año de muestreo | 14 | 1,31 | 0,201 | 1,41 | 0,106 |
| Años transcurridos desde la poda * Posición | 30 | 1,46 | 0,055 | 1,27 | 0,153 |
| Año de muestreo* Posición | 15 | 1,58 | 0,074 | 1,20 | 0,266 |

La evolución de la productividad y del número de bellotas por metro cuadrado parece indicar que, hasta el cuarto año tras la poda, las posiciones interiores (norte y sur) presentan unos valores medios inferiores a las exteriores (tabla 12 y figura 13). Estas bajas producciones son más evidentes en la posición norte e interior. A partir de ahí las diferencias en productividad a lo largo de la copa se diluyen, no observándose una tendencia clara.

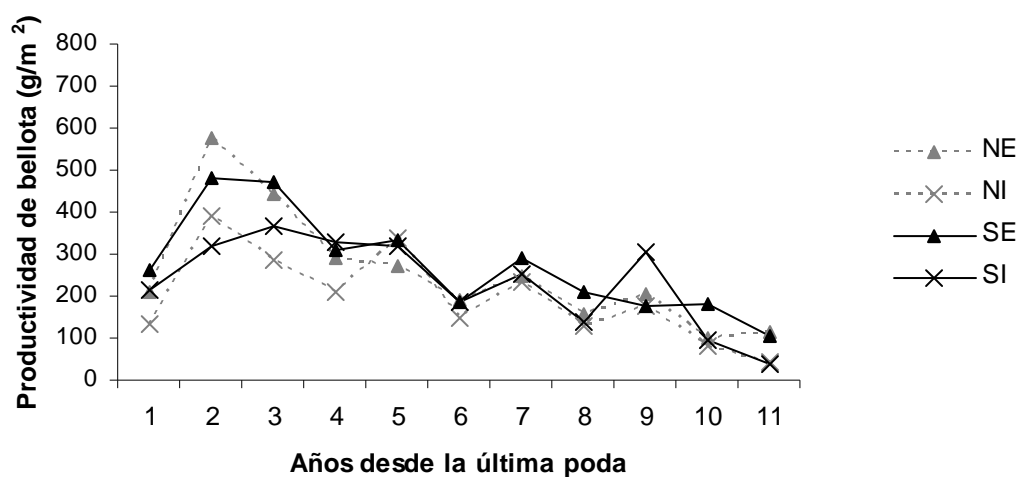


Figura 13. Valores medios de la productividad de bellota en función de la posición (NE: Norte-Exterior; NI: Norte-Interior; SI: Sur-Interior; SE: Sur-Exterior) del cesto de recogida dentro de la copa del árbol según los años transcurridos desde la poda.

Tabla 12. Valores medios y error estándar de la productividad y número de bellotas por metro cuadrado en función de la posición (NE: Norte-Exterior; NI: Norte-Interior; SI: Sur-Interior; SE: Sur-Exterior) del cesto de recogida dentro de la copa del árbol según los años transcurridos desde la poda.

| | Años | n | Norte-Exterior | | Norte-Interior | | Sur-Interior | | Sur-Exterior | |
|--|------|----|----------------|-----|----------------|----|--------------|----|--------------|-----|
| | | | Media | EE | Media | EE | Media | EE | Media | EE |
| Productividad (g/m²) | 1 | 20 | 210 | 65 | 135 | 57 | 212 | 61 | 263 | 83 |
| | 2 | 20 | 574 | 164 | 388 | 93 | 318 | 66 | 483 | 100 |
| | 3 | 30 | 443 | 86 | 284 | 50 | 369 | 83 | 474 | 102 |
| | 4 | 30 | 292 | 52 | 211 | 40 | 331 | 62 | 310 | 60 |
| | 5 | 40 | 270 | 50 | 340 | 60 | 321 | 65 | 333 | 56 |
| | 6 | 40 | 189 | 36 | 147 | 24 | 187 | 39 | 187 | 32 |
| | 7 | 40 | 249 | 44 | 233 | 39 | 251 | 50 | 293 | 55 |
| | 8 | 30 | 155 | 34 | 127 | 29 | 139 | 56 | 210 | 43 |
| | 9 | 20 | 206 | 51 | 174 | 72 | 306 | 95 | 176 | 70 |
| | 10 | 20 | 102 | 33 | 81 | 28 | 94 | 28 | 179 | 46 |
| | 11 | 10 | 113 | 35 | 43 | 15 | 40 | 11 | 105 | 32 |
| Nº bellotas/m² | 1 | 20 | 36 | 12 | 23 | 10 | 38 | 12 | 41 | 11 |
| | 2 | 20 | 137 | 44 | 90 | 24 | 75 | 18 | 112 | 25 |
| | 3 | 30 | 118 | 22 | 76 | 13 | 97 | 22 | 114 | 22 |
| | 4 | 30 | 80 | 18 | 58 | 12 | 68 | 13 | 101 | 22 |
| | 5 | 40 | 89 | 22 | 107 | 23 | 81 | 15 | 119 | 30 |
| | 6 | 40 | 43 | 7 | 36 | 6 | 54 | 16 | 46 | 9 |
| | 7 | 40 | 81 | 15 | 74 | 14 | 74 | 13 | 101 | 21 |
| | 8 | 30 | 32 | 8 | 30 | 9 | 32 | 15 | 41 | 9 |
| | 9 | 20 | 71 | 18 | 66 | 25 | 68 | 29 | 99 | 33 |
| | 10 | 20 | 25 | 9 | 19 | 5 | 24 | 8 | 41 | 13 |
| | 11 | 10 | 67 | 26 | 17 | 4 | 23 | 7 | 51 | 12 |

La influencia de la poda sobre el periodo de diseminación de la bellota de encina en la dehesa

En la tabla 13 puede consultarse la duración media del periodo de diseminación de la bellota para árboles podados y no podados en los dos años de muestreo. No se han encontrado diferencias significativas debidas a la poda ni en el año de alta producción (año 2001-02: $g_l=1$; $F=0,931$; $p=0,348$) ni en el año de baja producción (año 2006-07: $g_l=1$; $F=0,547$; $p=0,470$), aunque en ambos casos la duración del periodo de diseminación en encinas podadas es algo menor.

Tabla 13. Valores medios y error estándar de la duración del periodo de diseminación (días) obtenido en encinas podadas y no podadas al año siguiente de la poda. La poda se ha realizado en el año 2001 y en el año 2006. Los árboles que se han podado en el año 2001 y 2006 son distintos y los árboles no podados son los mismos en los dos muestreos.

| Tratamiento | n | 2001-02 | | 2006-07 | |
|-------------|----|---------|----|---------|----|
| | | Media | EE | Media | EE |
| Poda | 10 | 62 | 6 | 29 | 6 |
| No poda | 10 | 69 | 4 | 37 | 8 |

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo ponen de manifiesto que la poda no tiene un efecto manifiesto sobre la productividad ni sobre el número de bellotas de la encina en la dehesa. Al año siguiente de la ejecución de la poda, la productividad media de bellota de las encinas podadas ha sido inferior a la encontrada en árboles no podados. Autores como Porras (1998), Álvarez *et al.* (2004) y Cañellas *et al.* (2007) encuentran también una tendencia a la disminución de la productividad media de bellotas al año siguiente de realizarse la poda, en consonancia con los resultados del presente estudio. Sin embargo, Montoya (1988), Porras (1998), Vázquez (1998) y Alejano *et al.* (2006), han encontrado en árboles que han recibido una poda de intensidad liviana/media productividades ligeramente mayores que los no podados. Drake (1991) no encuentra efecto positivo ni negativo de la poda ni al año ni a los dos años de su realización. No obstante, en la mayoría de estos trabajos, no se detectan diferencias significativas, aunque sí tendencias. La alta variabilidad de la productividad de bellotas entre árboles de una misma zona y la falta de sincronía, no permite llegar a resultados más concluyentes. Por otro lado, la diversidad de variantes locales de poda en la dehesa que eliminan distinta cantidad de biomasa y distintos tipos de ramas, dificultan sin duda alguna las comparaciones de resultados y determinan la cantidad de esfuerzo vegetativo que el árbol va a tener que emplear para obtener recursos que le permitan invertir en reproducción (Venable, 1992; García-Ortiz *et al.*, 1996; Pastor y Humanes, 2000; Parciak, 2002; Garrido *et al.*, 2005). En sistemas forestales en la que el arbolado se encuentra en mayor espesura, distintos autores (Healy *et al.* 1999; Abrahamson y Layne 2002; Koenig *et al.* 2003; Liebhold *et al.* 2004; Bellocq *et al.* 2005; Lombardo y [Mccarthy](#) 2008) han analizado el papel de podas, además de cortas y clareos, sobre la producción de bellota, indicando también que la heterogeneidad individual y ambiental impide la obtención de resultados determinantes.

Los efectos de la poda sobre la productividad a corto plazo pueden variar según su intensidad y según si ésta se realiza en años en los que las productividades medias son altas o bajas. Así por ejemplo, Alejano *et al.* (2006), encuentran que una poda intensa da lugar a una reducción mayor de la productividad de bellota al año siguiente, que una poda realizada de forma liviana. En nuestro trabajo, la poda practicada ha eliminado un porcentaje bajo de biomasa del árbol, pudiendo explicar este hecho la baja reducción de la productividad, en relación a la de los árboles no podados, que no llegan a ser significativas. Hemos observado una tendencia al descenso en la productividad de bellota tras la poda cuando ésta se realiza en periodo de cosecha alta, pero también cuando se realiza en época de baja producción. En

ambos momentos, la disminución en el número de frutos en relación a los que presentan los árboles no podados es de similar magnitud, un 45%, sin embargo, la disminución de la productividad es del 36% en momentos de baja cosecha y del 23% cuando ésta es abundante. En los árboles podados, la mayor disponibilidad de nutrientes por fruto permite un aumento de su tamaño, pero al ser el aumento de tamaño de similar magnitud en las dos épocas, un 20% más pesada la bellota de los árboles podados en relación al peso de la de los no podados, este mecanismo no constituye una compensación similar en ambos periodos, aún a pesar de que la bellota es de menor tamaño en época de cosecha abundante, por lo que la caída de la productividad tiende a ser mayor cuando la poda se practica en periodo de baja cosecha. Esto no parece estar en consonancia con algunas recomendaciones de poda de árboles frutales como el olivo, en los que se indica que una poda efectuada en años de “descarga” tiene menos efectos negativos sobre la productividad que la realizada en años de “carga” (Florensa y Solé, 1996; Perez Mohedano, 2005). No obstante, el olivo produce el fruto en ramos de dos años y la encina en el ramo del año, y la respuesta a la poda puede ser distinta en estas especies.

Para aquellos árboles que presentan un marcado patrón alternante de la productividad, la poda puede tener distintos efectos a corto plazo sobre el número de bellotas, si se practica tras años de carga o de descarga, ya que va a afectar de forma directa al número de ramas que portarán los órganos reproductores. En estos individuos, tras años de carga se reduce el número de frutos, y esta reducción será mayor si se poda el árbol, aunque la poda sea moderada. En cambio, a un año de escasa producción, le sucede otro con un mayor número de bellotas y la reducción debida a la poda dependerá de la intensidad de ésta, y si es liviana, la disminución del número de frutos puede verse compensada por el aumento de su tamaño, alcanzándose productividades similares (Porras 1998; Vázquez 1998; Alejano *et al.* 2006). La coexistencia en una misma zona de árboles que presentan un patrón alternante y contraalternante de la productividad puede dificultar la operatividad de este criterio a la hora de ejecutar la poda en la dehesa. Además, en periodos de cosecha alta, los árboles parecen acentuar el patrón alternante.

En este estudio se observa un aumento en los valores medios de peso, longitud y grosor del fruto al año siguiente de la realización de la poda, aunque sólo para el caso de la longitud las diferencias han llegado a ser significativas, especialmente cuando la poda se realiza en periodos de abundante cosecha. Este efecto, muy común en cultivos frutales leñosos, ha sido puesto de manifiesto en muchos trabajos, como en los de Harper *et al.* (1970), Venable (1992), García-Ortiz *et al.* (1996), Porras (1998), Costa y Vizzotto, (2000), Razeto y Díaz de Valdés, (2001), Razeto y Davarynejad *et al.* (2008), y se debe a la reducción

de botones florales que permite una mayor cantidad de recursos por fruto. Sin embargo la cuantía de este aumento no sólo depende del número de frutos, sino de la cantidad total de recursos de los que dispone el árbol. O lo que es lo mismo, el aumento del tamaño debido a la poda en términos absolutos, no sucede idénticamente si ésta se realiza durante un periodo de altas cosechas o de bajas. Otros estudios como los realizados por Álvarez *et al.* (2004) y Alejano *et al.* (2006) sobre *Quercus* no encuentran diferencias significativas entre el calibre del fruto de árboles podados y el de árboles no podados.

Diversos trabajos realizados en especies leñosas indican que la poda afecta a la producción de fruto extendiéndose su efecto más allá del año siguiente a su realización (Navarro, 1994), pero en la encina, y en el caso de nuestro trabajo, la productividad de bellota no ha variado significativamente a medida que nos distanciamos del año de poda. No obstante, los valores medios de productividad y número de bellota alcanzados a los dos años de realización de la poda son altos, de los mayores del periodo analizado y sólo superados por la productividad recogida en árboles podados cinco años atrás en momentos de cosecha abundante. La reducción en el número de frutos que experimentan los árboles tras la poda, permite la acumulación de recursos y por tanto el aumento de la floración y fructificación al segundo año de la realización de la poda, incrementándose la productividad, en consonancia con la “teoría de la disponibilidad de los recursos” (Garrido *et al.*, 2005; Montesinos, 2007). Para podas de intensidad liviana o media se ha detectado este efecto a los dos años (Alejano *et al.*, 2006) y a los tres años (Drake, 1991) de su realización. Para el caso de podas de intensidad fuerte, Porras (1998) encuentra este efecto a los cuatro años tras la poda, Alejano *et al.* (2006) a los tres años tras la poda, y Álvarez *et al.* (2004) a los 7 años de su ejecución. Y, existen otros trabajos como los realizados por Porras (1998) en la localidad de la Puebla de Guzmán, Cañellas *et al.* (2007), y García-Ortiz *et al.* (1996) para olivo, en los que los árboles podados siempre producen menos que los no podados. La intensidad de la poda y el tipo de ramas que se eliminan determinan, en última instancia, el esfuerzo vegetativo que el árbol debe realizar para recomponer su copa y obtener los recursos necesarios para la floración y producción de fruto, y por tanto la duración de ese periodo de recuperación (Pastor y Humanes, 2000; Garrido *et al.*, 2005). Tras este valor alto de productividad dos años después de realizarse la poda, se produce un descenso paulatino de ésta durante el tercer y cuarto año. Alejano *et al.* (2006), también han observado un descenso en la producción tras el aumento inicial, y este ocurre al tercer año desde la poda cuando es de intensidad ligera y media.

El tamaño de la bellota también se ve afectado por la poda prolongándose su efecto más allá del año siguiente a su realización, resultando significativas las variaciones en

longitud. La evolución del peso, el grosor y la longitud de la bellota siguen un patrón opuesto al de la productividad, como cabía esperar. Así, tras este efecto positivo de la poda sobre el tamaño de la bellota un año después de su realización, nos encontramos con un periodo de descenso progresivo de la longitud, grosor y peso hasta el cuarto o quinto año. Durante los años que se produce esta disminución progresiva en el peso y tamaño de la bellota, también se observa una disminución en la productividad, no observándose la relación negativa tan común entre productividad y tamaño de la bellota.

A largo plazo, la poda afecta al comportamiento alternante de la producción que presentan algunas especies frutales leñosas (Navarro, 1994; García-Ortiz *et al.*, 1996; Florensa y Solé, 1996; Rodríguez y Villalba, 1998; Pastor y Humanes, 2000; Pérez Mohedano, 2005), y esto parece ocurrir también en la encina, a la luz de los resultados obtenidos. Así, la variación en la productividad que experimentan las encinas podadas en el periodo comprendido entre el segundo y el quinto año desde la poda es significativamente menor que la obtenida para encinas no podadas. Por tanto, la poda reduce las oscilaciones bianuales de la producción y este efecto parece extenderse en nuestro trabajo hasta el cuarto o quinto año según se desprende del CVi y del porcentaje de bianualidad. Porras (1998) en la localidad de Cumbres Mayores encuentra una mayor amortiguación de las oscilaciones en la producción para el periodo entre 5 a 7 años tras años tras la poda, y Cañellas *et al.* (2007) para el periodo entre 2 a 4 años tras la poda. A partir del quinto año, y tal y como refleja la figura 2, comienza a hacerse patente el comportamiento alternante de la productividad, que va acompañado de oscilaciones del peso y tamaño de la bellota pero en sentido inverso (figura 5 y 6). Este comportamiento alternante es más acusado cuando se consideran series de datos de años de cosecha abundante y desaparece cuando los datos provienen de épocas de baja producción. En este sentido, la poda atenuaría los ciclos bianuales cuando se realiza en momentos de bonanza (se hace patente el comportamiento alternante) y no tendría tal efecto cuando se ejecuta en épocas con limitaciones ambientales a la producción, ya que éstas mantienen atenuados estos ciclos. Esto está en consonancia con los trabajos de Navarro (1989) realizados en olivo, quien indica que una poda en años de “carga” atenúa la intensidad de las oscilaciones interanuales, frente a la realizada en épocas de bajas producciones, que no tiene este efecto.

Algunos autores (Navarro, 1986; Davarynejad *et al.* 2005; Pérez-Mohedano, 2005), citan entre otros efectos de la poda, un incremento en la sincronía productiva de los árboles, y esto no se ha observado en nuestro trabajo ya que los árboles podados muestran siempre menores valores del coeficiente de concordancia W. En sistemas forestales, Healy *et al.*

(1999), Abrahamson y Layne (2002) y Lombardo y Mccarthy (2008), citan el efecto homogeneizador de las podas sobre las producciones de bellotas siempre que se produzcan en ambientes relativamente homogéneos.

La poda modifica la distribución de la producción de bellota en la copa de la encina y este efecto parece extenderse hasta el cuarto año. En los árboles podados existe un mayor contraste entre las producciones obtenidas en el interior y exterior de la copa que la que existe en árboles no podados. Así, en árboles podados, las menores producciones y el menor porcentaje de la producción se obtiene en la posición norte e interior tanto en periodos de alta producción como de baja producción. La menor producción en el interior se justifica por el tipo de poda practicada en la zona, que tienden a abrir el interior de la copa (Rúperes, 1957; Cañellas, 1992; San Miguel, 1994; Pastor y Humanes, 2000). Esta disminución de la producción en el interior del árbol, por reducción del número de bellotas, no da lugar a bellotas de mayor peso o tamaño en esta zona, no detectándose por tanto, mecanismos de compensación entre sectores o ramas del árbol. Es decir, la bellota de la encina tras la poda tiende a ser de mayor tamaño en toda su copa,, sin diferenciar si ésta ha reducido de manera diferente el número de bellotas en las distintas ramas.

La poda constituye una práctica de manejo capaz de incidir sobre la fecha de brotación (Melgarejo, 2000), la redistribución de los recursos y el desarrollo de los frutos (Harper *et al.*, 1970; Costa y Vizzotto, 2000; Razeto y Díaz de Valdés, 2001; Davarynejad *et al.*, 2008). Es lógico pensar por tanto, en una posible incidencia de la poda sobre la duración del periodo de diseminación de la bellota. El presente trabajo no detecta diferencias significativas en cuanto a duración del periodo de diseminación de la bellota entre árboles podados y no podados ni en momentos de cosecha abundante ni cuando ésta es baja. Sin embargo, en ambos años, los árboles podados presentan una menor duración del periodo de diseminación de bellotas. La menor cuantía de fruto en árboles podados podría propiciar una finalización más rápida al completar antes el llenado de la bellota. Asimismo, el adelanto en las brotaciones que propicia la poda también podría originar un cierto adelanto en la maduración de la semilla (Armijo, 1989; Melgarejo, 2000).

Conclusiones

- La poda de mantenimiento con intensidad liviana llevada a cabo en la encina, no tiene un efecto significativo en la productividad ni en el número de bellotas que produce el árbol un año después de su realización. La productividad media y el número de

bellotas de los árboles podados tiende a disminuir al año siguiente tanto cuando la poda se ejecuta en un periodo de alta producción como cuando se hace en un periodo de baja producción. A largo plazo, una poda de mantenimiento de intensidad liviana no tiene un efecto significativo en la cuantía de la producción de bellota de la encina en la dehesa.

- La poda de mantenimiento modifica el patrón alternante que muestra la encina en la dehesa, disminuyendo por tanto la intensidad de la vecería. El efecto sobre la alternancia perdura hasta el cuarto año después de su realización. Asimismo, esta poda modifica el patrón alternante que muestra el peso y el tamaño de la bellota, especialmente la longitud, disminuyendo la frecuencia de oscilaciones durante los cuatro o cinco años posteriores a su realización.
- El peso fresco, el grosor y el ratio L/G de la bellota de encina no se ve modificado a corto plazo por una poda de mantenimiento de intensidad liviana. Una poda de intensidad liviana llevada a cabo en la encina, da lugar a bellotas de mayor longitud al año siguiente. En general, hay una tendencia al aumento del peso y el tamaño de la bellota un año después de la realización de una poda liviana en la encina, tanto cuando ésta se ejecuta en un periodo de alta producción como cuando se hace en un periodo de baja producción.
- La poda de mantenimiento con intensidad liviana llevada a cabo en la encina no modifica de manera significativa la distribución de la producción sobre la copa del árbol, aunque existe una tendencia a una menor concentración de la producción en posiciones norte e interiores, tanto cuando se ejecuta la poda en un periodo de alta producción como cuando se hace en uno de baja producción. Esta tendencia se mantiene durante un periodo de unos cuatro años tras su realización. Tampoco tiene un efecto la poda sobre el tamaño y peso de la bellota que se recoge en los distintos sectores de la copa.
- La poda de mantenimiento con intensidad liviana llevada a cabo en la encina no tiene un efecto significativo sobre la duración del periodo de diseminación de la bellota, ni ha mejorado el grado de sincronía de la encina.



CAPÍTULO 5. La composición química de la bellota.

“...no hay otros árboles si non encinas, et por ello le llama el llano de las vellotas, et son mas dulces que quantas ha en Espanya...”

(Crónica del Moro Rasis. Siglo X)

Parcialmente publicado en:

CARBONERO M.D; FERNÁNDEZ, A.; BLÁZQUEZ, A.; NAVARRO, R.; FERNÁNDEZ, P., 2006. Acorn quality depending on pruning, botanic variety and harvest date. En: *Sustainable Grassland Productivity. Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*, 583-585. J. LLOVERAS *et al.* (Eds). Badajoz (España).

CARBONERO M.D; GARCÍA, A.; FERNÁNDEZ, P., 2011. La composición química de la bellota en la dehesa. Influencia del peso. En: *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, 585-590. LÓPEZ-CARRASCO *et al.* (Eds.). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Madrid (España).

Introducción

La composición y el peso de la bellota son variables influenciadas por distintos factores entre los que estarían aquellos derivados de su propio proceso de maduración, aquellos inherentes al árbol (especie o/y forma botánica), a la zona (ambiente ecológico), y a la actuación de agentes externos como serían la meteorología o la incidencia de determinadas plagas o/y enfermedades (López-Carrasco *et al.*, 2005). Además, son variables que influyen de manera importante en la selección de las bellotas que los predadores realizan (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009) y que resultan decisivas en el establecimiento de nuevas plántulas, al estar relacionado el mayor tamaño con un mayor vigor y resistencia a sequías, heladas y herbivoría (Gómez, 2004). La composición de la bellota no es tampoco ajena al tamaño como así lo muestran diferentes autores (Ramírez *et al.*, 1983; Rodríguez-Estévez *et al.*, 2007), y lógicamente tampoco de la producción o carga del árbol, y de diferentes factores externos que puedan incidir sobre ella como la poda. Si además se tiene en cuenta la fuerte influencia de la composición de la bellota sobre aspectos como la calidad de los productos derivados del cerdo ibérico, y el proceso de regeneración de la especie, sería de interés contar con un mejor conocimiento de las relaciones que se establecen entre estas variables. La puesta a punto de la tecnología NIRS para la predicción de diferentes variables bromatológicas en pulpa de bellota fresca puede permitir por su bajo coste y rapidez la manipulación de un mayor número de muestras y consecuentemente una mayor aproximación a las características de este producto con tantas fuentes de variabilidad.

Así pues los objetivos de este trabajo son: (a) desarrollar ecuaciones de predicción para diferentes variables bromatológicas en pulpa de bellota fresca (b) analizar la influencia del año de muestreo, el árbol, y la fecha de recogida sobre la composición química de la bellota (c) estudiar si la poda de mantenimiento afecta a la composición química de la bellota durante los tres años posteriores a su realización (d) estudiar las relaciones que existen entre el peso de la bellota y la carga del árbol ((Nº bellotas/m² y gramos de bellota/m²) con su composición química (e) estudiar las relaciones que se establecen entre diferentes variables bromatológicas que componen la bellota.

Material y método

Zona de trabajo

La descripción del área de estudio se encuentra desarrollada en el apartado general de material y método.

Elección de árboles. Diseño muestral

La descripción de la elección de los árboles se describe en el apartado correspondiente de material y método comunes.

Recogida de la bellota

La metodología de recolección, calibrado y conservación de la bellota se encuentra desarrollada en el apartado general de material y método.

Manipulación de la muestra. Molienda

Las bellotas se decorticaban con una navaja procurando que quedasen enteras y con la membrana que las envuelve. Además se limpiaron de restos de corteza y otras impurezas. La pulpa se premolía en una picadora de cocina (cuchillas horizontales), y a continuación se llevaba a un molino de palas giratorias de alta velocidad refrigerado por agua (modelo KNIFETEC 1095 Sample Mill de 120W de potencia y 20.000 rpm). En dicho molino y después de 10 segundos de molienda (en dos intervalos de 5 segundos entre los que se procedía a mezclar la muestra) se obtuvo la muestra con la que se realizaron los análisis químicos y espectrales (figura 1). Tanto el molino como la picadora se limpiaron exhaustivamente entre muestra y muestra. De la muestra así obtenida se tomaban los espectros NIR.



Picadora



Premolienda



Premolienda



Molienda

Figura 1. Proceso de manipulación de las muestras para la obtención de harina de bellota.

Toma y pre-procesado de espectros.

Instrumentación y software NIRS

La obtención de los espectros NIRS de las muestras se realizó con el equipo monocromador (FOSS NIR Systems 6500) de barrido continuo, perteneciente a la unidad NIRS/MIR del Servicio central de apoyo a la Investigación de la Universidad de Córdoba. Dicho equipo cubre el rango completo VIS+NIR (400-2500 nm). Se empleó el modelo 6500 SYII, dotado de módulo de transporte y detector de reflexión con autogranancia. Dicho equipo se encuentra conectado a un ordenador en el que se encuentra instalado el software ISI NIRS 3 ver. 3.11 (Infrasoft International), el cual ha sido empleado para la recogida de espectros. Para realizar el tratamiento quimiométrico de los datos espectrales y de referencia se utilizó el software WINISI NIRS III ver. 1.05 (Infrasoft International). En todo momento, se utilizó la reflectancia como forma de interacción radiación-muestra.

Manipulación de las muestras y llenado de las cápsulas

En el Foss NIRSystem 6500 se analizó la harina de bellota fresca utilizando para ello la cápsula de $\frac{1}{4}$ denominada *coarse cell* compuesta por una carcasa de plástico y una ventana de cristal de cuarzo de dimensiones 4,6*5,7 centímetros. En la figura 2 se puede observar una imagen de la cápsula rectangular llena.



Figura 2. Cápsulas *coarse cell* del equipo Foss NIRSystem 6500.

Antes de llenar la cápsula la muestra se homogeneizaba con ayuda de una espátula, al objeto de deshacer la máxima cantidad de grumos. Las cápsulas se llenaron por gravedad enrasando hasta el borde con la ayuda de la espátula. A continuación se cerró con una tapadera de cartón blanco reutilizable. Para obtener espectros representativos de la muestras es necesario realizar un llenado homogéneo de la cápsula lo que se consiguió ejerciendo una presión uniforme con los dedos sobre el cartón reutilizable que servía de tapadera. De aquellos árboles que no presentaban suficiente cantidad de muestra como para llenar la cápsula no se realizaba la toma de datos. En todos los casos el llenado de las cápsulas fue realizado por el mismo operario. Los restos de harina que permanecían sobre la cápsula, se eliminaron mediante el cepillado con una brocha. Tras la obtención de espectros se procedía al vaciado y limpieza de las cápsulas. Al tratarse de harina de bellota que se caracteriza por su alto contenido de grasa y humedad, se procedía a la limpieza del cristal con agua jabonosa y papel secante. Las siguientes imágenes muestran el proceso de llenado de las cápsulas *coarse cell* (figura 3). Además de estas operaciones, de cada muestra se anotaron características

como el grado de llenado, el estado de las bellotas, el color y olor, y las características plásticas observadas durante el llenado en el caso de las cápsulas del equipo Foss.



Figura 3. Proceso de llenado de las cápsulas del equipo Foss NIRSystem 6500.

Tras la toma de los espectros la muestra se depositó en nuevas bolsas, correctamente etiquetadas envasándose al vacío y congelándose a -20°C para su posterior análisis en laboratorio

Recogida de espectros

La toma de espectros en el equipo Foss se realizó para la bellota recogida en las campañas 2001-02, 2002-03 y 2003-04. Para la realización de este apartado se mezclaron todas las bellotas recogidas en un árbol y en una fecha determinada durante las campañas 2001-02, 2002-03 y 2003-04.

Previamente a la recogida espectral la lámpara se encendía al menos una hora antes para su estabilización. La recogida de espectros se realizó con 2 submuestras de cada muestra experimental. Los espectros se obtuvieron a intervalos de 2 nm para un rango de 400-2500 nm. Cada espectro aportó así 1050 valores de absorbancia $\log(1/R)$. Posteriormente los

espectros fueron promediados. La distribución de espectros recogidos por campañas puede consultarse en la tabla siguiente:

Tabla 1. Número de espectros recogidos durante 2001-02 a 2003-04 en total y para cada fecha de recogida

| Fechas de recogida | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| I | 25 | 34 | 9 |
| II | 23 | 36 | 8 |
| III | 30 | 22 | 21 |
| IV | | 10 | 13 |
| V | 16 | 7 | 9 |
| VI | 1 | | |
| Total | 95 | 109 | 60 |

De todo el material se seleccionó una muestra compuesta por 85 espectros para ser enviados al laboratorio. Esta selección se realizó para cada año de muestreo y mediante análisis discriminante basado en la distancia de Mahalanobis utilizando los algoritmos CENTER y SELECTC (WinISI II v. 1.50).

Métodos analíticos de referencia

La metodología empleada para el análisis del contenido en cenizas, proteína bruta (Kjeldhal), grasa bruta (extracto etéreo), fibra bruta y azúcares (sacarosa) se describe en el Real Decreto 2257/94. La determinación de los ácidos grasos (palmítico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico, aráquico y gadoleico) se realizó mediante cromatografía de gases según se recoge en las Directivas 91/268/CEE y 02/796/CEE. Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio Agroalimentario de Córdoba perteneciente a la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Todos los datos se expresaron sobre sustancia seca, y los ácidos grasos también se expresan como porcentaje respecto del total de la grasa.

Los análisis de almidón se realizaron mediante determinación de glucosa libre tras extracción de azúcares libre e hidrólisis enzimática (amilasa + amiloglucosidasa) del almidón (Aman y Hesselman, 1984). La determinación de polisacáridos no amiláceos se realizó mediante cromatografía según Englyst *et al.* (1992). Los valores definitivos son medias de 2-4 determinaciones. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Fisiología y Bioquímica de nutrición Animal de la Estación Experimental del Zaidín en Granada perteneciente al CSIC. Los datos se expresaron como mg g⁻¹ de materia seca.

Obtención de ecuaciones de calibración

Una vez obtenida toda la información espectral se calculó el estadístico RMS (acrónimo inglés de Root Mean Square) para conocer la similitud de los espectros de las diferentes submuestras (calidad espectral), cuantificar el error debido a la manipulación de las mismas e identificar espectros anómalos (Ramos, 2003). Para su cálculo se emplea el software WINISI v. 1.05 que también nos da la desviación estándar (STD) y el valor medio de los RMS (MEAN). Otro concepto importante es el de la STD límite (también llamado RMS límite). Éste permite establecer un valor máximo de RMS por encima del cual no se aceptan las diferencias entre espectros de la misma muestra. En nuestro caso, la STD límite tomado para los espectros obtenidos con el equipo Foss (harina de bellota) fue 15000, valor considerado en los trabajos con harina de bellota desarrollados por Ramos (2003).

Para la construcción de las ecuaciones de predicción se empleó muestra de bellota de encina recogida en este estudio y muestra de bellota de encina y alcornoque recogidas en la montanera 1999-00 en la provincia de Huelva proporcionadas por el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba y cuya manipulación y análisis fue idéntica a la realizada en este trabajo (Sánchez, 2002). En total se contó con 86 muestras de Huelva y 85 muestras de Córdoba

De las muestras se seleccionaron al azar 4/5 de las mismas para constituir el colectivo con el que se desarrolló la calibración. El 1/5 restante se reservó para hacer una validación externa, que no es más que la aplicación del modelo matemático generado en el proceso de calibración a muestras que no han formado parte del mismo, y que nos sirve para conocer el comportamiento predictivo real que tiene la calibración. Se puede observar como ambos colectivos, calibración y validación, son similares en cuanto a rango, media y desviación estándar de las diferentes variables bromatológicas por lo que resultan válidos para el fin propuesto (tabla 2).

Tabla 2. Estadísticos que caracterizan el colectivo de calibración y de validación

| | Colectivo | Nº muestras | Mínimo | Máximo | Media | D.E. |
|------------------------------|-------------|-------------|--------|--------|-------|-------|
| Materia seca (%) | Calibración | 136 | 50,0 | 65,5 | 58,8 | 2,8 |
| | Validación | 26 | 53,7 | 63,1 | 58,1 | 2,4 |
| Proteína bruta (% m.s.) | Calibración | 136 | 2,0 | 8,2 | 4,5 | 1,6 |
| | Validación | 34 | 2,6 | 7,0 | 4,5 | 1,4 |
| Grasa Bruta (% m.s.) | Calibración | 121 | 1,0 | 14,3 | 7,2 | 3,6 |
| | Validación | 29 | 1,2 | 12,9 | 7,2 | 4,3 |
| Azúcares (sacarosa) (% m.s.) | Calibración | 103 | 0,1 | 10,9 | 2,9 | 3,1 |
| | Validación | 23 | 0,3 | 9,4 | 2,5 | 2,8 |
| Cenizas (% m.s.) | Calibración | 137 | 0,8 | 2,6 | 1,6 | 0,4 |
| | Validación | 30 | 1,1 | 2,5 | 1,5 | 0,4 |
| C 16:0 (% m.s.) | Calibración | 121 | 0,148 | 2,382 | 1,029 | 0,505 |
| | Validación | 28 | 0,196 | 1,755 | 1,057 | 0,559 |
| C 18:0 (% m.s.) | Calibración | 120 | 0,017 | 0,516 | 0,223 | 0,133 |
| | Validación | 28 | 0,018 | 0,432 | 0,210 | 0,138 |
| C 18:1 (% m.s.) | Calibración | 121 | 0,701 | 9,255 | 4,711 | 2,312 |
| | Validación | 27 | 0,823 | 8,566 | 4,935 | 2,803 |
| C 18:2 (% m.s.) | Calibración | 117 | 0,018 | 2,212 | 1,127 | 0,602 |
| | Validación | 27 | 0,162 | 2,140 | 1,136 | 0,692 |
| C 18:3 (% m.s.) | Calibración | 119 | 0,005 | 0,121 | 0,061 | 0,029 |
| | Validación | 28 | 0,014 | 0,122 | 0,059 | 0,034 |
| C 20:0 (% m.s.) | Calibración | 120 | 0,003 | 0,084 | 0,028 | 0,016 |
| | Validación | 26 | 0,002 | 0,050 | 0,026 | 0,016 |
| C 20:1 (% m.s.) | Calibración | 120 | 0,006 | 0,076 | 0,039 | 0,019 |
| | Validación | 27 | 0,006 | 0,074 | 0,034 | 0,022 |

Para las variables fibra bruta, almidón y polisacáridos no amiláceos no se contaba con un número suficiente de muestras como para constituir los colectivos de calibración y validación por lo que se optó por realizar la calibración con todos los datos disponibles (tabla 3).

Tabla 3. Estadísticos que caracterizan el colectivo de calibración

| | Nº muestras | Mínimo | Máximo | Media | D.E |
|--|----------------|--------|---------|--------|--------|
| Fibra bruta (% m.s.) | 78 | 1,7 | 3,4 | 2,6 | 0,4 |
| Almidón (mg/g m.s.) | 55 | 495 | 769 | 617 | 71 |
| Total Polisacáridos no amiláceos (NSP) (mg/g m.s.) | 43 | 69,656 | 105,538 | 82,797 | 11,081 |
| Rhamnosa (mg/g m.s.) | 55 | 1,436 | 2,634 | 2,049 | 0,293 |
| Arabinosa (mg/g m.s.) | 55 | 4,332 | 10,948 | 6,669 | 1,635 |
| Xylosa (mg/g m.s.) | 55 | 1,407 | 4,413 | 2,755 | 0,736 |
| Manosa (mg/g m.s.) | 55 | 3,895 | 6,384 | 4,818 | 0,508 |
| Galactosa (mg/g m.s.) | 55 | 10,368 | 16,561 | 12,407 | 1,426 |
| Glucosa (mg/g m.s.) | 54 | 17,319 | 55,402 | 33,374 | 9,417 |
| Ac. Urónicos (mg/g m.s.) | 43 | 12,6 | 25,817 | 19,097 | 3,083 |

Inicialmente se determinó la estructura y variabilidad espectral del colectivo muestral (espectro medio de la hoja de cada árbol muestreado) usando el algoritmo CENTER disponible en el software WINISI. Este se basa en un análisis de componentes principales (PCA), y determina el centro de la población y las distancias existentes entre cada muestra y dicho centro en un espacio n-dimensional mediante la distancia de Mahalanobis (GH), considerándose anómalos aquellos espectros que difieren significativamente de la media de la población ($GH > 3$) (Shenk y Westerhaus, 1991; Shenk y Westerhaus, 1995a).

La calibración utilizó MPLS (Regresión en Mínimos Cuadrados Parciales Modificada) como método de regresión, junto con un procedimiento de validación cruzada para la selección del número óptimo de términos de la regresión y la estima de la capacidad predictiva de las calibraciones (Shenk y Westerhaus, 1995a). En todos los casos, se utilizaron los tratamientos Standard Normal Variate and Detrending (Barnes et al., 1989) combinados para corregir el efecto de la radiación dispersa. Se ensayaron asimismo diferentes tratamientos de primera y segunda derivada: 0,0,1,1; 1,4,4,1 y 2,10,5,1 donde el primer dígito es el orden de la derivada, el segundo dígito es el segmento de derivación y el tercer y cuarto dígito corresponden al suavizado de la señal (Shenk y Westerhaus, 1995b).

Los estadísticos que se utilizaron para seleccionar las mejores ecuaciones fueron: el error estándar de calibración (ETC), el coeficiente de determinación de la calibración (R^2), el error estándar de validación cruzada (ETVC), el coeficiente de determinación de validación cruzada (r^2), el RPD o ratio entre la desviación estándar de los datos originales y el SECV, y el RER o ratio entre el rango de valores originales y los que ha calculado la calibración y ETVC.

Para evaluar el proceso de validación externa se obtuvo el error de predicción, denominado “bias”, y el error no explicado, llamado error estándar de predicción corregido para el bias ETP(c).

Tratamiento de los datos

Variaciones temporales en la composición de la bellota de la encina

Se ha analizado el efecto de los factores año, árbol y fecha de recogida del fruto (inicio, mitad o final de la montanera) sobre diferentes variables bromatológicas (materia seca, proteína bruta, grasa bruta, cenizas, azúcares, Ac. palmítico, Ac. esteárico, Ac. oleico, Ac. linoleico, Ac. linolénico, Ac. aráquico y Ac. gadoleico) mediante un análisis de la varianza. La estructura del modelo sería la siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + A_i + C_j + F_k + (AC)_{ij} + (CF)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

donde μ es la media general, A es el árbol ($i=1,2,\dots,50$) (aleatorio), C es el año ($j=1,2,3$) (efecto fijo), F es la fecha de recogida ($k=1,2,3$) (efecto fijo), $(AC)_{ij}$ es la interacción debida al árbol y al año (efecto aleatorio), $(CF)_{jk}$ es la interacción debida al año y a la fecha de recogida (efecto fijo), y ε_{ijk} el error experimental.

Para la realización de este análisis se utilizó el procedimiento GLM del programa SAS/STAT v. 9.2.

Para las variables fibra bruta, almidón y los diferentes polisacáridos no amiláceos se posee un menor número de datos, por lo que el análisis de la varianza realizado sólo considerará el factor año de muestreo.

Efecto de la poda en la composición de la bellota

Se compararon los valores de diferentes variables bromatológicas (materia seca, proteína bruta, grasa bruta, cenizas, azúcares, Ac. palmítico, Ac. esteárico, Ac. oleico, Ac. linoleico, Ac. linolénico, Ac. aráquico y Ac. gadoleico) durante tres años de muestreo (2001-02 a 2003-04) mediante un ANOVA que consideraba como factor la realización de la poda. La comparación se realizó entre 10 árboles podados en 2001 y 10 árboles que se podaron en 1997, a los que se denominará como “no podados”.

Composición de la bellota y su relación con el tamaño del fruto y la carga del árbol

Las relaciones entre el peso fresco de la bellota y la carga del árbol (Nº bellotas/m² y gramos de bellota/m²) con diferentes variables que definen la composición química de la misma (materia seca, proteína bruta, grasa bruta, cenizas, azúcares, Ac. palmítico, Ac. esteárico, Ac. oleico, Ac. linoleico, Ac. linolénico, Ac. aráquico y Ac. gadoleico) se han analizado mediante los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman. Estas relaciones se han realizado para diferentes fases de la montanera cada año de muestreo, y considerando el promedio obtenido para cada árbol y año de muestreo.

Relación entre componentes bromatológicos en la bellota

Para el estudio de las relaciones entre distintas variables relacionadas con la composición química se han empleado también los coeficientes de Pearson y Spearman. Se han realizado las siguientes comparaciones en cada año de muestreo:

- Relaciones entre los contenidos en grasa bruta, proteína bruta, azúcares y cenizas.
- Relaciones entre los contenidos en grasa bruta con los contenidos en diferentes ácidos grasos.
- Relaciones entre los contenidos en diferentes ácidos grasos.

Resultados

Ecuaciones cuantitativas para predecir componentes químicos en harina de bellota fresca mediante NIRS.

En la tabla 4, pueden consultarse las características de las ecuaciones desarrolladas para predecir los contenidos de diferentes variables bromatológicas en bellota mediante NIRS. El tratamiento que mejores resultados obtuvo para predicción de materia seca, proteína bruta, grasa bruta, azúcares, cenizas y ácidos aráquico y gadoleico fue el SNV y Detrend, 2,10,5,1. Para predicción de ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico el tratamiento SNV y Detrend, 1,4,4,1 proporcionó mejores resultados. Los criterios interpretativos expuestos por Shenk y Westerhaus (1996) señalan que un valor en el coeficiente de determinación (r^2) superior a 0,90 indica que la calibración es excelente; si su valor se encuentra entre 0,89 y 0,70, la calibración se puede considerar buena; si dicho estadístico toma valores entre 0,69 y 0,50, el modelo permitiría una adecuada discriminación entre muestras de alto, medio y bajo contenido en el parámetro testado. Si nos fijamos en los coeficientes de determinación resultantes (tablas 4 y 5) podemos afirmar que la ecuación desarrollada para predicción de materia seca presenta una excelente precisión mientras que el resto presentan una buena capacidad de predicción.

Tabla 4. Estadísticos correspondientes a las calibraciones obtenidas para predecir el contenido de materia seca, proteína bruta, grasa bruta, azúcares, y cenizas en harina de bellota fresca.

| Parámetro | Materia seca (%) | Proteína bruta (% m.s.) | Grasa Bruta (% m.s.) | Azúcares (sacarosa) (% m.s.) | Cenizas (% m.s.) |
|----------------------|------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|
| Tratamiento | 2,10,5,1 | 2,10,5,1 | 2,10,5,1 | 2,10,5,1 | 2,10,5,1 |
| Términos | 4 | 7 | 7 | 4 | 8 |
| n | 125 | 130 | 115 | 94 | 131 |
| Media | 59,0 | 4,5 | 7,3 | 3,0 | 1,6 |
| Mínimo | 52,0 | 2,0 | 1,0 | 0,1 | 0,8 |
| Máximo | 64,4 | 8,2 | 14,3 | 10,9 | 2,5 |
| D.E. | 2,5 | 1,6 | 3,6 | 2,9 | 0,4 |
| ETC | 0,66 | 0,47 | 0,98 | 0,77 | 0,14 |
| R² | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,93 | 0,89 |
| ETVC | 0,71 | 0,58 | 1,27 | 1,03 | 0,18 |
| r² | 0,92 | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,82 |
| RPD | 3,58 | 2,82 | 2,84 | 2,79 | 2,34 |
| RER | 17,42 | 10,78 | 10,47 | 10,48 | 9,29 |
| ETL | 0,23 | 0,19 | 0,22 | 0,19 | 0,17 |

R²: Coeficiente de determinación de la calibración

r²: Coeficiente de determinación de la validación cruzada

ETC: Error estándar de la calibración

ETVC: Error estándar de la validación cruzada

RPD: ratio D.E./ETVC

RER: ratio Rango/ETVC

ETL: Error típico de laboratorio

Las ecuaciones de predicción para la materia seca y para el ácido oleico (C18:1) presentan además valores de RPD>3 y RER >10 cumpliendo las recomendaciones realizadas por Williams y Sobering (1996). Sin embargo las ecuaciones de predicción de proteína bruta, grasa bruta, azúcares, ácido esteárico y ácido linoleico, no obtienen un RPD>3 debido a la pequeña magnitud de la desviación estándar, lo que según los anteriores autores también es aceptable. El resto de ecuaciones de predicción no cumple estos estándares aunque los valores obtenidos son bastante próximos a estas cifras límite. Este hecho se debe a que los valores del colectivo de calibración se encuentran muy concentrados en torno a los valores medios, presentando un rango muy estrecho.

Tabla 5. Estadísticos correspondientes a las calibraciones obtenidas para predecir el contenido de diferentes ácidos grasos en harina de bellota fresca.

| Parámetro | C16:0 (% m.s.) | C 18:0 (% m.s.) | C 18:1 (% m.s.) | C 18:2 (% m.s.) | C 18:3 (% m.s.) | C 20:0 (% m.s.) | C 20:1 (% m.s.) |
|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tratamiento | 1,4,4,1 | 1,4,4,1 | 1,4,4,1 | 1,4,4,1 | 1,4,4,1 | 2,10,5,1 | 2,10,5,1 |
| Términos | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 4 | 4 |
| n | 114 | 108 | 111 | 106 | 113 | 110 | 111 |
| Media | 1,03 | 0,22 | 4,81 | 1,15 | 0,06 | 0,03 | 0,04 |
| Mínimo | 0,16 | 0,02 | 0,70 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Máximo | 2,14 | 0,51 | 9,25 | 2,21 | 0,12 | 0,06 | 0,08 |
| D.E. | 0,49 | 0,13 | 2,34 | 0,60 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| ETC | 0,17 | 0,04 | 0,65 | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| R ² | 0,88 | 0,90 | 0,92 | 0,94 | 0,84 | 0,86 | 0,83 |
| ETVC | 0,21 | 0,05 | 0,78 | 0,20 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| r ² | 0,82 | 0,86 | 0,89 | 0,89 | 0,77 | 0,82 | 0,78 |
| RPD | 2,35 | 2,65 | 3,02 | 2,98 | 2,07 | 2,50 | 2,11 |
| RER | 9,43 | 10,21 | 11,03 | 10,50 | 8,57 | 10,00 | 7,78 |
| ETL | 0,09 | 0,02 | 0,13 | 0,07 | 0,04 | 0 | 0,03 |

R²: Coeficiente de determinación de la calibración
 r²: Coeficiente de determinación de la validación cruzada
 ETC: Error estándar de la calibración
 ETVC: Error estándar de la validación cruzada
 RPD: ratio D.E./ETVC
 RER: ratio Rango/ETVC
 ETL: Error típico de laboratorio

C16:0=Ac. palmítico
 C18:0=Ac. esteárico
 C18:1=Ac. Oleico
 C18:2=Ac. linoleico
 C18:3=Ac. linolénico
 C20:0=Ac. aráquico
 C20:1=Ac. gadoleico

Una vez seleccionadas las mejores ecuaciones para cada uno de los parámetros, se ha procedido a su validación. En la tabla 6 pueden consultarse los principales estadísticos obtenidos en el proceso de validación externa. Puede observarse como los valores de referencia y los valores predichos medios, así como su desviación estándar son similares. La distancia H de las muestras del colectivo de validación respecto al colectivo de calibración es inferior al valor límite de 3. Tampoco se registra un error sistemático significativo (Bias) que supere el límite de control. Sin embargo, el error no explicado denominado SEP (C) (error típico de predicción corregido), registra en general valores cercanos al límite. La pendiente de

la regresión entre los valores predichos y los valores de referencia salvo para el caso de las cenizas está comprendida entre 0,9-1,1, y el coeficiente de determinación de la regresión establecida entre valores predichos y de referencia supera siempre el valor de 0,6 y en general se aproxima bastante a 1 (figuras 5 y 6). Así pues, en general, se puede afirmar que las calibraciones realizadas pueden realizar predicciones con bastante fiabilidad.

Tabla 6. Estadísticos obtenidos en el proceso de validación externa para los parámetros materia seca, proteína bruta, grasa gruta, azúcares, cenizas y diferentes ácidos grasos en harina de bellota fresca.

| | Referencia | | Predichos | | Predicción | | | | | Límite de control | |
|-------------------------------------|------------|-------|-----------|-------|------------|---------|--------|-----------|----------------|-------------------|-------|
| | Media | D.E. | Media | D.E. | ETP | ETP (C) | Bias | Pendiente | r ² | ETP | Bias |
| Materia seca (%) | 58,1 | 2,4 | 58,1 | 2,1 | 0,84 | 0,86 | -0,01 | 1,09 | 0,88 | 0,92 | 0,43 |
| Proteína bruta (% m.s.) | 4,5 | 1,4 | 4,6 | 1,3 | 0,55 | 0,55 | -0,10 | 0,95 | 0,84 | 0,75 | 0,35 |
| Grasa bruta (% m.s.) | 7,2 | 4,3 | 7,6 | 4,0 | 1,42 | 1,40 | -0,36 | 1,04 | 0,90 | 1,65 | 0,76 |
| Azúcares (sacarosa) (% m.s.) | 2,5 | 2,8 | 2,1 | 2,7 | 1,14 | 1,10 | 0,37 | 0,93 | 0,85 | 1,33 | 0,62 |
| Cenizas (% m.s.) | 1,5 | 0,4 | 1,6 | 0,4 | 0,22 | 0,22 | -0,04 | 0,76 | 0,76 | 0,24 | 0,11 |
| C 16:0 (% m.s.) | 1,06 | 0,56 | 1,07 | 0,51 | 0,23 | 0,23 | -0,01 | 1,00 | 0,83 | 0,27 | 0,13 |
| C 18:0 (% m.s.) | 0,21 | 0,14 | 0,22 | 0,13 | 0,05 | 0,05 | -0,01 | 1,00 | 0,85 | 0,06 | 0,03 |
| C 18:1 (% m.s.) | 4,94 | 2,8 | 4,93 | 2,58 | 0,84 | 0,85 | 0,01 | 1,04 | 0,91 | 1,01 | 0,47 |
| C 18:2 (% m.s.) | 1,14 | 0,69 | 1,22 | 0,70 | 0,26 | 0,26 | -0,08 | 0,92 | 0,87 | 0,26 | 0,12 |
| C 18:3 (% m.s.) | 0,06 | 0,03 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | -0,01 | 0,95 | 0,78 | 0,02 | 0,01 |
| C 20:0 (% m.s.) | 0,025 | 0,016 | 0,027 | 0,015 | 0,007 | 0,007 | -0,002 | 0,92 | 0,82 | 0,008 | 0,004 |
| C 20:1 (% m.s.) | 0,035 | 0,022 | 0,037 | 0,019 | 0,010 | 0,010 | -0,002 | 1,00 | 0,78 | 0,011 | 0,005 |

ETP: Error típico de predicción

ETP (C): Error típico de predicción corregido por el bias

Límite de control: 1,30 x ETP para el ETP (C) y $\pm 0,60$ x ETC para el bias

r²: Coeficiente de determinación de la regresión entre los valores predichos y los del método de referencia

C16:0=Ac. palmítico

C18:0=Ac. esteárico

C18:1=Ac. Oleico

C18:2=Ac. linoleico

C18:3=Ac. linolénico

C20:0=Ac. aráquico

C20:1=Ac. gadoleico

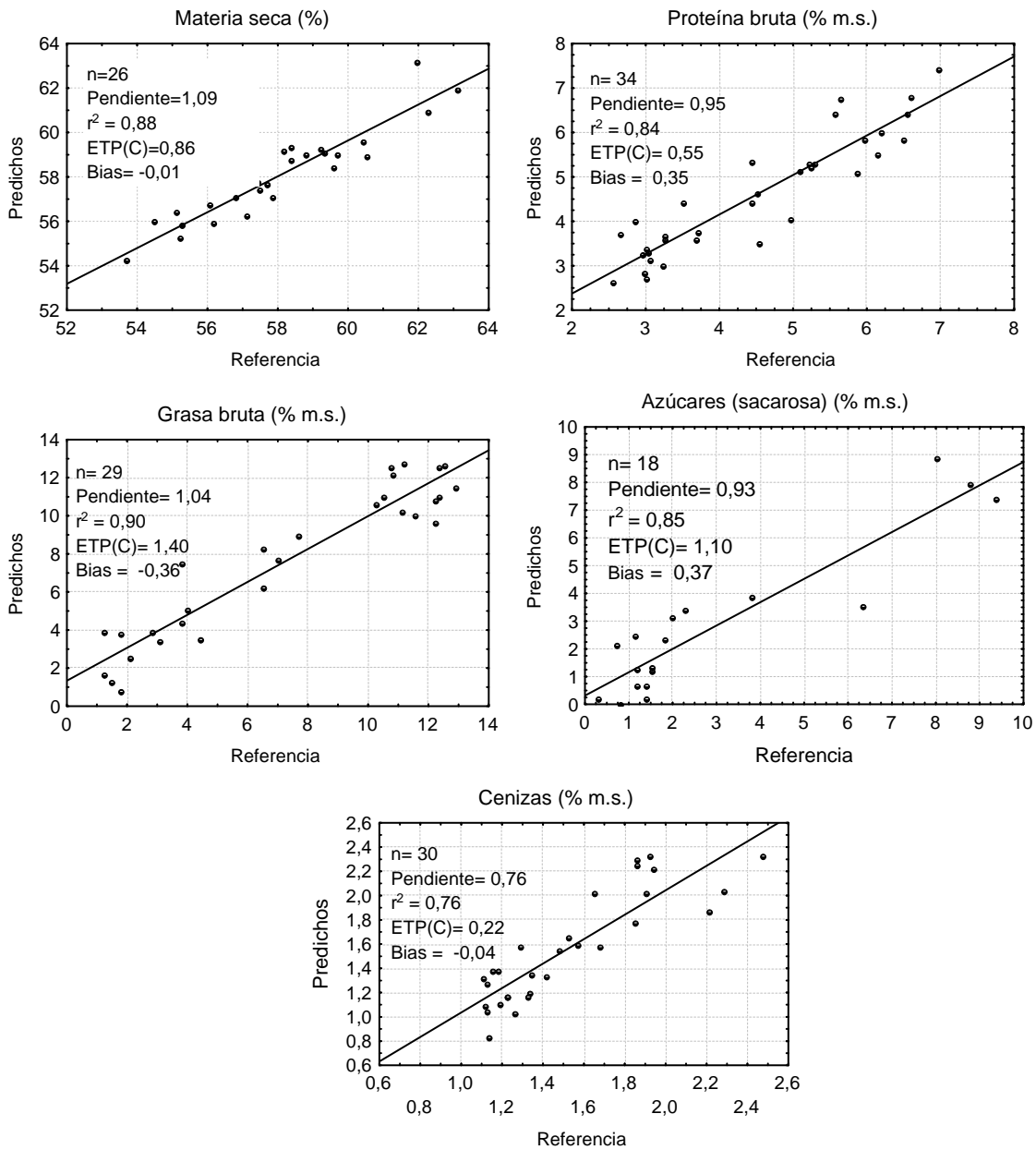


Figura 5. Valores de referencia y valores predichos por las ecuaciones NIRS para el colectivo de validación y para diferentes variables bromatológicas. Se incluye la recta de regresión, el número de datos utilizados en el cálculo (n), el coeficiente de determinación (r^2), el valor de la pendiente, el error estándar de predicción corregido para el bias (ETP (c)) y el bias.

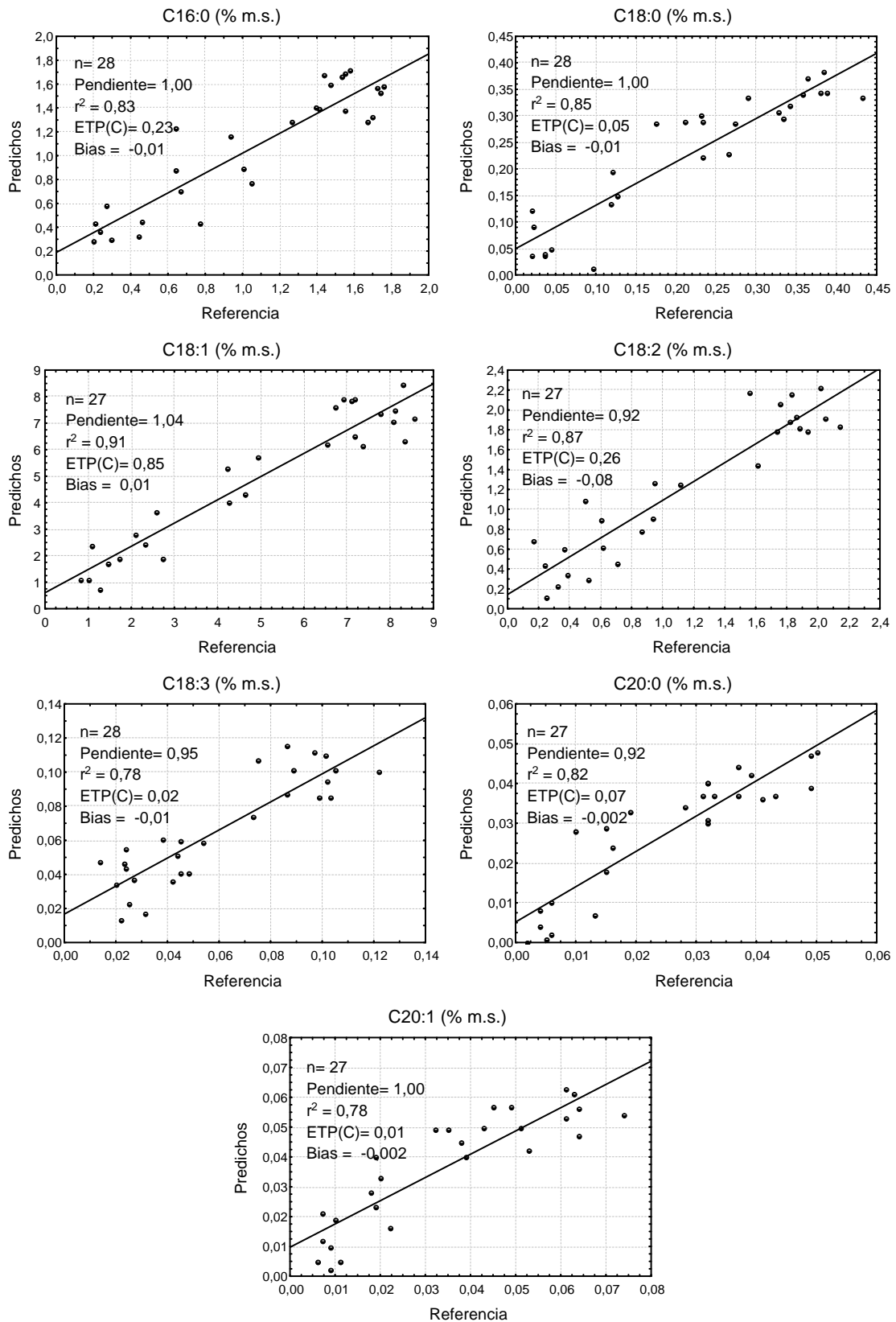


Figura 6. Valores de referencia y valores predichos por las ecuaciones NIRS para el colectivo de validación y para diferentes ácidos grasos. Se incluye la recta de regresión, el número de datos utilizados en el cálculo (n), el coeficiente de determinación (r^2), el valor de la pendiente, el error estándar de predicción corregido para el bias (ETP (c)) y el bias.

Por último en la tabla 7 pueden consultarse los estadísticos correspondientes al desarrollo de ecuaciones de calibración para fibra bruta, almidón y polisacáridos no amiláceos. Habría que destacar los deficientes resultados obtenidos que se ponen de manifiesto por los bajos valores de los coeficientes de determinación, y los altos valores de ETVC. Estos resultados se deben al escaso número de muestras, al pequeño rango sobre el que se distribuyen los valores y a los problemas que presentan los métodos de determinación de almidón y polisacáridos no amiláceos (Bao *et al.*, 2001). En cualquier caso no permiten realizar predicciones con un mínimo de fiabilidad.

Tabla 7. Estadísticos correspondientes a las calibraciones obtenidas para predecir el contenido de fibra bruta, almidón y polisacáridos no amiláceos en harina de bellota fresca.

| | Fibra bruta (% m.s.) | Almidón (mg g ⁻¹) | Rhm (mg g ⁻¹) | Ara (mg g ⁻¹) | Xyl (mg g ⁻¹) | Man (mg g ⁻¹) | Gal (mg g ⁻¹) | Glu (mg g ⁻¹) | U.Ac. (mg g ⁻¹) | Total NSP (mg g ⁻¹) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Tratamiento | 2,10,5,1 | 0,0,1,1 | 0,0,1,1 | 0,0,1,1 | 2,10,5,1 | 0,0,1,1, | 2,10,5,1 | 0,0,1,1 | 2,10,5,1 | 0,0,1,1 |
| Términos | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| n | 69 | 54 | 51 | 48 | 50 | 51 | 46 | 42 | 38 | 32 |
| Media | 2,6 | 619 | 2,064 | 6,569 | 2,755 | 4,796 | 12,237 | 32,439 | 19,102 | 81,894 |
| Mínimo | 1,7 | 500 | 1,44 | 4,50 | 1,61 | 3,96 | 10,37 | 17,32 | 13,79 | 69,66 |
| Máximo | 3,4 | 769 | 2,63 | 9,87 | 4,41 | 6,04 | 14,89 | 55,08 | 25,82 | 105,51 |
| DE | 0,4 | 70 | 0,291 | 1,494 | 0,676 | 0,445 | 1,151 | 8,733 | 3,029 | 9,992 |
| ETC | 0,15 | 60,13 | 0,28 | 1,39 | 0,47 | 0,41 | 1,04 | 7,73 | 2,27 | 8,82 |
| R² | 0,308 | 0,255 | 0,141 | 0,148 | 0,517 | 0,205 | 0,190 | 0,204 | 0,437 | 0,260 |
| ETVC | 0,17 | 70,89 | 0,31 | 1,59 | 0,67 | 0,45 | 1,14 | 8,42 | 2,86 | 9,3 |
| r² | 0,130 | 0,031 | -0,143 | -0,081 | 0,044 | 0,043 | 0,05 | 0,089 | 0,111 | 0,157 |
| RPD | 1,06 | 0,98 | 0,94 | 0,94 | 1,01 | 0,99 | 1,01 | 1,04 | 1,06 | 1,07 |
| RER | 4,05 | 3,79 | 3,61 | 3,48 | 4,18 | 4,62 | 3,98 | 4,48 | 4,21 | 3,86 |

R²: Coeficiente de determinación de la calibración

r²: Coeficiente de determinación de la validación cruzada

ETC: Error estándar de la calibración

ETVC: Error estándar de la validación cruzada

RPD: ratio D.E./ETVC

RER: ratio Rango/ETVC

Rhm: Rhamnosa

Ara: Arabinosa

Xyl: Xylosa

Man: Manosa

Gal: Galactosa

Glu: Glucosa

U. Ac.: Ac. Urónicos

Total NSP: Total Polisacáridos no amiláceos

Variaciones temporales en la composición química de la bellota de encina

En las tablas 8 y 9 pueden consultarse los resultados del análisis de la varianza que analiza el efecto de los factores árbol, año y fecha de recogida, sobre diferentes variables bromatológicas obtenidas en bellota.

Tabla 8. Resultados del análisis de la varianza que considera el efecto de los factores árbol, año y fecha de recogida de la bellota sobre diferentes variables bromatológicas (expresadas como porcentaje sobre materia seca). Los datos analizados corresponden al periodo 2001-02 a 2003-04.

| | df | Humedad | | Azúcares | | Cenizas | | Proteína bruta | | Grasa bruta | |
|---------------------------|----|---------|-------------------|----------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|
| | | F | p | F | p | F | p | F | p | F | p |
| Árbol | 47 | 1,35 | 0,1270 | 0,51 | 0,9880 | 1,83 | 0,0118 | 1,37 | 0,1147 | 0,42 | 0,9989 |
| Año | 2 | 25,12 | <0,0001 | 65,66 | <0,0001 | 37,57 | <0,0001 | 7,16 | 0,0012 | 16,75 | <0,0001 |
| Fecha de recogida | 2 | 27,93 | <0,0001 | 1,83 | 0,1717 | 2,27 | 0,1105 | 1,70 | 0,1889 | 2,62 | 0,0796 |
| Árbol*Año | 72 | 1,68 | 0,0134 | 1,45 | 0,0980 | 0,80 | 0,8238 | 2,71 | <0,0001 | 2,18 | 0,0005 |
| Año* Fecha de recogida | 4 | 8,43 | <0,0001 | 1,19 | 0,3278 | 0,81 | 0,5203 | 2,18 | 0,0787 | 2,60 | 0,0424 |

Tabla 9. Resultados del análisis de la varianza que considera el efecto de los factores árbol, año y fecha de recogida de la bellota sobre distintos ácidos grasos (expresados como porcentaje sobre materia seca). Los datos analizados corresponden al periodo 2001-02 a 2003-04.

| | df | C16:0 | | C18:0 | | C18:1 | | C18:2 | | C18:3 | | C20:0 | | C20:1 | |
|------------------------------|----|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
| | | F | p | F | p | F | p | F | p | F | p | F | p | F | p |
| Árbol | 47 | 1,41 | 0,0961 | 2,14 | 0,0020 | 1,72 | 0,0200 | 1,21 | 0,2308 | 1,00 | 0,4990 | 3,51 | <0,0001 | 1,91 | 0,0070 |
| Año | 2 | 12,78 | <0,0001 | 40,04 | <0,0001 | 30,99 | <0,0001 | 64,15 | <0,0001 | 44,10 | <0,0001 | 71,44 | <0,0001 | 55,47 | <0,0001 |
| Fecha de recogida | 2 | 22,20 | <0,0001 | 13,41 | <0,0001 | 26,18 | <0,0001 | 49,14 | <0,0001 | 57,97 | <0,0001 | 5,91 | 0,0042 | 11,72 | <0,0001 |
| Árbol*Año | 72 | 1,11 | 0,3286 | 1,16 | 0,2564 | 1,18 | 0,2412 | 5,26 | 0,0008 | 4,99 | 0,0013 | 1,08 | 0,3738 | 2,62 | 0,0424 |
| Año* Fecha de recogida | 4 | 7,59 | <0,0001 | 4,14 | 0,0043 | 6,66 | 0,0001 | 1,20 | 0,2147 | 1,37 | 0,0859 | 1,63 | 0,0214 | 1,02 | 0,4743 |

C16:0=Ac. palmítico; C18:0=Ac. esteárico; C18:1=Ac. Oleico; C18:2=Ac. linoleico; C18:3=Ac. linolénico; C20:0=Ac. aráquico; C20:1=Ac. gadoleico.

La humedad se ve afectada por el factor año, alcanzando sus valores máximos durante las campañas 2002-03 y 2003-04 con cifras de 41,8% y 42,0% respectivamente frente a los 39,3% de 2001-02 (tablas 8 y 10). También es significativa su interacción con el factor árbol, indicando que no existe la misma tendencia en todos los árboles. La variación entre años (CVi=4,5%) para un mismo individuo, es similar a la que se detecta entre individuos dentro de cada año (CV=5,1%). El porcentaje de humedad se ve afectado por la fecha de recogida y evoluciona de manera diferente cada año de muestreo, pues resulta significativa esta doble interacción (tabla 8 y figura 6). Así, aunque para todos los años la tendencia es que la humedad del fruto disminuye conforme se desarrolla la montanera, en 2001-02 no se detectan diferencias entre fechas de recogida. En las dos montaneras restantes sí existen diferencias

entre fechas, aunque en 2002-03 la humedad en las fases inicial y media es similar difiriendo significativamente de la final, mientras que en 2003-04 la humedad es diferente para cada fecha de recogida siendo máxima al inicio y mínima al final.

Los contenidos en proteína bruta se ven afectados por el año de muestreo siendo máximos en 2002-03 y mínimos en 2001-02, y presentando el año 2003-04 contenidos intermedios (tablas 8 y 10). También es significativa su interacción con el factor árbol, indicando que no existe la misma tendencia en todos los árboles. La variación entre años en el contenido en proteína para un mismo árbol ($CV_i=12,8\%$), es algo inferior a la que se detecta entre individuos dentro de cada año ($CV=16,3\%$). Los contenidos en proteína no difieren entre fechas de recogida, aunque parecen aumentar durante el desarrollo de la montanera (tabla 8 y figura 6). En las montaneras 2001-02 y 2003-04 aumentan hasta el final, mientras que en la 2002-03 son máximos en las fechas intermedias.

Los contenidos en grasa bruta varían entre años de muestreo, siendo mayores en 2002-03 respecto a los obtenidos en 2001-02 y 2003-04 (tablas 8 y 10). Resulta significativa la interacción entre el factor año y la fecha de recogida, por lo que los contenidos en esta variable evolucionan de manera diferente en función del año considerado (tabla 8 y figura 6). Así, en el año 2001-02, el contenido de grasa bruta aumenta desde el inicio hasta el final de la montanera, mientras que en los otros dos años, ésta tiende a aumentar hasta mediados de la campaña para luego disminuir. En cualquier caso, las mayores diferencias en el contenido en grasa las encontramos entre las fechas iniciales y medias. También es significativa la interacción del año con el factor árbol, indicando que las variaciones en el contenido de grasa a lo largo de los tres años no se producen siguiendo una pauta similar en todos los árboles. La variación entre años ($CV_i=20,9\%$) es similar a la que se detecta entre individuos dentro de cada año ($CV=21,0\%$).

Tabla 10. Valores medios, error estándar, máximos y mínimos de diferentes variables bromatológicas para los años 2001-02, 2002-03 y 2003-04. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre años de muestreo. En negrita se señala el año en el que se obtiene un mayor valor medio.

| | | 2001-02 | | | | | 2002-03 | | | | | 2003-04 | | | | |
|-------------------------------|----------|----------------|-------|-------|-------|----|----------------|-------|-------|-------|----|---------------|-------|-------|-------|----|
| | | Media | E.E. | Max. | Min. | n | Media | E.E. | Max. | Min. | n | Media | E.E. | Max. | Min. | n |
| Humedad | (%) | 39,3 a | 0,2 | 42,9 | 35,8 | 41 | 41,8 b | 0,3 | 46,3 | 36,4 | 45 | 42,0 b | 0,4 | 48,8 | 36,6 | 36 |
| Proteína | (% m.s.) | 5,3 a | 0,1 | 7,3 | 3,7 | 41 | 5,8 b | 0,1 | 7,9 | 4,3 | 45 | 5,7 ab | 0,1 | 7,5 | 3,0 | 36 |
| Grasa Bruta | (% m.s.) | 9,2 a | 0,2 | 12,8 | 6,2 | 41 | 11,2 b | 0,2 | 14,0 | 7,8 | 45 | 8,8 a | 0,5 | 14,2 | 1,3 | 36 |
| Azúcares | (% m.s.) | 6,7 c | 0,3 | 9,1 | 0,8 | 41 | 4,9 b | 0,2 | 7,0 | 2,0 | 45 | 1,2 a | 0,3 | 5,7 | 0,2 | 36 |
| Cenizas | (% m.s.) | 1,9 b | 0,0 | 2,3 | 1,5 | 41 | 2,1 c | 0,0 | 3,7 | 1,8 | 45 | 1,5 a | 0,0 | 2,0 | 0,4 | 36 |
| Ácidos grasos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ac. Palmítico (C16:0) | (% m.s.) | 1,372 a | 0,029 | 1,813 | 0,982 | 41 | 1,524 b | 0,026 | 2,028 | 1,138 | 45 | 1,332 a | 0,047 | 1,803 | 0,715 | 36 |
| | (% G.B) | 15,04 | 0,11 | 18,18 | 12,87 | 41 | 13,71 | 0,07 | 15,78 | 12,25 | 45 | 14,29 | 0,17 | 17,41 | 12,46 | 36 |
| Ac. Esteárico (C18:0) | (% m.s.) | 0,311 b | 0,010 | 0,437 | 0,165 | 41 | 0,331 b | 0,010 | 0,498 | 0,180 | 45 | 0,224 a | 0,015 | 0,381 | 0,019 | 36 |
| | (% G.B) | 3,43 | 0,04 | 4,52 | 2,38 | 41 | 2,98 | 0,04 | 4,62 | 2,01 | 45 | 2,24 | 0,10 | 3,11 | 0,08 | 36 |
| Ac. Oleico (C18:1) | (% m.s.) | 5,887 a | 0,156 | 7,812 | 3,475 | 41 | 7,219 b | 0,151 | 9,005 | 4,381 | 45 | 6,171 a | 0,241 | 8,522 | 2,715 | 36 |
| | (% G.B) | 64,41 | 0,19 | 68,56 | 60,57 | 41 | 65,19 | 0,16 | 67,78 | 56,38 | 45 | 65,70 | 0,33 | 68,46 | 59,63 | 36 |
| Ac. Linoleico (C18:2) | (% m.s.) | 1,387 a | 0,030 | 1,756 | 0,907 | 41 | 1,809 b | 0,027 | 2,140 | 1,316 | 45 | 1,510 a | 0,053 | 2,020 | 0,759 | 36 |
| | (% G.B) | 15,23 | 0,12 | 18,39 | 12,85 | 41 | 16,44 | 0,13 | 23,32 | 12,86 | 45 | 16,42 | 0,24 | 21,57 | 13,96 | 36 |
| Ac. Linolénico (C18:3) | (% m.s.) | 0,077 b | 0,002 | 0,104 | 0,046 | 41 | 0,092 c | 0,002 | 0,127 | 0,069 | 45 | 0,067 a | 0,003 | 0,107 | 0,022 | 36 |
| | (% G.B) | 0,85 | 0,01 | 1,36 | 0,60 | 41 | 0,84 | 0,01 | 1,44 | 0,60 | 45 | 0,72 | 0,02 | 0,97 | 0,47 | 36 |
| Ac. Aráquico (C20:0) | (% m.s.) | 0,040 b | 0,001 | 0,055 | 0,021 | 41 | 0,039 b | 0,001 | 0,063 | 0,023 | 45 | 0,025 a | 0,001 | 0,039 | 0,010 | 36 |
| | (% G.B) | 0,45 | 0,01 | 0,64 | 0,28 | 41 | 0,35 | 0,01 | 0,70 | 0,28 | 45 | 0,26 | 0,00 | 0,32 | 0,18 | 36 |
| Ac. Gadoleico (C20:1) | (% m.s.) | 0,054 b | 0,001 | 0,070 | 0,033 | 41 | 0,053 b | 0,001 | 0,075 | 0,033 | 45 | 0,034 a | 0,002 | 0,047 | 0,011 | 36 |
| | (% G.B) | 0,61 | 0,01 | 0,88 | 0,40 | 41 | 0,48 | 0,01 | 0,70 | 0,35 | 45 | 0,36 | 0,01 | 0,46 | 0,22 | 36 |
| Fibra | (% m.s.) | 2,4 a | 0,1 | 3,0 | 2,0 | 13 | 2,7 b | 0,1 | 3,4 | 1,9 | 26 | 2,4 a | 0,1 | 3,4 | 1,8 | 15 |

La composición química de la bellota

| | | 2001-02 | | | | | 2002-03 | | | | | 2003-04 | | | | |
|--|--------------------|---------|------|------|-------|---|----------------|------|------|------|----|---------|------|------|------|---|
| | | Media | E.E. | Max. | Min. | n | Media | E.E. | Max. | Min. | n | Media | E.E. | Max. | Min. | n |
| Almidón | (mg/g m.s.) | 549,5 a | 22,1 | 605 | 502 | 4 | 635,4 b | 12,5 | 769 | 495 | 26 | | | | | |
| Polisacáridos no amiláceos(NSP) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rhamnosa | (mg/g m.s.) | 1,8 a | 0,2 | 2,2 | 2,6 | 4 | 2,1 b | 0,1 | 1,5 | 1,4 | 26 | | | | | |
| Arabinosa | (mg/g m.s.) | 7,3 a | 0,2 | 7,6 | 10,9 | 4 | 6,5 a | 0,3 | 6,6 | 4,3 | 26 | | | | | |
| Xylosa | (mg/g m.s.) | 3,0 a | 0,3 | 3,7 | 4,4 | 4 | 2,8 a | 0,1 | 2,4 | 1,4 | 26 | | | | | |
| Manosa | (mg/g m.s.) | 4,6 a | 0,1 | 4,9 | 6,4 | 4 | 4,8 a | 0,1 | 4,3 | 3,9 | 26 | | | | | |
| Galactosa | (mg/g m.s.) | 12,4 a | 1,0 | 15,4 | 16,6 | 4 | 12,4 a | 0,2 | 11,1 | 10,4 | 26 | | | | | |
| Glucosa | (mg/g m.s.) | 33,3 a | 5,9 | 49,5 | 55,4 | 4 | 34,0 a | 1,5 | 22,1 | 17,3 | 25 | | | | | |
| Ac. Urónicos | (mg/g m.s.) | 20,8 a | 1,7 | 24,1 | 25,8 | 3 | 18,9 a | 0,6 | 18,7 | 12,6 | 23 | | | | | |
| Totales | (mg/g m.s.) | 85,8 a | 6,8 | 97,5 | 105,5 | 3 | 83,2 a | 1,9 | 74,0 | 69,7 | 23 | | | | | |

Los contenidos en azúcares se ven afectados por el año de muestreo siendo máximos en 2001-02 (6,7%) y mínimos en 2003-04 (1,2%), con una cuantía muy inferior a la obtenida en años anteriores (tablas 8 y 10). Para este parámetro las variaciones entre años son muy altas ($CV_i=64,2\%$) y superiores a las que se detectan entre individuos que también tienen una cuantía apreciable ($CV=46,4\%$). Las disparidades entre individuos alcanzan en 2003-04 sus mayores cuantías. Los contenidos en azúcares no difieren entre fechas de recogida, aunque para las montaneras 2001-02 y 2002-03 sus contenidos tienden a disminuir, mientras que para la montanera 2003-04 sus contenidos tienden a aumentar progresivamente desde el inicio hasta el final (tabla 8 y figura 6).

Al igual que para las variables anteriores, los contenidos en cenizas se ven afectados por el año de muestreo siendo máximos en 2002-03 y mínimos en 2003-04 teniendo el año 2001-02 unos valores intermedios (tablas 8 y 10). También el efecto individuo influye de manera significativa en los contenidos de esta variable. La variación entre años es ($CV_i=17,8\%$) algo superior a la que se detecta entre individuos dentro de cada año ($CV=14,4\%$). Para las cenizas no existe efecto significativo de la fecha de recogida aunque en todas las montaneras su porcentaje aumenta a medida que ésta se desarrolla, encontrando los mayores valores en las fechas finales (tabla 8 y figura 6).

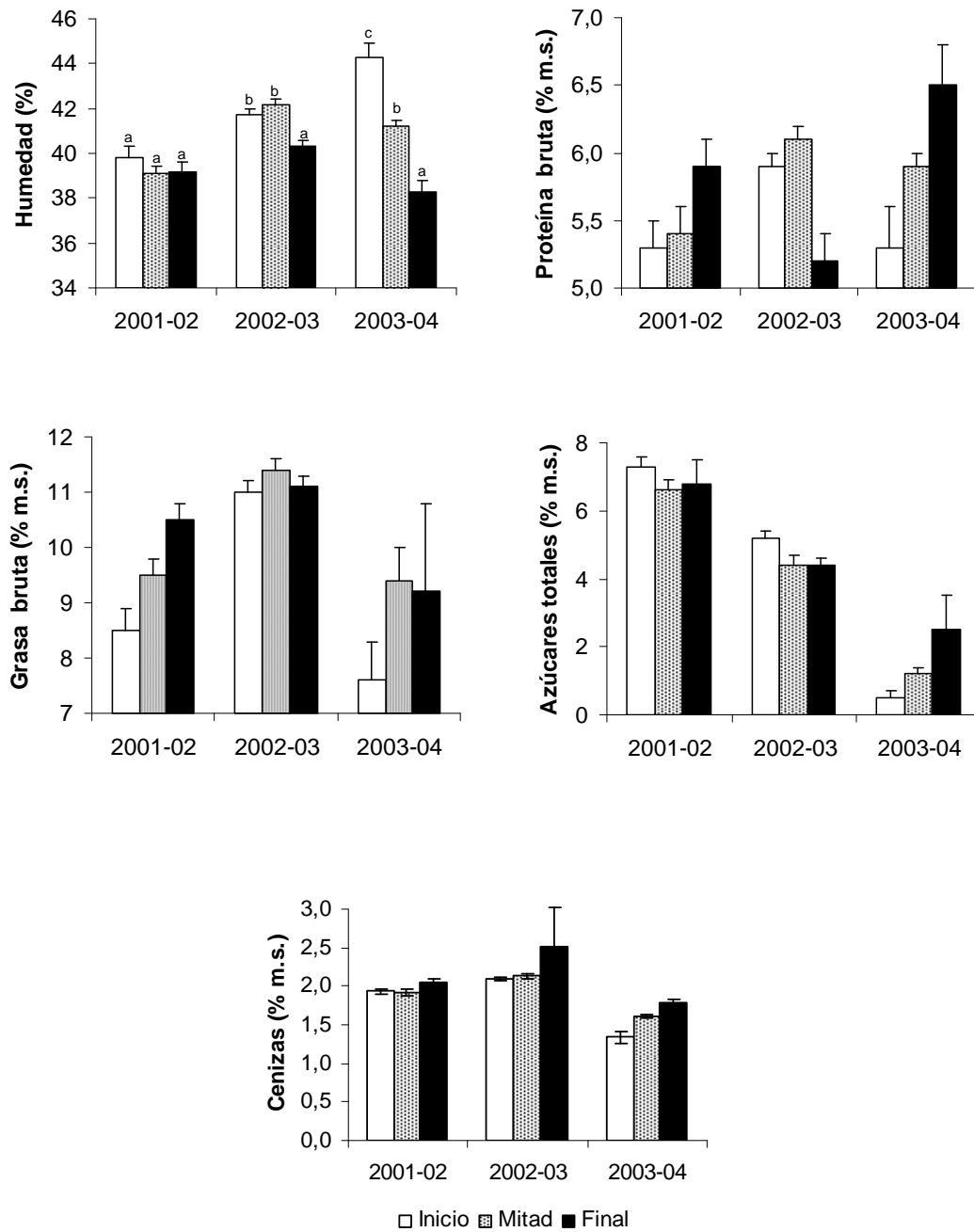


Figura 6. Evolución de la composición química de la bellota durante la montanera

El ácido graso más importante es el oleico que presenta un coeficiente de variación medio entre individuos (18%) muy inferior al que se obtiene entre años (39%). De hecho, sus contenidos difieren entre años siendo máximos en 2002-03 (7,219%) y mínimos en 2001-02 (5,887%) (tablas 9 y 10). También el efecto individuo influye de manera significativa en sus contenidos. Presenta efecto significativo la fecha de recogida y la interacción entre el año y la fecha de recogida (tabla 9 y figura 7). Para las montaneras 2001-02 y 2003-04, el contenido se

incrementa desde el inicio hasta el final, mientras que en 2002-03 los contenidos aumentan hasta mediados de la campaña. Las mayores diferencias entre fechas se detectan para 2001-02 y 2003-04, siendo especialmente evidentes entre fechas iniciales y el resto.

El segundo ácido graso en importancia es el linoleico, habiéndose observado igual que para el oleico, que el año de muestreo influye en sus contenidos, que son máximos en 2002-03 e inferiores en el resto de años (tablas 9 y 10). El ácido linoleico presenta un coeficiente de variación entre individuos (15%) inferior al obtenido entre años (19%). Sus contenidos se ven afectados por la interacción entre el individuo y el año de muestreo indicando que cada árbol presenta una evolución diferente. También y al igual que para el oleico los contenidos se ven afectados por la fecha de recogida (tabla 9 y figura 7), presentando una evolución similar en los tres años considerados.

El tercer ácido graso en importancia es el palmítico, habiéndose observado igual que para los anteriores que el año de muestreo influye en sus contenidos, que son máximos en 2002-03 e inferiores en el resto de años (tablas 9 y 10). El ácido palmítico presenta un coeficiente de variación entre individuos (15%) ligeramente superior al que se obtiene entre años (13%). El contenido en ácido palmítico parece no depender del individuo analizado, aunque sí de la fecha de recogida (tabla 9 y figura 7), y de su interacción con el año de muestreo, al igual que para el caso del ácido oleico, evolucionando de manera similar.

El esteárico es el cuarto ácido en importancia, viéndose influido su contenido en bellota por el año de muestreo, y siendo máximos en 2001-02 y 2002-03 e inferiores en 2003-04 (tablas 9 y 10). Presenta unos altos coeficientes de variación tanto entre años (25%) como entre individuos (27%), oscilando sus contenidos medios entre el 0,331% de 2002-03 al 0,224% de 2003-04. Al igual que ocurre para oleico, su contenido se ve influido por el individuo (tabla 9 y figura 7), por la fecha de recogida, y por la interacción de ésta última con el año de muestreo. Evoluciona de manera similar al ácido oleico y palmítico.

El contenido en ácido linolénico varía significativamente con el año de muestreo siendo máximos en 2002-03 y mínimos en 2003-04, presentando 2001-02 valores intermedios (tablas 9 y 10). Los coeficientes de variación entre individuos (18%) son inferiores a las oscilaciones entre años (19%). Al igual que ocurre con el ácido linoleico, su contenido se ve afectado por la interacción entre el individuo y el año de muestreo. También al igual que ocurre con este ácido, su contenido se ve afectado por la fecha de recogida, aunque no por su interacción con el año de muestreo, presentando una evolución similar todos los años (tabla 9 y figura 7).

El contenido en ácido aráquico difiere según el año de muestreo siendo máximo en 2001-02 y 2002-03 y mínimo en 2003-04 (tablas 9 y 10). Los coeficientes de variación entre individuos (21%) son inferiores a las oscilaciones entre años (26%). Al igual que ocurre con los ácidos esteárico, palmítico y oleico, los contenidos se ven afectados por la fecha de recogida (tabla 9 y figura 7), y por su interacción con el año de muestreo. Su evolución es similar a la expuesta para otros ácidos. El contenido en ácido aráquico parece depender del individuo.

El ácido gadoleico ve afectados su contenido por el año de muestreo siendo máximos en 2001-02 y 2002-03 y mínimos en 2003-04 (tablas 9 y 10). Los coeficientes de variación entre individuos (20%) son inferiores a las oscilaciones entre años (24%). Su contenido se ve afectado por el factor individuo y por su interacción con el año de muestreo, así como por la fecha de maduración de la bellota (tabla 9 y figura 7) aunque no por su interacción con el año de muestreo, como ocurre con los ácidos linoleico y linolénico, siendo su evolución similar a la expuesta para el resto de ácidos grasos.

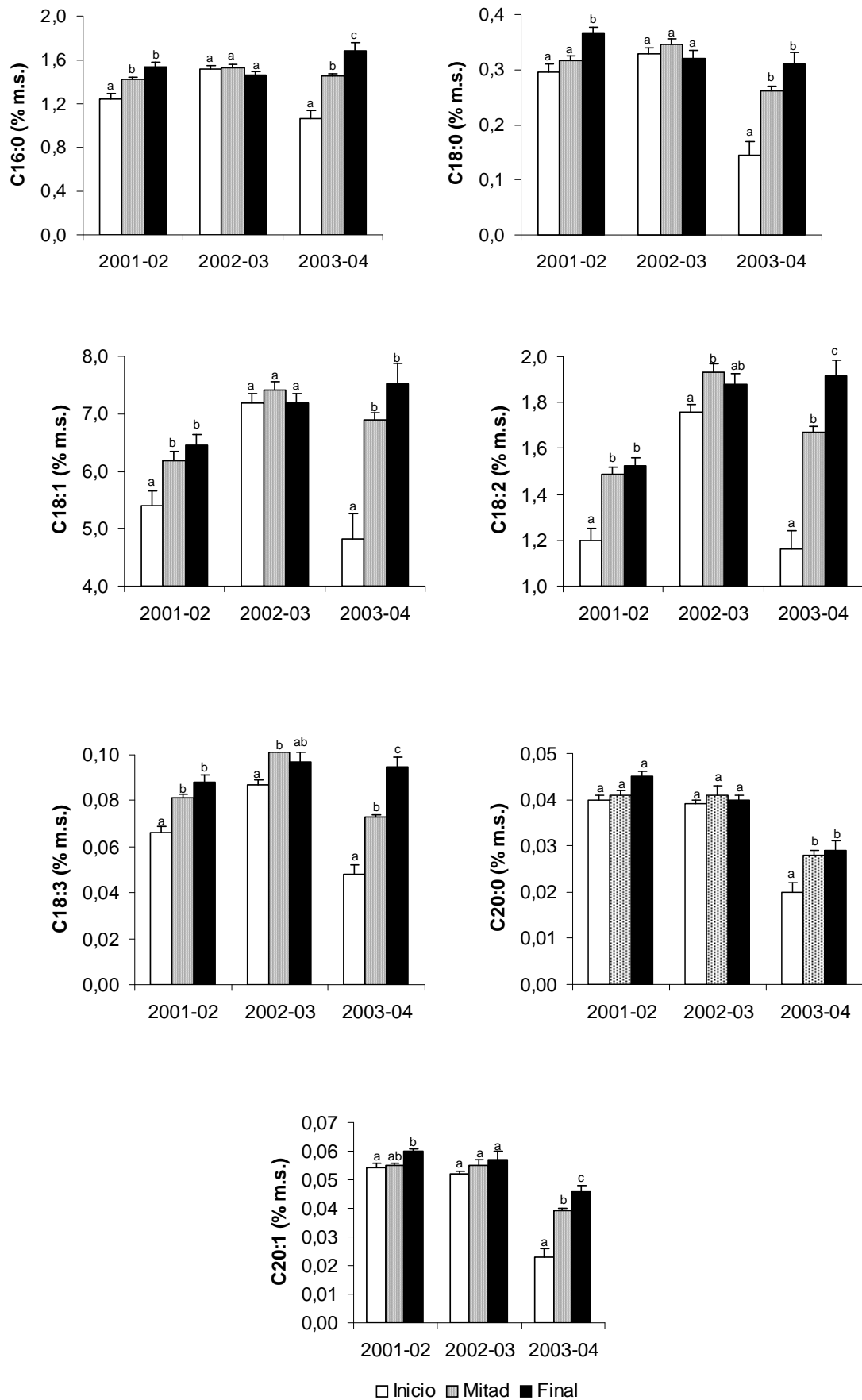


Figura 7. Evolución de la composición de diferentes ácidos grasos en bellota durante la montanera

Para las variables fibra bruta, almidón y polisacáridos no amiláceos no se han obtenido buenas calibraciones por lo que se ofrecen los resultados procedentes de los análisis de laboratorio. Puesto que se tiene un menor número de datos, el análisis realizado sólo considerará el factor año de muestreo. La bellota decorticada es un alimento que no contiene grandes contenidos en fibra (tabla 10) oscilando éstos entre los 2,7 % (m.s.) del 2002-03 a los 2,4 % (m.s.) del 2003-04. El almidón constituye uno de los componentes mayoritarios de la bellota habiéndose encontrado que sus contenidos oscilan entre años: 54,95% en 2001-02 y 63,54% en 2002-03. Entre los polisacáridos no amiláceos más importantes habría que destacar la glucosa cuyos contenidos oscilan entre los 3,33% de 2001-02 y los 3,40% de 2002-03, no habiéndose detectado diferencias significativas entre años para el resto de variables.

Influencia de la poda en la composición de la bellota

En la tabla 8 se exponen los contenidos en diferentes variables bromatológicas de la bellota procedente de árboles podados y no podados, uno, dos y tres años después de la realización de la poda. Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para ninguna variable, salvo para el ácido palmítico un año tras la poda y para el contenido en cenizas tres años tras la poda.

Tabla 11. Valores medios y error estándar de diferentes variables bromatológicas obtenidas en bellota de encina y recogidas en árboles podados y no podados durante 2001-02 a 2003-04 Los árboles han sido podados en el año 2001. En las dos últimas columnas se presentan F y p derivados del ANOVA para cada variable y año.

| | 2001-02 | | | | | | | ANOVA | |
|-----------------------------------|---------|-------|---|---------|-------|---|------|--------------|--|
| | Poda | | | No poda | | | F | p | |
| | Media | EE | n | Media | EE | n | | | |
| Productividad (g/m ²) | 377 | 105 | 9 | 473 | 65 | 9 | 0,61 | 0,445 | |
| Nº bellotas/m ² | 65 | 19 | 9 | 113 | 19 | 9 | 3,22 | 0,092 | |
| Peso fresco (g) | 5,8 | 0,6 | 9 | 4,8 | 0,5 | 9 | 1,69 | 0,212 | |
| Humedad (%) | 39,0 | 0,4 | 9 | 39,2 | 0,7 | 9 | 0,09 | 0,774 | |
| Proteína Bruta (% m.s.) | 4,9 | 0,3 | 9 | 5,4 | 0,3 | 9 | 1,32 | 0,268 | |
| Grasa Bruta (% m.s.) | 8,8 | 0,5 | 9 | 9,5 | 0,5 | 9 | 1,28 | 0,274 | |
| Azúcares (% m.s.) | 5,4 | 0,9 | 7 | 6,3 | 0,4 | 7 | 0,95 | 0,348 | |
| Cenizas (% m.s.) | 1,8 | 0,1 | 9 | 2,0 | 0,1 | 9 | 1,88 | 0,189 | |
| Ac. Palmítico (C16:0) (% m.s.) | 1,282 | 0,057 | 9 | 1,432 | 0,054 | 9 | 3,69 | 0,073 | |
| Ac. Esteárico (C18:0) (% m.s.) | 0,286 | 0,015 | 9 | 0,332 | 0,014 | 9 | 4,90 | 0,042 | |
| Ac. Oleico (C18:1) (% m.s.) | 5,621 | 0,339 | 9 | 6,192 | 0,217 | 9 | 2,01 | 0,175 | |
| Ac. Linoleico (C18:2) (% m.s.) | 1,312 | 0,072 | 9 | 1,445 | 0,046 | 9 | 2,43 | 0,138 | |
| Ac. Linolénico (C18:3) (% m.s.) | 0,072 | 0,004 | 9 | 0,080 | 0,004 | 9 | 1,77 | 0,201 | |
| Ac. Aráquico (C20:0) (% m.s.) | 0,040 | 0,001 | 9 | 0,041 | 0,001 | 9 | 0,56 | 0,464 | |
| Ac. Gadoleico (C20:1) (% m.s.) | 0,055 | 0,002 | 9 | 0,056 | 0,002 | 9 | 0,20 | 0,659 | |

| 2002-03 | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|---|---------|-------|---|-------|-------|
| | Poda | | | No poda | | | ANOVA | |
| | Media | EE | n | Media | EE | n | F | p |
| Productividad (g/m ²) | 529 | 152 | 9 | 247 | 48 | 9 | 3,13 | 0,096 |
| Nº bellotas/m ² | 106 | 30 | 9 | 49 | 10 | 9 | 3,13 | 0,096 |
| Peso fresco (g) | 5,2 | 0,4 | 9 | 5,0 | 0,7 | 9 | 0,04 | 0,837 |
| Humedad (%) | 41,1 | 0,4 | 9 | 41,4 | 0,8 | 9 | 0,10 | 0,757 |
| Proteína Bruta (% m.s.) | 5,8 | 0,2 | 9 | 5,7 | 0,4 | 9 | 0,01 | 0,940 |
| Grasa Bruta (% m.s.) | 11,7 | 0,3 | 9 | 10,8 | 0,7 | 9 | 1,71 | 0,209 |
| Azúcares (% m.s.) | 5,1 | 0,4 | 7 | 4,6 | 0,3 | 7 | 1,27 | 0,277 |
| Cenizas (% m.s.) | 2,4 | 0,2 | 9 | 2,0 | 0,1 | 9 | 3,24 | 0,091 |
| Ac. Palmítico (C16:0) (% m.s.) | 1,512 | 0,043 | 9 | 1,502 | 0,095 | 9 | 0,01 | 0,924 |
| Ac. Esteárico (C18:0) (% m.s.) | 0,336 | 0,018 | 9 | 0,325 | 0,031 | 9 | 0,09 | 0,771 |
| Ac. Oleico (C18:1) (% m.s.) | 7,536 | 0,212 | 9 | 6,879 | 0,502 | 9 | 1,46 | 0,245 |
| Ac. Linoleico (C18:2) (% m.s.) | 1,859 | 0,018 | 9 | 1,713 | 0,087 | 9 | 2,69 | 0,120 |
| Ac. Linolénico (C18:3) (% m.s.) | 0,094 | 0,003 | 9 | 0,087 | 0,003 | 9 | 1,95 | 0,182 |
| Ac. Aráquico (C20:0) (% m.s.) | 0,043 | 0,003 | 9 | 0,037 | 0,003 | 9 | 1,60 | 0,225 |
| Ac. Gadoleico (C20:1) (% m.s.) | 0,056 | 0,001 | 9 | 0,051 | 0,004 | 9 | 1,44 | 0,247 |

| 2003-04 | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|---|---------|-------|---|-------|--------------|
| | Poda | | | No poda | | | ANOVA | |
| | Media | EE | n | Media | EE | n | F | p |
| Productividad (g/m ²) | 399 | 125 | 6 | 488 | 99 | 9 | 0,32 | 0,582 |
| Nº bellotas/m ² | 88 | 22 | 6 | 164 | 41 | 9 | 1,99 | 0,182 |
| Peso fresco (g) | 4,6 | 0,7 | 6 | 3,4 | 0,4 | 9 | 2,68 | 0,126 |
| Humedad (%) | 43,8 | 1,4 | 6 | 41,2 | 1,2 | 9 | 2,11 | 0,170 |
| Proteína Bruta (% m.s.) | 5,4 | 0,3 | 6 | 6,1 | 0,3 | 9 | 2,70 | 0,124 |
| Grasa Bruta (% m.s.) | 7,6 | 1,2 | 6 | 9,3 | 1,3 | 9 | 0,91 | 0,357 |
| Azúcares (% m.s.) | 0,4 | 0,2 | 3 | 1,6 | 0,6 | 6 | 2,06 | 0,194 |
| Cenizas (% m.s.) | 1,1 | 0,2 | 6 | 1,6 | 0,0 | 9 | 7,31 | 0,018 |
| Ac. Palmítico (C16:0) (% m.s.) | 1,028 | 0,132 | 6 | 1,374 | 0,115 | 9 | 3,74 | 0,079 |
| Ac. Esteárico (C18:0) (% m.s.) | 0,149 | 0,037 | 6 | 0,219 | 0,035 | 9 | 1,70 | 0,219 |
| Ac. Oleico (C18:1) (% m.s.) | 4,974 | 0,676 | 6 | 6,182 | 0,606 | 9 | 1,66 | 0,224 |
| Ac. Linoleico (C18:2) (% m.s.) | 1,200 | 0,145 | 6 | 1,600 | 0,116 | 9 | 4,61 | 0,055 |
| Ac. Linolénico (C18:3) (% m.s.) | 0,052 | 0,006 | 6 | 0,073 | 0,007 | 9 | 4,00 | 0,071 |
| Ac. Aráquico (C20:0) (% m.s.) | 0,019 | 0,003 | 6 | 0,024 | 0,002 | 9 | 1,85 | 0,201 |
| Ac. Gadoleico (C20:1) (% m.s.) | 0,025 | 0,005 | 6 | 0,036 | 0,003 | 9 | 3,68 | 0,081 |

Aunque sin apenas diferencias significativas, en 2001-02 y 2003-04 los mayores contenidos (salvo en humedad y azúcares) se encuentran en árboles no podados y en 2002-03 en árboles podados (tabla 11). En 2001-02 y 2003-04 los árboles no podados presentan los mayores valores de número de bellotas y en 2002-03 lo hacen los árboles no podados.

Composición química de la bellota y su relación con el tamaño del fruto y la carga del árbol

En las tablas 12 y 13 pueden consultarse las correlaciones encontradas entre la variable peso de la semilla y diferentes variables bromatológicas. En el 2001-02 se detectan relaciones

negativas del peso con todas las variables analizadas aunque sólo son significativas para el caso de la ceniza, grasa bruta y proteína bruta (tabla 12). Si este análisis se realiza al inicio, mitad y final de la montanera encontramos que, aunque para todos los momentos el peso se relaciona de manera negativa con todas las variables bromatológicas, sólo encontramos que son significativas para las variables citadas y para aquellas bellotas recogidas en la mitad de la campaña.

En 2002-03 no se encuentran relaciones significativas del peso de la semilla con ningún componente, aunque los coeficientes tienen signo negativo para materia seca, grasa bruta y proteína bruta y signo positivo con azúcares y cenizas. El análisis segmentado por momentos a lo largo de la montanera sólo encuentra una relación significativa, la del peso con la grasa, que presenta signo positivo y sucede a mitad de montanera. Al inicio de la montanera el signo de todas las relaciones es negativo, y a la mitad y final el signo vira a positivo.

En 2003-04, la relación del peso con los diferentes componentes químicos es de carácter negativo aunque sólo es significativa para el caso de la materia seca, cenizas y proteína bruta. El análisis al inicio, mitad y final de la montanera encuentra que, en general, las relaciones del peso con diferentes variables bromatológicas para este año tienen un signo negativo, aunque en ningún caso encontramos correlaciones significativas.

Tabla 12. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y Spearman (p) entre el peso fresco de la bellota (g) y el contenido de diferentes variables bromatológicas (% materia seca) en distintas fases de las montaneras 2001-02 a 2003-04. En negrita aparecen aquellas relaciones significativas, en gris oscuro aquellas relaciones de carácter positivo y en negro aquellas de carácter negativo.

| | | Fases de la montanera | | | Todo el periodo | |
|---------|-------------|-----------------------|------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | Inicio | Mitad | Final | | |
| 2001-02 | Peso fresco | Materia seca | -0,227 (r) | -0,096 (r) | -0,076 (r) | -0,249 (r) |
| | | Azúcares | -0,143 (r) | -0,227 (r) | -0,608* (r) | -0,263 (r) |
| | | Cenizas | 0,015 (r) | -0,523* (r) | -0,014 (r) | -0,419* (r) |
| | | Grasa bruta | -0,344 (r) | -0,578 * (r) | -0,075 (r) | -0,561* (r) |
| | | Proteína bruta | -0,198 (r) | -0,458* (r) | -0,104 (r) | -0,378* (r) |
| 2002-03 | Peso fresco | Materia seca | -0,105 (r) | -0,065 (r) | -0,038 (r) | -0,102 (r) |
| | | Azúcares | -0,141 (r) | 0,094 (r) | 0,256 (r) | 0,204* (r) |
| | | Cenizas | -0,115 (r) | 0,267 (r) | 0,374 (r) | 0,168* (r) |
| | | Grasa bruta | -0,236 (r) | 0,422* (p) | 0,281 (r) | -0,133 (r) |
| | | Proteína bruta | -0,119 (r) | 0,025 (r) | 0,132 (r) | -0,081 (r) |
| 2003-04 | Peso fresco | Materia seca | -0,188 (r) | 0,079 (r) | -0,116 (r) | -0,345 (r) |
| | | Azúcares | -0,348 (r) | 0,030 (r) | -0,301 (r) | -0,233 (r) |
| | | Cenizas | 0,139 (r) | -0,122 (r) | -0,288 (r) | -0,507* (p) |
| | | Grasa bruta | -0,257 (r) | 0,150 (r) | 0,115 (r) | -0,200 (r) |
| | | Proteína bruta | -0,068 (r) | -0,269 (r) | -0,441 (r) | -0,563* (r) |

*p<0,05

Se detectan relaciones negativas y significativas entre el peso y el contenido en diferentes ácidos grasos para los años 2001-02 y 2003-04 (tabla 13). Para 2001-02, estas relaciones significativas se repiten en la bellota recogida a mediados de la montanera, aunque en general en todas las fechas el signo de la relación es negativo. En 2003-04, las relaciones suelen tener también un carácter negativo aunque se encuentran que son significativas en los tres momentos de recogida del fruto. Para 2002-03 no se encuentra ninguna relación de carácter significativo cuando consideramos todo el periodo, y además el signo negativo no es tan generalizable. Si se analizan las relaciones al inicio de la montanera encontramos signo negativo y significación para los ácidos palmítico, esteárico y linolénico. En la fase intermedia se encuentra relación significativa y positiva entre el peso y el ácido linoleico, y en la fase final con el ácido oleico.

Tabla 13. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y Spearman (ρ) entre el peso fresco de la bellota y el contenido en distintos ácidos grasos (% total m.s.) en distintas fases de las montaneras 2001-02 a 2003-04. En negrita aparecen aquellas relaciones significativas, en gris oscuro aquellas relaciones de carácter positivo y en negro aquellas de carácter negativo.

| | | Fases de la montanera | | | Todo el periodo | |
|---------|-------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Inicio | Mitad | Final | | |
| 2001-02 | Peso fresco | Ac. Palmítico (C16:0) | -0,365 | -0,665* (r) | -0,081 (r) | -0,648* (r) |
| | | Ac. Esteárico (C18:0) | -0,304 | -0,604* (r) | 0,026 (r) | -0,572* (r) |
| | | Ac. Oleico (C18:1) | -0,305 | -0,539* (r) | -0,047 (r) | -0,532* (r) |
| | | Ac. Linoleico (C18:2) | -0,402* (ρ) | -0,633* (r) | 0,045 (r) | -0,605* (r) |
| | | Ac. Linolénico (C18:3) | -0,143 | -0,576* (r) | -0,188 (r) | -0,497* (r) |
| | | Ac. Aráquico (C20:0) | -0,317 | -0,626* (r) | -0,106 (r) | -0,590* (r) |
| | | Ac. Gadoleico (C20:1) | -0,206 | -0,589* (r) | -0,104 (r) | -0,542* (r) |
| 2002-03 | Peso fresco | Ac. Palmítico (C16:0) | -0,318* (r) | 0,235 (r) | 0,291 (r) | -0,145 (r) |
| | | Ac. Esteárico (C18:0) | -0,332* (ρ) | 0,010 (r) | -0,047 (r) | -0,099 (r) |
| | | Ac. Oleico (C18:1) | -0,182 (r) | 0,267 (r) | 0,723 * (r) | -0,017 (r) |
| | | Ac. Linoleico (C18:2) | -0,265 (r) | 0,401* (r) | 0,210 (r) | 0,035 (r) |
| | | Ac. Linolénico (C18:3) | -0,431* (r) | 0,261 (r) | -0,323 (r) | -0,072 (r) |
| | | Ac. Aráquico (C20:0) | -0,236 (r) | -0,047 (r) | -0,082 (r) | -0,133 (r) |
| | | Ac. Gadoleico (C20:1) | -0,083 (r) | 0,352 (r) | 0,312 (r) | 0,112 (r) |
| 2003-04 | Peso fresco | Ac. Palmítico (C16:0) | -0,375 (r) | -0,372 (r) | -0,750* (ρ) | -0,614* (r) |
| | | Ac. Esteárico (C18:0) | -0,461 (r) | -0,415* (r) | -0,526 (r) | -0,625* (r) |
| | | Ac. Oleico (C18:1) | -0,484* (r) | -0,307 (r) | -0,680* (r) | -0,659* (r) |
| | | Ac. Linoleico (C18:2) | -0,300 (r) | -0,147 (r) | -0,528 (r) | -0,548* (r) |
| | | Ac. Linolénico (C18:3) | -0,202 (r) | 0,173 (r) | -0,109 (r) | -0,385* (r) |
| | | Ac. Aráquico (C20:0) | -0,439 (r) | -0,480* (ρ) | -0,555 (r) | -0,623* (r) |
| | | Ac. Gadoleico (C20:1) | -0,379 (r) | -0,088 (r) | -0,372 (r) | -0,547* (r) |

La productividad y el número de bellotas por metro cuadrado parecen estar también relacionadas con la composición de la bellota (tabla 14). Así en 2001-02 el número de bellotas por metro cuadrado guarda relaciones positivas y significativas con el contenido en cenizas, grasa bruta, proteína bruta y con todos los ácidos grasos salvo el linolénico.

Prácticamente todas estas relaciones son significativas aunque de carácter negativo para el peso. En 2003-04, muchas de estas relaciones se repiten. Así ocurre con el contenido en cenizas y en diferentes ácidos grasos salvo el linolénico. No son significativas, aunque el signo de la relación es positivo, las relaciones entre el número de bellotas y los contenidos en grasa y proteína bruta. Además se encuentra que la materia seca se relaciona de manera positiva con la productividad. El año 2002-03 es el año en el que se encuentra un menor número de relaciones significativas. Sólo los contenidos en materia seca y los contenidos en ácido esteárico (C18:0) presentan relaciones significativas.

Tabla 14. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y Spearman (ρ) entre la productividad de bellota, el número de bellotas por metro cuadrado y el contenido de distintas variables bromatológicas (% total m.s.) durante 2001-02 a 2003-04. En negrita aparecen aquellas relaciones significativas, en gris oscura aquellas relaciones de carácter positivo y en negro aquellas de carácter negativo.

| | | | | | | |
|---------|----------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------------|----------------|-------------------|
| 2001-02 | Nº bellotas/m ² | Materia seca | -0,031 (r) | Productividad (g/m ²) | Materia seca | -0,132 (r) |
| | | Azúcares | 0,262 (r) | | Azúcares | -0,017(r) |
| | | Cenizas | 0,599* (r) | | Cenizas | 0,561* (r) |
| | | Grasa bruta | 0,437* (r) | | Grasa bruta | 0,353* (p) |
| | | Proteína bruta | 0,434* (r) | | Proteína bruta | 0,381* (r) |
| | | C16:0 | 0,404* (r) | | C16:0 | 0,185 (r) |
| | | C18:0 | 0,471* (r) | | C18:0 | 0,320* (r) |
| | | C18:1 | 0,445* (r) | | C18:1 | 0,310* (r) |
| | | C18:2 | 0,442* (r) | | C18:2 | 0,278 (r) |
| | | C18:3 | 0,277 (r) | | C18:3 | 0,084 (r) |
| | | C20:0 | 0,588* (r) | | C20:0 | 0,454* (r) |
| | | C20:1 | 0,686* (p) | | C20:1 | 0,468* (r) |
| 2002-03 | Nº bellotas/m ² | Materia seca | 0,343* (p) | Productividad (g/m ²) | Materia seca | 0,166 (r) |
| | | Azúcares | 0,115 (r) | | Azúcares | 0,119 (r) |
| | | Cenizas | -0,035 (r) | | Cenizas | 0,011 (r) |
| | | Grasa bruta | 0,192 (r) | | Grasa bruta | 0,180 (r) |
| | | Proteína bruta | 0,068 (r) | | Proteína bruta | 0,081 (r) |
| | | C16:0 | 0,022 (r) | | C16:0 | -0,031 |
| | | C18:0 | 0,339* (p) | | C18:0 | 0,319* (p) |
| | | C18:1 | 0,176 (r) | | C18:1 | 0,142 (r) |
| | | C18:2 | 0,081 (r) | | C18:2 | 0,090 (r) |
| | | C18:3 | -0,004 (r) | | C18:3 | 0,011 (r) |
| | | C20:0 | 0,140 (r) | | C20:0 | 0,088 (r) |
| | | C20:1 | 0,108 (r) | | C20:1 | 0,103 (r) |
| 2003-04 | Nº bellotas/m ² | Materia seca | 0,415* (p) | Productividad (g/m ²) | Materia seca | 0,386* (p) |
| | | Azúcares | 0,155 (r) | | Azúcares | 0,072 (r) |
| | | Cenizas | 0,488* (r) | | Cenizas | 0,361* (r) |
| | | Grasa bruta | 0,122 (r) | | Grasa bruta | 0,151 (r) |
| | | Proteína bruta | 0,237 (r) | | Proteína bruta | 0,100 (r) |
| | | C16:0 | 0,468* (r) | | C16:0 | 0,385* (r) |
| | | C18:0 | 0,428* (r) | | C18:0 | 0,445* (p) |
| | | C18:1 | 0,485* (r) | | C18:1 | 0,383* (r) |
| | | C18:2 | 0,424* (r) | | C18:2 | 0,395* (r) |
| | | C18:3 | 0,208 (r) | | C18:3 | 0,183 (r) |
| | | C20:0 | 0,523* (r) | | C20:0 | 0,411* (r) |
| | | C20:1 | 0,471* (r) | | C20:1 | 0,455* (r) |

Relación entre componentes bromatológicos en la bellota

En la tabla 15 pueden consultarse las relaciones que se han detectado entre los componentes químicos analizados. La relación entre la grasa bruta y los azúcares es de carácter positivo, aunque sólo es significativa para 2003-04. La relación entre la proteína bruta y los azúcares totales es de signo positivo aunque sólo es significativa para 2002-03. La proteína y la grasa bruta presentan una relación positiva aunque sólo es significativa en 2001-02 y 2002-03. Las cenizas presentan una relación positiva con la grasa que es significativa en 2001-02 y 2003-04. Las cenizas presentan una relación positiva con los contenidos de proteína bruta que es significativa en 2001-02 y 2003-04.

Tabla 15. Coeficientes de correlación de Pearson entre los contenidos en grasa bruta, proteína bruta, azúcares y cenizas en bellota durante 2001-02 a 2003-04. Todos los componentes se han expresado como porcentaje sobre materia seca promediado. En negrita aparecen aquellas relaciones significativas.

| | | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Azúcares | Grasa bruta | 0,120 | 0,029 | 0,568* |
| | Proteína bruta | 0,142 | 0,420* | 0,305 |
| | Cenizas | 0,285 | 0,113 | 0,343 |
| Grasa bruta | Proteína bruta | 0,612* | 0,524* | 0,288 |
| | Cenizas | 0,548* | 0,234 | 0,552* |
| Proteína bruta | Cenizas | 0,761* | 0,130 | 0,369* |
| n | | 41 | 45 | 36 |

*p<0,05

En la tabla 16 se exponen las relaciones resultantes entre el contenido de grasa y de diferentes ácidos grasos en la bellota. Los contenidos de ácido palmítico, linoleico y linolénico presentan una relación negativa con el contenido en grasa y es significativa para 2001-02 y 2002-03. Sin embargo el signo de la relación es positivo para el caso de los ácidos esteárico y oleico aunque para el primero la significación se obtiene en 2002-03 y 2003-04 y para el segundo en 2001-02 y 2002-03. Para el ácido gadoleico la relación con la grasa tiene un sentido negativo en 2001-02 y positivo en 2002-03. No se encuentran relaciones significativas con el ácido aráquico.

Tabla 16. Coeficientes de correlación de Pearson entre los contenidos en grasa y diferentes ácidos grasos (expresados como porcentaje sobre el total de la grasa) en bellota. En negrita aparecen aquellas relaciones significativas, en gris oscuro aquellas relaciones de carácter positivo y en negro aquellas de carácter negativo.

| | Grasa | | | | | | | n |
|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|--------|----------------|----|
| | C16:0 | C18:0 | C18:1 | C18:2 | C18:3 | C20:0 | C20:1 | |
| 2001-02 | -0,455* | 0,217 | 0,510* | -0,432* | -0,341* | -0,240 | -0,521* | 41 |
| 2002-03 | -0,459* | 0,305* | 0,607* | -0,606* | -0,656* | 0,139 | 0,048 | 45 |
| 2003-04 | -0,284 | 0,497* | 0,083 | -0,173 | 0,109 | 0,114 | 0,489* | 36 |

C16:0=Ac. palmítico; C18:0=Ac. esteárico; C18:1=Ac. Oleico; C18:2=Ac. linoleico; C18:3=Ac. linolénico; C20:0=Ac. aráquico; C20:1=Ac. gadoleico.; *p<0,05

En la tabla 17 se exponen las relaciones existentes entre los contenidos de distintos ácidos grasos durante 2001-02 a 2003-04. Se han encontrado una gran cantidad de relaciones que se repiten los tres años analizados. Así, encontramos que entre el ácido palmítico y el ácido oleico se establece una relación negativa mientras que entre el ácido palmítico y los ácidos linoleico y linolénico ésta es de carácter positivo. Lógicamente pues, entre el ácido oleico y los ácidos linoleico y linolénico la relación que se detecta es de carácter negativo, y entre el ácido linoleico y linolénico la relación guarda un signo positivo. La relación entre el ácido esteárico y los ácidos linoleico y linolénico presenta un signo negativo.

Tabla 17. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y Spearman (ρ) entre los contenidos en diferentes ácidos grasos (expresados como porcentaje sobre el total de la grasa) en bellota para los años 2001-02 a 2003-04. En negrita aparecen aquellas relaciones significativas, en gris oscura aquellas relaciones de carácter positivo y en negro aquellas de carácter negativo.

| | | 2001-02 | 2002-03 | 2003-04 |
|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| C16:0 | C18:0 | -0,188 (r) | -0,213 (r) | -0,523* (r) |
| | C18:1 | -0,882* (r) | -0,759 (r)* | -0,891* (r) |
| | C18:2 | 0,523* (r) | 0,523* (r) | 0,779* (r) |
| | C18:3 | 0,562* (r) | 0,605* (r) | 0,401* (r) |
| | C20:0 | 0,122 (r) | -0,030 (r) | -0,139 (r) |
| | C20:1 | 0,113 (r) | -0,128 (r) | -0,077 (r) |
| C180 | C18:1 | 0,105 (r) | 0,214 (r) | 0,341* (r) |
| | C18:2 | -0,345* (r) | -0,450* (r) | -0,592* (r) |
| | C18:3 | -0,356* (r) | -0,380* (ρ) | -0,433* (ρ) |
| | C20:0 | 0,451* (r) | 0,511* (r) | 0,509* (r) |
| | C20:1 | 0,194 (r) | -0,394* (r) | 0,526* (r) |
| C181 | C18:2 | -0,819* (r) | -0,920* (r) | -0,913* (r) |
| | C18:3 | -0,650* (r) | -0,863* (r) | -0,585* (r) |
| | C20:0 | -0,266 *(r) | -0,128 (r) | 0,147 (r) |
| | C20:1 | -0,287* (r) | -0,200* (ρ) | -0,147 (r) |
| C182 | C18:3 | 0,570* (r) | 0,821* (r) | 0,598* (r) |
| | C20:0 | 0,028 (r) | -0,041 (r) | -0,325* (r) |
| | C20:1 | 0,215* (ρ) | 0,271* (r) | -0,026 (r) |
| C18:3 | C20:0 | 0,074 (r) | 0,020 (r) | -0,323 (r) |
| | C20:1 | 0,181 (r) | 0,133 (r) | 0,248 (r) |
| C20:0 | C20:1 | 0,859* (r) | -0,048 (r) | 0,378* (r) |
| n | | 41 | 45 | 36 |

C16:0=Ac. palmítico; C18:0=Ac. esteárico; C18:1=Ac. Oleico; C18:2=Ac. linoleico; C18:3=Ac. linolénico; C20:0=Ac. aráquico; C20:1=Ac. Gadoleico; *p<0,05

Discusión

Ecuaciones cuantitativas para predecir componentes químicos en harina de bellota fresca mediante NIRS.

El colectivo de bellotas empleadas en la calibración presenta rangos algo más amplios que los encontrados en otros trabajos similares para todos los parámetros químicos analizados (de Pedro *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2005) además de incorporar bellota de diferentes procedencias (Córdoba y Huelva) lo que podría conferirle un carácter más estable. También incorpora el hecho de que los espectros se recogieron sobre materia fresca al igual que hicieron de Pedro *et al.* (2004) por lo que la muestra requiere una menor manipulación que en el caso de Fernández *et al.* (2005), que realizaron su trabajo sobre materia seca.

Los buenos resultados obtenidos para la predicción de materia seca ($r^2=0,92$; ETVC=0,71) son esperables pues los espectros NIR presentan una gran sensibilidad a los enlaces H-O (Cozzolino, 2002). Los errores encontrados serían mayormente achacables a la pérdida de humedad que sufren las muestras en su manipulación desde que el espectro es recogido hasta que la muestra es analizada en laboratorio, cuestión también citada por Garrido *et al.* (2003).

La proteína presenta un coeficiente de predicción bueno ($r^2=0,87$), sin llegar a ser excelente lo que a juicio de trabajos como Williams (1975), Flinn y Murray (1992) y Ramos (2003), puede deberse a la dificultad de la preparación de muestras homogéneas al ser un producto con un alto porcentaje de cáscara y grasa. Frente a trabajos similares como los de De Pedro *et al.* (2004) con un $r^2=0,83$, y Fernández *et al.* (2005) con un $r^2=0,93$, presenta la robustez de un mayor rango de valores (2,0%-8,2%) aunque aporta coeficientes de determinación ligeramente inferiores y errores de validación cruzada superiores: 0,58 frente a 0,21 de De Pedro *et al.* (2004) y 0,22 de Fernández *et al.* (2005).

La grasa constituye un parámetro ampliamente analizado en productos muy heterogéneos. Los resultados obtenidos en este trabajo son peores ($r^2=0,88$; ETVC=1,27) que los obtenidos por De Pedro *et al.*, (2004) ($r^2=0,92$; ETVC=0,58) y Fernández *et al.*, (2005) ($r^2=0,96$; ETVC=0,31); aunque al igual que en el caso de la proteína encontramos un rango superior al de estos trabajos (1,0%-14,3%). Son resultados similares a los obtenidos en otros productos como aceituna entera (León *et al.*, 2003) ($R^2=0,88$; ETC=0,96), semilla de colza (Velasco *et al.*, 1999b) ($R^2=0,96$; ETC=1,85) y grasa de cerdo ibérico (De Pedro *et al.*, 1997) ($r^2=0,94$; ETVC=1,35). Los mayores errores encontrados en este trabajo podrían deberse a la

mayor cantidad de grumos que presentaban las muestras debido a su vez, a los mayores contenidos en grasa respecto al trabajo de De Pedro *et al.* (2004), con el que presenta mayores similitudes.

Las cenizas suponen un constituyente difícil de medir a través de la tecnología NIR debido a que no absorben en el infrarrojo cercano (Shenk *et al.*, 1992), al tratarse de estructuras químicas de naturaleza no orgánica (Cozzolino, 2002) por lo que trabajos como los de Portal en trigo (1999) y Ramos (2003) en bellota ($r^2=0,13$; ETVC=0,07) ofrecen bajos coeficientes de determinación. En este trabajo al igual que en el de Cozzolino (2002) que trabaja con muestras secas de diferentes alimentos, los resultados obtenidos son bastante positivos ($r^2=0,82$; ETVC=0,18).

La fibra resulta una entidad difícil de medir debido a que al igual que las cenizas constituye una estructura química con una gran complejidad de enlaces. En este caso los resultados obtenidos no son buenos ($r^2=0,13$; ETVC=0,17). Sin embargo Garrido *et al.* (2000) afirma que la tecnología NIRS puede predecirla con total seguridad. De hecho Kays (1996) en cereales y productos derivados presentan unos coeficientes de determinación de 0,98 y errores típicos de validación cruzada de 1,67.

La ecuación desarrollada para predecir los contenidos en azúcares (sacarosa) presenta buenos resultados ($r^2=0,87$; ETVC=1,03), mejores que los obtenidos por Ramos (2003) en bellota fresca con un coeficiente de determinación de 0,56 y un error típico de validación cruzada de 0,59. Es un resultado similar al encontrado en frutas como pera y melocotón por Kawano *et al.* (1992) ($r^2=0,94$ y ETVC=0,57)

La identificación individual de diferentes ácidos grasos presenta el inconveniente de que es el mismo grupo molecular (-CH₂) el que absorbe la radiación NIR (Ramos, 2003). El ácido palmítico (C16:0) constituye el tercer ácido graso en importancia en la bellota. En el presente trabajo se detectan unos resultados ($r^2=0,82$ y ETVC=0,21) mejores que los obtenidos por De Pedro *et al.* (2004) ($r^2=0,65$ y ETVC=1,14), y Fernández *et al.* (2005) ($r^2=0,68$ y ETVC=0,71). De Pedro *et al.* (1997) en grasa líquida de cerdo ibérico obtienen un coeficiente de determinación muy superior ($r^2=0,94$), aunque León *et al.* (2003) en aceituna entera obtiene unos valores muy inferiores y similares al resto de trabajos ($r^2=0,58$ y ETC=1,28).

Los resultados obtenidos para el ácido esteárico (C18:0) son similares ($r^2=0,86$ y ETVC=0,05) a los obtenidos por De Pedro *et al.* (2004) que aporta un coeficiente de determinación de 0,85 y un error típico de validación cruzada de 0,44. En ambos casos se posee una capacidad de predicción buena. Ambos resultados son claramente superiores a los

obtenidos por Fernández *et al.* (2005) en bellota molida y desecada ($r^2=0,34$ y $ETVC=0,35$). Velasco *et al.* (1999c) en semilla de colza intacta obtiene unos resultados inferiores para un producto con unos niveles de este ácido similares ($r^2=0,69$ y $ETVC=0,38$), y León *et al.* (2003) en aceituna intacta unos resultados muy inferiores ($r^2=0,02$ y $ETVC=0,68$). De Pedro *et al.* (1997) en grasa líquida de cerdo ibérico obtiene unos resultados similares también ($r^2=0,83$ y $ETVC=0,49$).

El ácido oleico (C18:1) es el que tiene un mayor peso en la composición de la grasa y el que confiere buena parte de las propiedades de los productos del cerdo ibérico, al propiciar una grasa que funde a una temperatura ambiente y que permite una mejor infiltración de los sabores. Los resultados obtenidos en este trabajo ($r^2=0,89$ y $ETVC=0,78$), son mejores que los aportados por Ramos (2003) con unos coeficientes de determinación de 0,62 y un error típico de validación cruzada de 2,15, que no permiten más que distinguir entre valores altos medios y bajos. En bellota desecada Fernández *et al.* (2005), obtienen unos resultados también inferiores ($r^2=0,76$ y $ETVC=1,20$). En grasa líquida los resultados son claramente superiores a los nuestros ($r^2=0,95$ y $ETVC=0,56$) como puede comprobarse en De Pedro *et al.* (1997). En semilla intacta de girasol (Velasco *et al.*, 1999a), colza (Velasco *et al.*, 1999c) y aceituna (León *et al.*, 2003), los resultados son algo mejores ($r^2=0,91$; $r^2=0,90$; $r^2=0,77$ respectivamente), probablemente porque se trata de un producto de mayor homogeneidad.

El ácido linoleico (C18:2) es el segundo ácido graso en importancia en este producto. Los resultados obtenidos ($r^2=0,89$ y $ETVC=0,20$) son superiores a los obtenidos por De Pedro *et al.* (2004) también en bellota molida y fresca ($r^2=0,63$ y $ETVC=1,3$), y similares a los encontrados por Fernández *et al.* (2005) en bellota desecada y molida ($r^2=0,86$ y $ETVC=0,73$). En aceituna intacta (León *et al.*, 2003) y en colza (Velasco *et al.*, 1999c), los resultados son similares a los obtenidos por Fernández *et al.* (2005) con un coeficiente de determinación de 0,81 para la aceituna y de 0,78 para la colza. En grasa líquida de cerdo Ibérico los resultados son muy superiores ($r^2=0,93$ y $ETVC=0,33$) como indican De Pedro *et al.* (1997).

El ácido linolénico (C18:3) es el quinto ácido graso en importancia habiéndose obtenido en este trabajo una buena capacidad de predicción ($r^2=0,77$ y $ETVC=0,01$). De Pedro *et al.* (2004) obtiene para este ácido una predicción excelente ($r^2=0,91$ y $ETVC=0,13$). Velasco *et al.*, (1999c) obtienen en semilla de colza intacta resultados similares a los nuestros ($r^2=0,70$ y $ETVC=1,53$).

El ácido aráquico (C20:0) obtiene unos resultados similares ($r^2=0,82$ y $ETVC=0,01$) a los obtenidos por De Pedro *et al.* (2004) ($r^2=0,84$ y $ETVC=0,05$). Para el ácido gadoleico

(C20:1) este trabajo obtiene unos resultados mejores ($r^2=0,76$ y $ETVC=0,01$) que los obtenidos por Ramos (2003) ($r^2=0,52$ y $ETVC=0,05$), y que los encontrados en semillas de colza intactas por Velasco *et al.* (1999c) ($r^2=0,37$ y $ETC=3,73$).

Las ecuaciones obtenidas en este trabajo presentan una capacidad de predicción buena o excelente para los parámetros materia seca, proteína bruta, grasa bruta, fibra, azúcares totales y cenizas y para los diferentes ácidos grasos. El trabajo realizado por De Pedro *et al.* (2004) presenta mejores coeficientes de determinación para la materia seca y grasa bruta, aunque el rango de los datos es algo inferior, debido quizás al empleo de material procedente de una sola zona (Huelva) frente a la mayor variedad utilizada en el actual (Huelva y Córdoba). El trabajo de Fernández *et al.* (2005) realizado sobre harina de bellota desecada presenta mejores coeficientes de determinación que el actual trabajo y que el realizado por De Pedro *et al.*, (2004) para proteína bruta y grasa bruta y similares para los distintos ácidos grasos analizados. Los errores de dicho trabajo son algo inferiores a los obtenidos a partir de harina húmeda. Estos mejores resultados podrían explicarse debido a que el material empleado está desecado y por tanto eliminamos la interferencia de la humedad.

Variaciones temporales en la composición química de la bellota de encina

La humedad en la bellota es un parámetro que oscila en función de las condiciones meteorológicas que acaecen durante el periodo de diseminación de la semilla. Así en este estudio ésta es superior en los años 2002-03 ($41,8\% \pm 0,3\%$) y 2003-04 ($42,0\% \pm 0,4\%$), caracterizados por unos meses de noviembre y diciembre más lluviosos, que en el 2001-02 ($39,3\% \pm 0,2\%$). El trabajo realizado por Fernández *et al.* (2005) en 2003-04 en la misma comarca obtiene resultados muy similares con valores medios de 44% (mínimos de 39,06% y máximos de 55,39), mientras que el trabajo de Sánchez (2002) realizado en condiciones de pluviometría muy abundantes (año 1999-00) en la provincia de Huelva, obtiene valores medios de 41,5%.

La humedad tiende a disminuir a medida que se desarrolla la montanera para los tres años analizados, como también ocurre en otros trabajos como los de Bonner y Vozzo, (1987), Sánchez (2002), López-Carrasco *et al.* (2005), Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) y Tejerina *et al.* (2011). Bonner y Vozzo (1987), Vázquez (1998) y Connor *et al.* (1996) indican que posteriormente a la maduración ocurre la etapa de deshidratación en la que se interrumpe la conexión vascular con la planta madre, y la semilla pierde paulatinamente agua, lo que se traduce en una gradual reducción del metabolismo. Además Bonner y Vozzo (1987) en white

oak y water oak y López-Carrasco *et al.* (2005) en encina, observan que a la vez que la humedad disminuye, el valor del peso seco se incrementa indicando que se está produciendo una deposición de reservas en las semillas. A esta pérdida de humedad paulatina contribuye el que normalmente las precipitaciones son mayores en otoño que en invierno. En cualquier caso en la evolución de la humedad influye tremendamente la meteorología y particularmente las precipitaciones (Vázquez *et al.*, 2001), pues como puede verse en el trabajo de Sánchez (2002) caracterizado por unas intensas lluvias durante el otoño y el invierno, aunque la tendencia de la humedad es a disminuir, las diferencias entre el inicio y el final de la montanera no son significativas.

La bellota es considerada un alimento no proteico, y además aproximadamente una cuarta parte de esos contenidos se encuentran ligados a la pared celular, lo que reduce su digestibilidad en especies no rumiantes (Ramos, 2003). Los datos encontrados en este trabajo indican que sus contenidos varían entre años oscilando entre el 5,8% de 2002-03 y los 5,3% de 2001-02. Si comparamos estos datos con los ofrecidos por Fernández *et al.* (2004 y 2005) en la misma zona, los resultados y las tendencias son similares (6,2% para el 2002-03 y 5,7% para el 2003-04). Ambos resultados son claramente superiores a los encontrados por Sánchez (2002) en Huelva en 1999-00 (2,1%-4,7%), y por López-Carrasco *et al.* (2005) en el mismo trienio (2001-02 a 2003-04) en dehesas de Toledo (3,5%-5%). La existencia de diferencias entre años también es citada por López-Carrasco *et al.* (2005) y por Tejerina *et al.* (2010).

En este trabajo los contenidos en proteína bruta evolucionan de manera algo diferente en función del año analizado. Aumentan desde el inicio hasta el final para 2001-02 (sin diferencias significativas) y 2003-04 y aumentan hasta las fechas centrales para luego disminuir en 2002-03. López-Carrasco *et al.* (2005) encuentran los menores contenidos en proteína al inicio de la montanera, siendo estos marcadamente diferentes al resto, aunque al igual que ocurre en este trabajo, existen años en que los contenidos aumentan desde el inicio hasta el final (2002-03) y otros en que este aumento se produce hasta las fechas centrales (2001-02 y 2003-04). Para Sánchez (2002) el contenido en proteína de la bellota permanece prácticamente constante a lo largo de la montanera, y para Fernández *et al.* (2004) los contenidos en proteína en bellota inmadura son mayores que en bellota madura. Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) también encuentran mayores contenidos en proteína al final de la montanera. Bonner y Vozo (1987) en diferentes especies de robles (Water oak) encuentran que las fracciones de nitrógeno declinan lentamente durante el crecimiento y maduración, pero en bellota habría que considerar también que parte de las proteínas que contiene la semilla en forma de taninos se solubilizan produciendo ese incremento (Vázquez *et al.*, 2001,

Tejerina *et al.*, 2011). De hecho Almeida (1992), encuentra una disminución de la cantidad de taninos a medida que la semilla madura desde un 10% en el mes de septiembre a un 4% en el mes de noviembre, y Tejerina *et al.* (2011) encuentra un 11,5% de taninos hidrolizables a mediados de noviembre y un 9,5% a finales de enero. En este estudio los mayores incrementos de proteínas se producen en la montanera más lluviosa (2003-04).

La cantidad y composición de la grasa de la bellota es una de las características que confieren al cerdo ibérico la calidad diferencial en sus canales y productos derivados. Como puede observarse en resultados, sus contenidos varían entre años de una manera considerable, encontrando los mayores contenidos en 2002-03 (el año de menos producción) con valores medios de 11,2%, y los menores en 2003-04, el año de más producción con valores medios de 8,8%. También López-Carrasco *et al.* (2005) obtienen diferencias entre años alcanzando los mayores valores en 2002-03 (10,4%), que es el año de menos producción, y los menores en 2003-04 (9,5%) que es el año de mayor producción. Tejerina *et al.* (2010) también encuentran diferencias en esta variable entre años (6,4%-7,6%). Los valores medios aportados por estos autores serían ligeramente inferiores a los encontrados en el presente trabajo. Los resultados que ofrecen Fernández *et al.* (2004 y 2005) en la misma zona son muy similares en valores y tendencias a los aquí expuestos (10,8% en 2002-03 y 8,9% en 2003-04), y claramente superiores a los encontrados por Sánchez (2002) en Huelva en 1999-2000 con un 6,1% de media. En general los valores medios superan a los encontrados para alcornoque que estarían entre el 5,5% (Gago, 1989) y el 8,5% (Aparicio, 1987).

En este trabajo se detecta que los contenidos de grasa parecen aumentar desde las fechas iniciales hasta las finales, aunque podrían disminuir algo en las fechas finales. Así también lo exponen López-Carrasco *et al.* (2005) aunque ellos encuentran diferencias más marcadas en contenidos entre el inicio de la montanera y el resto. Así las bellotas recogidas en el mes de octubre presentan un 35% menos de grasa que la media. Estas diferencias entre la pre-montanera y la montanera también son puestas de manifiesto por Almeida *et al.* (1992), que encuentra porcentajes de grasa del 5% en septiembre, 8% en octubre y 9% en noviembre y Tejerina *et al.* (2011). Sánchez (2002) no encuentra diferencias significativas entre fechas de recogida aunque los contenidos de grasa tienden a aumentar desde el inicio hasta las fechas centrales de la montanera para luego disminuir. Para Bonner y Vozo (1987) el contenido en grasa en diferentes especies de robles (Red Oak) aumenta desde el inicio del periodo de diseminación hasta el final. En cualquier caso, las principales diferencias parecen ocurrir antes de que comience la diseminación de la bellota.

En animales monogástricos como el cerdo, alimentados con raciones ricas en grasa (como es el caso de la bellota), predomina la deposición de los ácidos grasos del alimento sobre la deposición de grasa de síntesis endógena, por lo que la composición de la grasa del animal va a ser un reflejo de la composición de la grasa de la alimentación recibida, y de ahí la fuerte influencia de la bellota sobre la calidad final de la misma (Ruiz *et al.*, 2002). Además, la característica monocavitaria del estómago del cerdo provoca que no se modifiquen químicamente las grasas que ingiere el animal, y por tanto sus depósitos grasos son fiel reflejo del tipo de grasa ingerida (Cava *et al.*, 1999). Las variaciones de los contenidos para diferentes ácidos grasos van a verse afectados por el año, el árbol y la fecha de recogida por lo que la composición de la grasa de los cerdos ibéricos, va a verse afectada también. Aparicio (1987) indica que el mayor o menor aporte de un determinado ácido graso puede afectar al contenido de los otros. Así, el consumo de bellotas con una mayor cantidad de linoleico puede tener una repercusión negativa sobre la cantidad de oleico y palmítico, y positiva sobre la cantidad de esteárico modificando el perfil de ácidos de la grasa (Aparicio, 1987).

La principal característica de la grasa de la bellota es su elevado contenido en ácido oleico, en nuestro caso con valores medios comprendidos entre el 5,89%-7,22% del total, con mínimos de 2,72% y máximos de 9,01%, habiéndose encontrado diferencias entre años. Si los resultados se expresan como porcentaje respecto del total de la grasa encontramos valores medios comprendidos entre el 64,41-65,70% con mínimos de 56,38% y máximos de 68,56%. Los valores medios obtenidos por Fernández *et al.* (2005) en la misma zona alcanzan valores muy parecidos: medias de 63,55%, mínimos de 53,30% y máximos de 70,6%. Sánchez (2002) con muestras de Huelva encuentra resultados muy similares con valores medios de 65,5%, mínimos de 52,2% y máximos de 73,3%. López-Carrasco *et al.* (2005) encuentran valores medios ligeramente inferiores (desde 53,6% en 2003-04 a los 62,5% de 2001-02), habiéndose encontrado diferencias entre años.

El segundo ácido en importancia es el linoleico, que representa entre el 1,39% (2001-02) y el 1,81% (2002-03) del total, habiéndose encontrado diferencias significativas entre años. Si los resultados se expresan como porcentaje sobre la grasa los valores van desde el 15,23% (2001-02) al 16,44% (2002-03). Estos rangos son similares a los encontrados por Fernández *et al.* (2005) en la misma zona (15,8%), Sánchez (2002) en Huelva (13,8%) y FEDNA (1999) con un 16%. Para López-Carrasco *et al.* (2005) los valores oscilan entre los 12,2 de 2003-04 a los 18,2 de 2001-02, habiendo encontrado también diferencias entre años.

El tercer ácido en importancia es el palmítico que representa entre el 1,33% (2003-04) y el 1,52% (2002-03) del total, habiéndose encontrado diferencias significativas entre años. Si estos valores se expresan sobre el total de la grasa los valores se mueven entre el 13,71% (2002-03) y 15,04% (2001-02), con mínimos del 12,25% y máximos del 18,28%. Fernández *et al.* (2005) en la misma zona y en 2002-03 encuentra valores ligeramente superiores con medias de 15,65%, máximos de 19,3% y mínimos de 12%. Sánchez (2002) en Huelva (2000-01) encuentra valores medios similares en torno al 14,94%. López-Carrasco *et al.* (2005), en cambio encuentra valores claramente superiores que van desde un 16,3% en 2001-02 a 20,6% en 2003-04, y con diferencias significativas entre años. Unas diferencias tan apreciables tanto entre años como entre zonas para este ácido pueden ser de importancia pues se trata de uno de los cuatro ácidos que se utilizan para la clasificación de un cerdo como de bellota, recebo o pienso.

El cuarto ácido en importancia sería el esteárico, que representa un porcentaje entre el 0,22% (2003-04) y el 0,33 (2002-03) respecto del total. Si lo expresamos sobre el porcentaje de grasa los valores oscilarían entre el 2,24% y 3,43% con mínimos de 2,01 y máximos de 4,62%. El rango es similar al encontrado por Fernández *et al.* (2005) con un 2,8% y Sánchez (2002) en Huelva con 3,5%, aunque en este último caso podemos encontrar máximos de hasta 7,0%. Para López-Carrasco *et al.* (2005) también los valores son similares, oscilando entre los 3,3% de 2001-02 a 4,2% de 2003-04 habiéndose encontrado diferencias entre años.

El quinto ácido en importancia sería el linolénico con valores medios entre 0,72%-0,85% sobre el total de la grasa. Si lo expresamos sobre el porcentaje de grasa los valores oscilarían entre el 0,72% y 0,85%. Fernández *et al.* (2005), obtienen valores medios de 0,91%, resultados en todo caso similares a los obtenidos por Sánchez (2002) con un 0,7% y en torno al 1% como indican Lopez Bote *et al.* (1998) y FEDNA (1999).

Entre los ácidos grasos más minoritarios encontramos el aráquico con valores entre 0,26-0,45% respecto del total de la grasa, valor similar al obtenido por Fernández *et al.* (2005) (0,37%). Para el ácido gadoleico encontramos valores entre 0,36%-0,61% sobre el total de la grasa, cuantías similares a las obtenidas por Fernández *et al.* (2005) (0,49%).

La evolución del contenido en diferentes ácidos grasos ha sido objeto de estudio por distintos autores. Cuando analizamos los contenidos de los ácidos grasos sobre el total de materia seca, encontramos que existe una gran diferencia entre fechas iniciales y el resto pues en las primeras encontramos los menores contenidos. Sin embargo para el año 2002-03 los mayores valores los encontramos en las fechas medias y en 2001-02 y 2003-04 en fechas finales.

Si analizamos el contenido de los ácidos grasos sobre el total de la grasa encontramos una evolución diferente. Así el ácido palmítico tiende a disminuir conforme se desarrolla la montanera en 2002-03, mientras que para el 2001-02 y 2002-03 no existen diferencias significativas, aunque en ambos casos los menores valores se encuentran en la mitad del periodo. López-Carrasco *et al.* (2005), Rodríguez-Estévez *et al.* (2009), y Tejerina *et al.* (2011) encuentran que los contenidos en palmítico disminuyen desde el inicio al final de la montanera, mientras que para Sánchez (2001) aumenta.

El ácido esteárico sigue cada año un comportamiento diferente. Así 2001-02 es el único año en el que se encuentran diferencias significativas, encontrando los mayores valores al final y los menores a la mitad de la montanera. En 2002-03 y 2003-04 no se detectan diferencias significativas aunque en 2003-04 los contenidos parecen incrementarse desde el inicio hasta el final. Para López-Carrasco *et al.* (2005) y Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) los contenidos en esteárico tienden a disminuir mientras que para Sánchez (2002) tienden a aumentar. Tejerina *et al.* (2011) no encuentra diferencias significativas entre fechas de recogida.

El ácido oleico también sigue cada año un comportamiento diferente aunque no se detectan diferencias significativas en ninguno. En 2001-02 y 2002-03 los contenidos tienden a disminuir mientras que en 2003-04 los mayores contenidos se obtienen en la mitad del periodo y los menores al final. Para Sánchez (2002), Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) y Tejerina *et al.* (2011) los contenidos en oleico tienden a disminuir, mientras que para López-Carrasco (2005) aumentan.

El ácido linoleico sigue un comportamiento diferente cada año de muestreo aunque sólo se encuentran diferencias significativas para 2001-02. En este caso los mayores contenidos se encuentran en la mitad de la montanera, y los menores al inicio. En 2002-03 la evolución es ascendente y en 2003-04 los mayores contenidos se detectan al inicio y los menores a la mitad. Para Sánchez (2002) y Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) los contenidos en ácido linoleico aumentan a medida que avanza la montanera mientras que para López-Carrasco (2005) no hay diferencias significativas, aunque la evolución es similar a la que ocurre en 2003-04 en el presente trabajo. Para Tejerina *et al.* (2011) los valores de este ácido cambian durante la montanera aunque sin seguir ninguna tendencia.

El ácido linolénico tiende a incrementarse a medida que se desarrolla la montanera aunque sólo se encuentran diferencias significativas en 2003-04. También Sánchez (2002) y Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) encuentran una evolución similar. Tejerina *et al.* (2011) no encuentra diferencias significativas entre fechas de recogida

Para los ácidos aráquico y gadoleico no se detectan diferencias significativas como también le ocurre a Rodríguez-Estévez *et al.* (2009). Tejerina *et al.* (2011) no encuentra diferencias significativas para el primero, pero sí para el ácido gadoleico encontrando los mayores valores al inicio y al final y los menores en fechas medias.

Connors *et al.* (1996) indican que además del grado de maduración, el grado de desecación influye en la composición de ácidos grasos de las semillas no siempre en el mismo sentido ni de la misma manera en función de la especie e individuo, lo que quizás podría explicar esta gran variedad de tendencias.

El comportamiento algo diferente que presenta la evolución de los contenidos de grasa, ácidos grasos y proteína bruta en la montanera 2002-03 podría deberse a que comienza muy temprano, por lo que quizás las diferencias entre la bellota recogida en fechas iniciales y medias no es tan evidente, y sin embargo se enfatizan las diferencias entre bellotas recogidas en fechas iniciales y medias con las recogidas en fechas finales, en relación a los otros dos años de muestreo.

Los azúcares y carbohidratos de reserva constituyen uno de los componentes prioritarios de la bellota representando gran parte del peso seco de la misma. El almidón supone entre el 55,0-63,5% de la materia seca no existiendo diferencias en sus contenidos entre años. Los resultados son similares aunque levemente inferiores a los obtenidos por Fernández *et al.* (2005) que encuentran valores medios de 61,96% en 2003-04, y Almeida *et al.* (1992) con un 62,9%, y superiores a los recogidos en FEDNA (1999) que aportan valores de 43%. Los contenidos en azúcares (sacarosa) oscilan mucho entre años encontrando los mayores valores en 2001-02 (6,7%) y los menores valores en 2003-04 (1,4%), el año más lluvioso. Fernández *et al.* (2005) obtiene valores superiores (4,8%) para este último año y en la misma zona, aunque son inferiores en cualquier caso a los obtenidos en 2001-02 y 2002-03. Sánchez (2002), en Huelva en muestras recogidas en una montanera muy lluviosa, obtiene valores muy similares a los nuestros (1,3%), y Agustí *et al.* (2003) indican que las lluvias abundantes, pueden reducir los contenidos en azúcares. No se descarta tampoco que debido a la alta humedad que tenían las muestras en 2003-04, especialmente en los inicios de la montanera, se hubiera producido algún tipo de fermentación que hubiera degradado los azúcares previamente a la recogida de su espectro. El azúcar más importante en la bellota es la glucosa con un 3,3-3,4% sobre materia seca no existiendo diferencia entre años.

Los contenidos en azúcares (sacarosa) parecen ser máximos al inicio de la montanera para ir disminuyendo progresivamente en 2001-02 y 2002-03. Por el contrario en 2003-04 los contenidos en azúcares son mínimos al inicio de la montanera para ir progresivamente

umentando. Sánchez (2002) también encuentra los máximos valores de azúcares al inicio de la montanera para ir disminuyendo progresivamente. En cambio Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) encuentra valores marcadamente superiores al final de la montanera. Almeida *et al.* (1992) analizando la premontanera encuentra en septiembre porcentajes de 9%, 10% en octubre y 13% en noviembre pero en este caso las fechas finales podrían ser las iniciales de Sánchez (2002) y de este trabajo. Bonner y Vozzo (1987) encuentran que los azúcares solubles disminuyen desde el inicio del periodo de diseminación hasta el final mientras que los insolubles aumentan preparándose para su función principal que es ser utilizados en la germinación. En cualquier caso, los carbohidratos son utilizados como fuente de energía y por tanto pueden degradarse a componentes más simples en función de las necesidades de energía.

Los contenidos en cenizas varían entre años oscilando entre el 1,5% de 2003-04 y el 2,1% del 2002-03. Son valores similares aunque algo inferiores a los encontrados por Fernández *et al.* (2005) en la misma zona (2,2 %). López-Carrasco *et al.* (2005), encuentran valores que oscilan entre los 1,8%-2,0% detectando también diferencias significativas entre años.

Para el caso de las cenizas, el análisis de la varianza no detectó diferencias significativas entre fases de la montanera. Sin embargo la tendencia es que en todos los años los contenidos aumenten a medida que se desarrolla la campaña siendo máximos en las fechas finales, hecho que también encuentran Rodríguez-Estévez *et al.* (2009) y Tejerina *et al.* (2011). Sin embargo López-Carrasco *et al.* (2005), encuentran los mayores contenidos hacia la mitad de la montanera siendo mínimos al inicio y al final, lo que también es encontrado por Sánchez (2002). Fernández *et al.* (2004), sin embargo, encuentra un mayor contenido en cenizas en bellota inmadura que en madura. El contenido en cenizas va ligado a la evolución del peso seco (Fenner, 1983), y éste se sigue incrementando hasta un mes después que el peso húmedo, indicando que durante la deshidratación se siguen acumulando reservas (Bonner y Vozzo, 1987), por lo que el incremento en cenizas se puede extender hasta finales de la montanera.

La bellota entera tiene un contenido apreciable en fibra (25% según Fedna, 1999), como consecuencia de que alrededor del 30% del fruto corresponde a la cáscara. La bellota decortificada posee un contenido en fibra lógicamente menor que en nuestro caso oscila entre el 2,4% de 2001-02 y 2003-04 y el 2,7% de 2002-03. Existen diferencias entre años alcanzando los mayores valores el año en que la bellota presenta el mayor tamaño. Estos valores son superiores a los aportados por López-Carrasco *et al.* (2005) que encuentra valores entre

0,81%-1,06% y a los encontrados por Tejerina *et al.* (2011) (0,053%-0,12%). Para López-Carrasco *et al.* (2005) también los mayores contenidos en fibra se alcanzan el año en que la bellota alcanza un mayor tamaño. Fernández *et al.* (2005), en la misma zona encuentra valores similares a los aquí ofrecidos (2,5%) y similares a los aportados por Aparicio (1987) y Gago (1989).

En la figura 8 se trata de sintetizar la evolución de la composición química de la bellota durante la montanera a la luz de todos los resultados expuestos, aunque con todas las matizaciones necesarias, pues como se ha visto ésta no se produce de idéntica manera todos los años al estar afectada por una gran cantidad de variables. Así, los contenidos en grasa bruta, ácidos grasos, proteína bruta y cenizas parecen incrementarse y los contenidos en humedad y azúcares parecen disminuir con el desarrollo de la montanera.

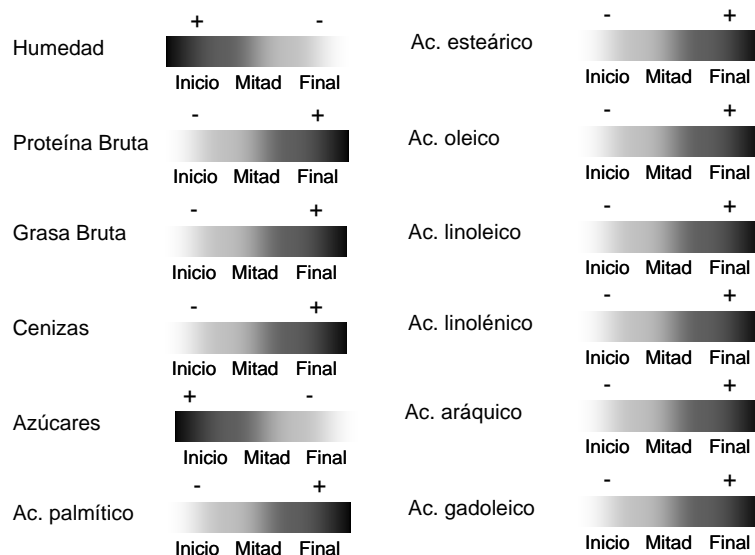


Figura 8. Evolución de la composición química de la bellota de encina durante la montanera

Composición química de la bellota y su relación con el tamaño del fruto y la carga del árbol

Son abundantes los trabajos que ahondan en las relaciones entre el peso de la semilla o fruto, la producción y su composición química en especies cultivadas (consultar por ejemplo Bliss *et al.*, 1973 en frijol; Erskine *et al.*, 1985, en lenteja, Pires *et al.*, 1998 en cacao, y Rotundo *et al.*, 2009 en soja), y mucho más escasos los realizados en especies silvestres (Agüero, 2009 en *Prosopis*).

En este trabajo se ha encontrado que el año en el que existe un menor número de bellotas y éstas son de mayor tamaño (2002-03), los contenidos en proteína bruta, grasa bruta, cenizas y diferentes ácidos grasos son mayores. Goldschmidt y Golomb (1982), trabajando en cítricos, citan que los contenidos de diferentes componentes químicos por fruto son generalmente dependientes del número total de unidades presentes en la planta, y que si éste es reducido, la concentración de nutrientes por fruto es mayor. Por tanto y en un contexto plurianual, bellotas de mayor peso parecen tener mayor contenido en proteína bruta, grasa bruta, cenizas y algunos ácidos grasos como el palmítico, oleico, linoleico, linolenico y en menor medida el esteárico, aráquico y gadoleico. Otros trabajos, como el de Pahlavani *et al.* (2008), encuentra en semilla de algodón relaciones positivas entre el tamaño de la semilla y el contenido en grasa, y Xinhai *et al.* (1999), en soja, con los contenidos en proteína.

Sin embargo, analizando por separado cada campaña, hemos encontrado en dos de las tres campañas, que existe una relación negativa entre el peso de la semilla y el porcentaje de materia seca, proteína bruta, grasa bruta, cenizas y los diferentes ácidos grasos, resultado contrario a lo apuntado al comienzo en un análisis plurianual. Además, estos años encontramos una relación positiva entre estos componentes químicos y el número de bellotas en el árbol. Es decir, a mayor número de bellotas por árbol, menor tamaño de éstas y mayor contenido en nutrientes. La existencia de relaciones de diferente signo entre el peso de la semilla y la composición química, han sido puestas de manifiesto en diversos trabajos. Por citar algunos de ellos, Saxena *et al.* (1987) en la especie *Cajanus cajan*, Tashiro *et al.* (1990) en sésamo, Johanson *et al.* (1997) en bayas comestibles, Buffo *et al.* (1998) en sorgo y Edwards *et al.* (2010) en soja, encuentran que la relación entre el contenido en proteína y grasa bruta con el tamaño de la semilla es de carácter negativo y significativa. Geater y Fehr (2000) en soja, encuentran relaciones negativas entre la suma de los contenidos de grasa y proteína y el tamaño, y entre los contenidos en azúcares y el tamaño de la semilla. Liu *et al.* (1995), Maestri *et al.* (1998) y Zhang *et al.* (2008) encuentran que el tamaño de la semilla se relaciona de manera negativa con los contenidos en linoleico y linolénico, y Khorshidi *et al.* (2004) con los contenidos en ácidos palmítico y linolénico.

Además, Maestri *et al.* (1998) y Marega *et al.* (2001) en soja, no encuentran relaciones entre el tamaño y los contenidos en grasa y proteína de la semilla, por lo que la relación entre tamaño del fruto/semilla, producción y composición química no es tan evidente, depende de cada especie y debe ser matizada en función de las condiciones ambientales.

Nuestros resultados sugieren que, en condiciones de recursos limitados en el medio (como ocurre en las dehesas) y de reservas escasas en el árbol, existe una relación negativa

entre el peso de la bellota y su composición química en general y esto ocurre en las campañas 2001-02 y 2003-2004. Se sabe que los frutos son los sumideros más potentes de un árbol frutal y cabe pensar que, cuanto mayor sea el número de éstos, mayor será la capacidad de movilizar elementos minerales desde el suelo y desde otros órganos de la planta. Por tanto, cuando hay más bellotas en el árbol mayor será la cantidad de elementos minerales movilizados. Pero también será mayor la competencia entre ellos, en especial por los productos de la fotosíntesis, lo que limita su tamaño final. Teniendo en cuenta que los azúcares totales, lípidos y parte de las proteínas (proteínas de reserva) constituyen diferentes formas de almacenamiento de energía y que las proteínas son fundamentales para el correcto funcionamiento de los distintos procesos metabólicos que tienen lugar durante la germinación y establecimiento de las plántulas, parece que el año en el que el árbol dirige más esfuerzos a reproducción y en el que es de esperar que exista una mayor competencia entre bellotas, trata de acondicionar mejor a todas las semillas para propiciar una buena capacidad de establecimiento a la mayor parte de ellas.

Sin embargo, en situaciones de abundancia de reservas o recursos esta relación puede no ser tan evidente, y así, en el año 2002-03, tras un año de buena cosecha aunque con un número no muy elevado de bellotas, apenas se encuentran relaciones entre el peso de la bellota, su número y la composición química y, cuando las hay, son de signo diferente a la de los otros dos años. Esta idea está en consonancia con los argumentos esgrimidos por algunos autores al estudiar la relación entre tamaño y número de frutos/semillas, quienes sostienen que, si los recursos existentes o las reservas almacenadas en la planta son abundantes, el tamaño de la semilla, independientemente de la cantidad producida va a ser mayor (Bonner y Bozo, 1987; Silvertown, 1989; Venable, 1992). Algo similar puede ocurrir con la composición química, pudiendo encontrar bellotas con una gran riqueza de nutrientes en años de cosechas altas y con pesos de bellota elevados, siendo esto indicativo de la existencia de una alta disponibilidad de recursos en el medio y/o reservas en el árbol.

Por tanto, parece que, en general, existe una relación negativa entre el peso de la bellota y la composición química, que puede perder intensidad en situaciones de abundancia de recursos/reservas.

Influencia de la poda en la composición de la bellota

La poda no parece tener un efecto significativo sobre la composición química de la bellota, pero en la medida que afecta al número de bellotas que porta el árbol y a su tamaño,

puede alterar la competencia entre bellotas y por tanto la concentración de los nutrientes en la misma. Así, un año después de la ejecución de la poda, la bellota de estos árboles presenta menores valores medios de todos los componentes químicos analizados (menos del ácido aráquico), aunque las diferencias sólo han resultado significativas para el ácido esteárico. Dos años después de la poda, la tendencia se invierte, ya que aumenta el número de bellotas en los árboles podados, en relación a la que se recogen en los árboles testigo, disminuyendo su peso y por tanto aumentando la concentración de los nutrientes.

Relación entre componentes bromatológicos en la bellota

También podría resultar de interés, analizar las relaciones entre diferentes componentes químicos, pues la variación en los contenidos de algunos nutrientes, puede afectar a los contenidos de otros. En este trabajo se ha encontrado que las relaciones entre el contenidos en proteína y grasa bruta, y proteína y azúcares son de carácter positivo. En general, las relaciones entre los contenidos en proteína y grasa, y proteína y azúcares para distintos productos son de carácter negativo (Dornbos y Mullen, 1992; Hymowitz *et al.*, 1992; Hartwig *et al.*, 1997; Geater y Fehr, 2000; Marega *et al.*, 2001; Shanmugasundaram *et al.*, 2001), aunque también encontramos trabajos en los que éstas son positivas o no significativas (Liu *et al.*, 1995; Maestri *et al.*, 1998; Edwards *et al.*, 2010).

Estos resultados, aparentemente contradictorios, pueden deberse a distintas situaciones en las que pueden encontrarse las plantas durante la fase de llenado y maduración del fruto. Así por ejemplo, si persisten unas condiciones de estrés durante la fase de llenado, puede disminuir el contenido en grasas y azúcares, y aumentar el de proteínas, pues altas tasas de movilización de nitrógeno desde las hojas hacia las semillas o frutos disminuyen la tasa de fotosíntesis y pueden adelantar la senescencia, disminuyendo la longitud del periodo de llenado. Este aumento en la tasa de acumulación de proteínas, se compensa con un ritmo más lento de acumulación de lípidos y otros componentes (Dornbos y Mullen, 1992; Cuniberti *et al.* 2000). Sin embargo, temperaturas altas durante la fase de llenado, sin incidencia de estrés hídrico, redundan en que la relación proteína-grasa pueda ser positiva (Dornbos y Mullen, 1992). Las campañas analizadas no se caracterizaron por la ocurrencia de sequías durante el periodo de llenado, ni temperaturas más bajas de lo habitual, por lo que es posible asumir que no existen factores limitantes o de estrés durante esta fase, y que ambos parámetros puedan encontrarse relacionados positivamente. Sin embargo la ocurrencia de situaciones de estrés por sequía y altas temperaturas que son bastante frecuentes en el mediterráneo, podrían

beneficiar a la acumulación de proteínas en detrimento de grasas o azúcares y ello podría repercutir de manera clara sobre la composición de los productos derivados del cerdo ibérico o sobre la capacidad de establecerse de las semillas, que se ve favorecida por unos mayores contenidos de sustancias de reserva (Vázquez, 1998).

En este trabajo se ha encontrado que los contenidos de ácido palmítico, linoleico y linolénico presentan una relación negativa con los contenidos en grasa, siendo estas relaciones significativas para 2001-02 y 2002-03. Además el signo de la relación es positivo para el caso de los ácidos esteárico y oleico aunque para el primero la significación se obtiene en 2002-03 y 2003-04 y para el segundo en 2001-02 y 2002-03. También en este caso los resultados existentes en la bibliografía son variados y contradictorios. Bologna *et al.* (2008), Islam *et al.* (2009) y López-Carrasco *et al.* (2011) encuentran relaciones positivas de la grasa con los ácidos oleico y esteárico. Islam *et al.* (2009) también encuentra relaciones negativas de la grasa con los contenidos en ácido palmítico pero para Bologna *et al.* (2008) la relación presenta el signo contrario. Zhang *et al.* (2008) encuentra que los contenidos de grasa se relacionan de manera negativa con los contenidos de ácidos linoleico y linolénico pero para Islam *et al.* (2009) la relación presenta signo negativo. Estas contradicciones podrían deberse a lo expuesto por Connors *et al.* (1996) para los que la composición de ácidos grasos de las semillas no siempre se produce en el mismo sentido pues se ve afectada por una gran cantidad de factores.

El contenido en ácido oleico se encuentra relacionado negativamente con el contenido en linoleico y linolénico, y el contenido de estos dos últimos se encuentran relacionados de manera positiva. Estas relaciones también han sido citadas por Liu *et al.* (1995) y Maestri *et al.* (1998), y se deben a que la formación de linoleico y linolénico se produce a partir de la desaturación del ácido oleico. La relación negativa encontrada entre el ácido esteárico y el linoleico y linolénico también ha sido citada por Maestri *et al.* (1998), y podría deberse a que la síntesis de oleico se produce a partir del ácido esteárico (Esparrago *et al.*, 1999). La relación negativa del ácido palmítico con el esteárico y el oleico ha sido encontrada también en aceituna por Motilva *et al.* (2001) y podría deberse a que la síntesis de todos los ácidos grasos se obtienen por modificaciones del ácido palmítico ((Esparrago *et al.*, 1999). La relación positiva del palmítico con los ácidos linoleico y linolénico también encontrada por Khorshidi *et al.* (2004), habría que entenderla en el contexto de que estos dos ácidos derivan de la desaturación del ácido oleico.

Diferentes autores (Subramanian y Jambunathan, 1981; Dikeman *et al.*, 1982; Geater y Fehr, 2000) encuentran que los contenidos en proteína guardan una relación positiva con los

contenidos en cenizas. Teniendo en cuenta que las cenizas de plantas presentan altos contenidos en fósforo, potasio, calcio, magnesio y zinc y que buena parte de los lípidos y especialmente de las proteínas los contienen o los llevan asociados, las relaciones positivas que se detectan en este trabajo entre cenizas y proteínas y grasas deberían entenderse en este contexto.

Conclusiones

- Se han desarrollado ecuaciones para predecir los contenidos de diferentes variables bromatológicas (humedad, grasa bruta, proteína bruta, azúcares (sacarosa), cenizas, Ac. palmítico, Ac. esteárico, Ac. oleico, Ac. linoleico, Ac. linolénico, Ac. aráquico y Ac. gadoleico) en pulpa fresca y molida de bellota de encina mediante NIRS con una buena capacidad de predicción.
- Existen variaciones en los contenidos de todas las variables bromatológicas analizadas debidas al año de muestreo. En general, los mayores contenidos se alcanzan en 2002-03 y los menores en 2003-04. Se ha encontrado que el año en el que existe un menor número de bellotas y éstas son de mayor tamaño (2002-03), los contenidos en proteína bruta, grasa bruta, cenizas y diferentes ácidos grasos son mayores.
- Existen variaciones en los contenidos de humedad, grasa bruta y diferentes ácidos grasos debidos a la fecha de recogida, aunque en general cada año la evolución se produce de manera diferente. Las tendencias parecen indicar que humedad y azúcares tienden a disminuir conforme se desarrolla la montanera y los contenidos del resto de variables tienden a aumentar.
- Existen variaciones debidas al árbol para todas las variables excepto para los azúcares y para el ácido palmítico.
- La poda apenas parece afectar a la composición química de la bellota en los tres años posteriores a su realización.
- Se ha detectado que los dos años con una mayor producción de bellota, existe una relación negativa entre el peso de la semilla y el porcentaje de materia seca, proteína bruta, grasa bruta, cenizas y los diferentes ácidos grasos. Además, estos años encontramos una relación positiva entre estos componentes químicos y el número de bellotas en el árbol.

- Las relaciones entre los contenidos en proteína y grasa bruta, y proteína bruta y azúcares son de carácter positivo. También de carácter positivo son las relaciones que se detectan entre cenizas y proteína y grasa bruta.
- El contenido en grasa bruta parece relacionarse de manera negativa con los contenidos de ácido palmítico, linoleico y linolénico y positiva con los ácidos esteárico y oleico.
- El contenido en ácido oleico se encuentra relacionado negativamente con el contenido en linoleico y linolénico, y el contenido de estos dos últimos se encuentra relacionado de manera positiva. El contenido en ácido palmítico se relaciona de manera negativa con los de esteárico y oleico, de manera positiva con los ácidos linoleico y linolénico. El ácido esteárico se relaciona de manera negativa con los ácidos linoleico y linolénico.

ANEXOS

Tabla 1. Valores medios en los contenidos de diferentes ácidos grasos (% sobre total de la grasa) para bellotas recogidas en diferentes fases de las montaneras 2001-02 a 2003-04. Los valores se expresan en medias seguidas del error estándar. Diferentes letras minúsculas dentro de cada fila indican diferencias significativas entre fechas de recogida para un nivel de confianza del 95 %.

| | Año | Fases de la montanera | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|-----------------------|------|----|----------------|------|----|---------------|------|----|
| | | Inicio | | | Mitad | | | Final | | |
| | | Media | E.E. | n | Media | E.E. | n | Media | E.E. | n |
| Ac. palmítico (C16:0) | 2001-02 | 15,11 | 0,22 | 25 | 14,92 | 0,15 | 53 | 15,31 | 0,22 | 17 |
| | 2002-03 | 13,90 b | 0,09 | 70 | 13,38 ab | 0,10 | 31 | 13,23 a | 0,17 | 8 |
| | 2003-04 | 14,81 | 0,36 | 17 | 13,90 | 0,16 | 34 | 14,57 | 0,27 | 9 |
| Ac. esteárico (C18:0) | 2001-02 | 3,55 ab | 0,09 | 25 | 3,30 a | 0,05 | 53 | 3,63 b | 0,08 | 17 |
| | 2002-03 | 2,98 | 0,05 | 70 | 3,02 | 0,09 | 31 | 2,90 | 0,13 | 8 |
| | 2003-04 | 1,81 a | 0,23 | 17 | 2,43 b | 0,08 | 34 | 2,67 c | 0,17 | 9 |
| Ac. oleico (C18:1) | 2001-02 | 64,84 | 0,41 | 25 | 64,35 | 0,25 | 53 | 63,95 | 0,42 | 17 |
| | 2002-03 | 65,32 | 0,23 | 70 | 64,94 | 0,21 | 31 | 65,09 | 0,42 | 8 |
| | 2003-04 | 65,43 | 0,81 | 17 | 66,09 | 0,30 | 34 | 64,69 | 0,62 | 9 |
| Ac. linoleico (C18:2) | 2001-02 | 14,54 a | 0,24 | 25 | 15,56 b | 0,14 | 53 | 15,18 ab | 0,25 | 17 |
| | 2002-03 | 16,16 | 0,18 | 70 | 16,93 | 0,16 | 31 | 17,03 | 0,22 | 8 |
| | 2003-04 | 16,68 | 0,64 | 17 | 16,22 | 0,19 | 34 | 16,59 | 0,43 | 9 |
| Ac. linolénico (C18:3) | 2001-02 | 0,81 | 0,04 | 25 | 0,86 | 0,02 | 53 | 0,88 | 0,03 | 17 |
| | 2002-03 | 0,81 | 0,02 | 70 | 0,88 | 0,02 | 31 | 0,88 | 0,04 | 8 |
| | 2003-04 | 0,69 a | 0,04 | 17 | 0,72 ab | 0,02 | 34 | 0,83 b | 0,05 | 9 |
| Ac. aráquico (C20:0) | 2001-02 | 0,49 | 0,01 | 25 | 0,43 | 0,01 | 53 | 0,44 | 0,01 | 17 |
| | 2002-03 | 0,35 | 0,01 | 70 | 0,36 | 0,01 | 31 | 0,36 | 0,01 | 8 |
| | 2003-04 | 0,26 | 0,01 | 17 | 0,26 | 0,01 | 34 | 0,25 | 0,02 | 9 |
| Ac. gadoleico (C20:1) | 2001-02 | 0,66 | 0,02 | 25 | 0,58 | 0,01 | 53 | 0,60 | 0,01 | 17 |
| | 2002-03 | 0,48 | 0,01 | 70 | 0,48 | 0,01 | 31 | 0,52 | 0,03 | 8 |
| | 2003-04 | 0,32 | 0,01 | 17 | 0,38 | 0,01 | 34 | 0,40 | 0,02 | 9 |

“El secreto de resultar aburrido es decirlo todo”
(Voltaire)

REFLEXIONES FINALES

La principal característica que destaca al analizar la producción de bellota es la alta variabilidad que existe en todas las variables (productividad, peso fresco, etc.) y para las diferentes escalas de agrupación de los datos empleadas (parcela, árbol, grupo, año, serie temporal, etc). Esta variabilidad se pone de manifiesto en otros caracteres de la encina como las hojas (márgenes, dimensiones, tipo de proteínas y asimetría), la fenología, las relaciones tallo-raíz, la respuesta germinativa, la conductancia estomática, etc., (Vázquez *et al.*, 1992; Leiva *et al.*, 1998; Díaz, 2000; Hódar, 2002; Jorge *et al.*, 2006; Navarro *et al.*, 2008). La alta variabilidad entre individuos y dentro del individuo es fruto sin duda de su alta variabilidad genética debido a que las flores femeninas de un árbol pueden ser polinizadas por el polen de muchos diferentes e incluso lejanos (el polen puede recorrer distancias superiores a 100 km), incluidos el de especies distintas (quejigo, alcornoque, roble, etc.) si existe compatibilidad de sus periodos reproductivos. Aunque el fenotipo que la planta ofrece parece proceder en su mayoría de la madre, el contenido genético total procede de ambos parentales, lo que explica el alto polimorfismo y el escaso contenido genético común entre árboles, a diferencia por ejemplo de lo que sucede en el alcornoque (Coelho *et al.*, 2006). En un lenguaje coloquial algunos investigadores indican que “a cada encina habría que considerarla una especie diferente”. En el caso de la fructificación esta variabilidad se incrementa, pues nos encontramos ante una secuencia de procesos en la que intervienen factores genéticos, ambientales y de manejo (Ramírez, 2001). Las variaciones de cada una de estas variables van a influir en la variabilidad de la fructificación formando un complejo entramado de relaciones e interacciones. De hecho en este trabajo se han encontrado en un mismo año árboles con altísimas producciones de bellota al lado de árboles con escasa cosecha, árboles con bellota de gran tamaño al lado de árboles con bellota muy pequeña, y árboles que arrojan la mayor parte de la producción al inicio de la montanera junto a árboles que concentran la diseminación al final de la misma. Tampoco la composición química de la bellota es homogénea variando gran parte de sus características en función del árbol analizado.

Puesto que la variabilidad que encontramos entre individuos es muy alta, es de esperar que la variabilidad que se detecta entre zonas también lo sea, aunque Coelho *et al.* (2006) indican que esta última es de menor entidad que la encontrada cuando se comparan individuos diferentes, aunque estén próximos. Así ocurre cuando analizamos la productividad en diferentes áreas de dehesa, encontrando amplios rangos dentro de cada una de ellas. Sin embargo, salvo para el caso de Salamanca con producciones medias bastante inferiores (Escudero *et al.*, 1985; Álvarez *et al.*, 2002), los datos medios obtenidos en Extremadura

(García *et al.*, 2005; Gea *et al.*, 2006), Toledo (Cañellas *et al.*, 2001; López-Carrasco *et al.*, 2005) y Andalucía (Martín *et al.*, 1998; Porras, 1998; Alejano *et al.*, 2008) son similares a los de este trabajo. Algo parecido ocurre cuando analizamos el peso fresco y la morfología, encontrando amplios rangos dentro de cada zona y valores medios similares a los del presente estudio (Porras, 1998; Álvarez *et al.*, 2002; López-Carrasco *et al.*, 2004; García Mozo *et al.*, 2007; Alejano *et al.*, 2011). Aunque la composición química presenta también altas variaciones entre individuos, las variaciones entre zonas a la luz de los datos que se poseen son algo mayores que para las anteriores variables. Así, los contenidos medios en proteína, grasa y diferentes ácidos grasos en este trabajo son similares a los encontrados por otros autores en la misma zona (Fernández *et al.*, 2005). Para la proteína encontramos valores similares a los encontrados en Extremadura (Tejerina *et al.*, 2010) y superiores a los encontrados en dehesas de Huelva (Sánchez, 2002) y Toledo (López-Carrasco *et al.*, 2005). Los contenidos de grasa en el área estudiada superan claramente a los obtenidos en Huelva (Sánchez, 2002), Toledo (López-Carrasco *et al.*, 2005) y Extremadura (Tejerina *et al.*, 2010). Sin embargo, la composición de la grasa en todos los casos es similar, aunque las bellotas recogidas en Toledo (López-Carrasco *et al.*, 2005) presentan una mayor proporción en ácido palmítico y una menor proporción en oleico.

Además, las características productivas de un individuo no se mantienen estables a lo largo de los años, habiéndose detectado grandes oscilaciones, hecho que también es citado para dehesas de Huelva (Alejano *et al.*, 2008) y Toledo (López-Carrasco *et al.*, 2005). De hecho en este trabajo se han encontrado diferentes patrones de producción dentro del arbolado. Así coexisten árboles con altas cosechas y patrones bianuales de la producción (dentro de los cuales encontramos árboles en contraalternancia), y árboles con bajas producciones y relativamente estables. Tampoco los patrones de diseminación se mantienen en el tiempo encontrándonos que un árbol que arroja la mayor parte de la producción al inicio de la montanera un año (temprano), puede convertirse en tardío a la montanera siguiente. La morfología de la bellota y la composición química también cambia entre años evolucionando de manera diferente para cada individuo.

Uno de los factores que provoca estas variaciones entre años es la meteorología, siendo su influencia sobre la productividad y la morfología del fruto importante. Existen condiciones meteorológicas claves en todas las estaciones del año aunque especialmente significativas son las acaecidas al inicio de la floración y al inicio del otoño (figura 1).

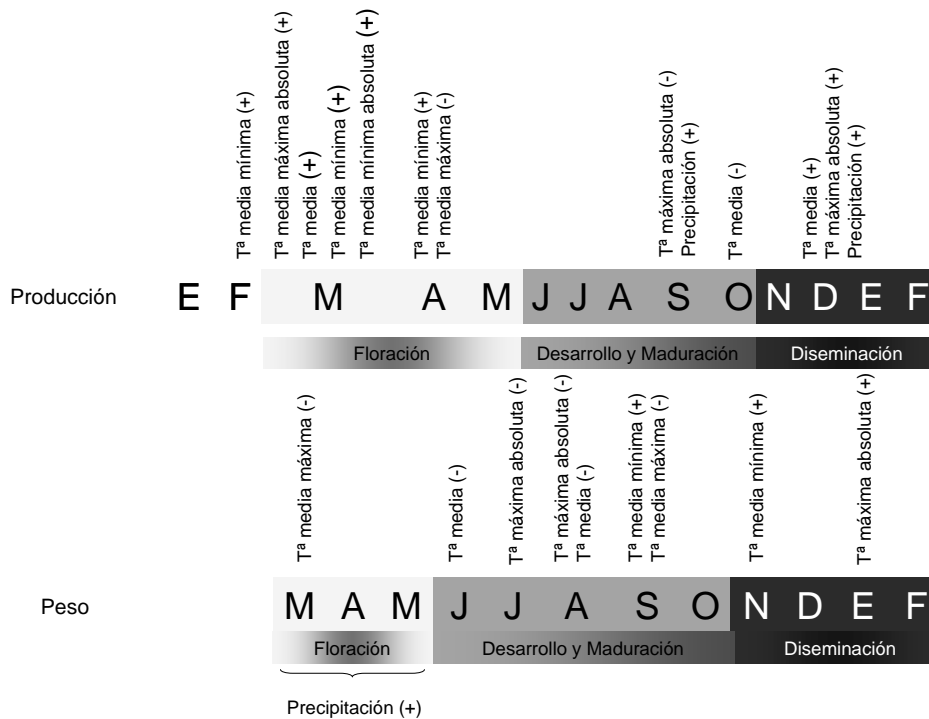


Figura 1. Factores meteorológicos que afectan a la producción y peso de la bellota de encina en los diferentes meses del año. Entre paréntesis aparece el signo de su relación con dichas variables.

No afecta de la misma manera la meteorología según el patrón productivo del árbol, pues aquellos grupos de árboles más productivos se ven más afectados de manera negativa por unas altas temperaturas durante el verano, que provocan la caída de aquel fruto que no se podrá madurar y de manera positiva por un invierno más suave, que permite la maduración final de aquel fruto más retrasado. También la meteorología determina en gran medida los patrones de diseminación de la bellota que tienen mucho más parecido cuando se comparan dentro de un año que entre años diferentes.

La evolución de la productividad, la morfología y la composición química de la bellota no evolucionan de manera independiente, pues además de los condicionantes genéticos y de manejo dependen de la cantidad de recursos existentes en el medio. Así el número de semillas depende de los recursos disponibles y de las condiciones meteorológicas durante la fase de floración y cuajado del fruto principalmente. Una vez fijado el número de semillas, su peso depende de los recursos disponibles y de las condiciones meteorológicas reinantes durante la fase de llenado.

Es por ello que en general, existe una relación negativa entre el número de bellotas y su peso, aunque en situaciones de abundancia de recursos esta relación puede perder intensidad. De hecho el compromiso entre el número de semillas y el peso individual de la

bellota es resuelto de forma diferente por cada planta, pudiendo realizar ajustes entre años. Así, alcanzado un determinado tamaño que podría considerarse el potencial de cada árbol, una mayor disponibilidad de recursos ya no se traduce en un aumento del peso de la bellota, y esos recursos pueden almacenarse para su uso en años posteriores. También la composición química se encuentra relacionada con el número de bellotas, pues los contenidos de diferentes componentes químicos por fruto son generalmente dependientes del número total de unidades presentes en la planta, y si éste es reducido, la concentración de nutrientes por fruto es mayor. Aunque en condiciones de recursos limitados en el medio y de reservas escasas en el árbol, existe una relación negativa entre el peso de la bellota y su composición química pues el árbol parece tratar de acondicionar mejor a todas las semillas para propiciar una buena capacidad de establecimiento a la mayor parte de ellas.

Otra de las apreciaciones que aparecen en diferentes estudios que abordan la alimentación del cerdo ibérico durante la montanera son los cambios que se producen en la bellota y el pasto durante su desarrollo que hace que no tenga la misma composición no ya un animal cebado con bellota y pasto en años diferentes sino animales cebados un mismo año pero con recursos procedentes de diferentes fases de este periodo (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009; López-Carrasco *et al.*, 2011). En este trabajo encontramos que existen variaciones importantes en la composición química de la bellota (especialmente en los contenidos en grasa y ácidos grasos), en el tamaño del fruto y en su variabilidad, lo que inevitablemente va a provocar variaciones en la composición de la grasa del cerdo Ibérico, en el proceso de selección de la bellota por parte de los predadores y en un aspecto más relacionado con la sostenibilidad de este agrosistema que sería la capacidad de establecimiento de las semillas.

A la luz de la variabilidad tan extraordinaria que subyace en las productividades de bellota, cuesta creer que exista un factor que pueda afectar tan positivamente a la producción como es la poda de mantenimiento, sobre todo si se pregunta sobre su importancia a ganaderos y personas relacionadas con la gestión de la dehesa. En este trabajo encontramos que la poda influye poco en la producción, algo más en el tamaño, y algo en la composición química en la medida en que afecta al número de semillas que produce el árbol y por tanto en la cantidad de recursos a extraer y repartir, por lo que su efecto dependerá también del contexto productivo en que se realice. Sí influye en los patrones de evolución de la producción, atenuando los ciclos bianuales cuando se realiza en momentos de bonanza (se hace patente el comportamiento alternante) y sin mucho efecto cuando se ejecuta en épocas con limitaciones ambientales a la producción, ya que éstas mantienen atenuados estos ciclos.

Todo esto al menos en al menos en un periodo de tiempo medio como el que se ha estudiado. La escasa influencia de la poda de mantenimiento de la encina sobre la producción de bellota en dehesas abiertas y con un arbolado bien formado, no aparece sólo citado en este trabajo sino en otros (Porrás, 1998; Cañellas y Montero ,2002; Alvarez *et al.*, 2004; Alejano *et al.*, 2006). De hecho existen bastantes más estudios en que la poda no tiene efecto o sus efectos son negativos que trabajos en los que se cite el efecto positivo de la poda.

A este hecho no es ajeno los diferentes criterios técnicos bajo los que se realiza, pues tradicionalmente la poda ha sido efectuada por personal especializado ajeno a las fincas y que, en muchos casos, se ha dedicado también a la poda de otras especies como el olivo, alcornoque, fresno, etc. Es por ello que los criterios seguidos para realizar las podas en las dehesas presentan fuertes variaciones locales, y además han cambiado a lo largo del tiempo, dependiendo fundamentalmente de las necesidades de leña (Fernández y Porrás, 1999). Lógicamente la intensidad de la poda y el tipo de ramas que se eliminan determinan, en última instancia, el esfuerzo vegetativo que el árbol debe realizar para recomponer su copa y obtener los recursos necesarios para la floración y producción de fruto (Pastor y Humanes, 2000; Garrido *et al.*, 2005).

Los contratos para realización de podas también han variado a lo largo de la historia, en función de las necesidades humanas, realizándose a cambio de leña, jornal o a destajo. Las podas realizadas a cambio del producto obtenido fueron especialmente frecuentes durante los años cuarenta a setenta, a causa de la carestía de fuentes de energía, y tuvieron un impacto muy negativo sobre el arbolado ya que se realizaban sin otro criterio que la obtención de la mayor cantidad posible de producto (el final de este periodo coincide con el declive de la cabaña de porcino Ibérico en España debido a la alta incidencia de la peste porcina y por tanto con una época de pérdida de valor de la bellota). Actualmente este tipo de poda prácticamente ha desaparecido debido a los controles tan estrictos que imponen las administraciones de medio ambiente, la importancia de la producción de bellota y al escaso precio que tiene la leña. Las podas se realizan hoy en día durante el invierno, siendo la modalidad utilizada, contratos bien a jornal, o bien a destajo incluyendo un precio fijo por árbol podado.

¿Cómo pues puede justificarse la importancia que se concede a la poda de mantenimiento como mejoradora de la producción? Quizás porque la poda ha sido la herramienta que ha permitido conjugar los diferentes usos del arbolado (combustible en forma de leña, carbón y picón, ramón y bellota) de una manera relativamente sostenible, y eso ha hecho que sea una práctica extendida por toda la dehesa. A esta generalización de la poda ha contribuido el que en épocas relativamente recientes la leña alcanzara precios muy

importantes provocando que con árboles (leña) se pagaran las fincas y se saldaran muchas deudas, convirtiendo al árbol en una especie de valor seguro del que “tirar” en épocas de necesidad. Menos estudiados están el uso de la poda como herramienta que nos controla la altura y el tamaño de la copa y por tanto nos facilita el vareo de la bellota, práctica muy usual en el manejo de los sistemas tradicionales de dehesa (Ezquerro, 2011), y que podría justificar también su aplicación generalizada.

En segundo lugar la poda de mantenimiento se inserta como práctica cultural dentro del ciclo plurianual de cultivos, barbechos, fertilizaciones y rotaciones que se produce en la dehesa, y que en cada zona presenta características particulares. Recordemos el dicho popular “hierro arriba y después hierro abajo” que hace referencia a que después de podar es necesario labrar y cultivar el suelo (Porrás *et al.*, 1997). La poda va ligada pues al uso agroganadero de las dehesas. La no realización de la poda en general se relaciona con un abandono de este uso y con un declive de la productividad del sistema pues el estrato herbáceo pierde importancia frente al matorral, y la proliferación de éste, especialmente si se trata de un matorral serial muy competitivo (jarales, brezales, aulagares, etc.) puede afectar al vigor del arbolado (García Moreno *et al.*, 2011), y probablemente a la producción de bellota (Carbonero *et al.*, 2004). Es por ello lógico asociar la disminución de la producción de bellota a la ausencia de poda cuando más bien quizás habría que asociarla al abandono de una serie de prácticas que probablemente la beneficien (fertilizaciones, control del matorral, etc.), en la medida en que mantienen o mejoran el vigor del arbolado.

REFERENCIAS

- AARSSSEN, L W.; BURTON, S.M., 1990. Maternal effects at four levels in *Senecio vulgaris* (Asteraceae) grown on a soil nutrient gradient. *Amer. J. Bot.*, **7**, 1231-1240.
- ABRAHAMSON, W. G.; LAYNE, J. N., 2002. Relation of ramet size to acorn production in five oak species of xeric upland habitats in south-central Florida. *Am. J. Botany*, **89**, 124-131
- ABRAHAMSON, W. G.; LAYNE, J. N., 2003. Longterm patterns of acorn production for five oak species in xeric Florida uplands. *Ecology*, **84**, 2476-2492.
- ACEDO, C. 2004. *Taxonomía del género Quercus L. Especies presentes en la Península Ibérica*. Departamento de Biología Vegetal. Área de Botánica. Universidad de León.
- ACOSTA NARANJO, R., 2008. *Dehesas de la sobremodernidad. La cadencia y el vértigo*. Ed. Diputación de Badajoz, 485 pp. Badajoz (España).
- AFZAL-RAFII, Z.; DODD, R.S.; PELLEAU, Y., 1992. Mediterranean evergreen oak diversity: morphological and chemical variation of acorns. *Can. J. Bot.*, **70**, 1459-1466.
- AGÜERO, P.R., 2009. *Evaluación de características estructurales y procesos fisiológicos determinantes de las posibilidades de uso de dos especies arbustivas del género Prosopis L. en el ecotono Monte-Patagonia*. Tesis doctoral. Universidad De Buenos Aires. Buenos Aires (Argentina).
- AGUSTÍ, M.; MARTÍNEZ-FUENTES, A.; MESEJO, C.; JUAN, M.; ALMELA, V., 2003. *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Ed. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana, 82 pp. Valencia (España).
- AIZEN, M.A.; KENIGSTEN, A., 1990. Floral sex ratios in scrub oak (*Quercus ilicifolia*) vary with microtopography and stem height. *Can. J. Bot.*, **68**, 1364–1368.
- AIZEN, M.A.; WOODCOCK, H., 1992. Latitudinal trends in acorn size in eastern North American species of *Quercus*. *Can. J. Bot.*, **70**, 1217-1222.
- ALEJANO, R.; TAPIAS, R.; FERNÁNDEZ, M.; TORRES, E.; ALAEJOS, D., 2008. Influence of pruning and the climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Annals of Forest Science*, **65** (2), 1-5.
- ALEJANO, R.; TAPIAS, R.; TORRES, E.; FERNÁNDEZ, M.; ALAEJOS, J., 2006. Influencia de la poda en la producción de bellota y el crecimiento en dehesas de la provincia de Huelva. *Bol. Inf. CIDEU*, **1**, 25-28
- ALEJANO, R.; VAZQUEZ-PIQUÉ, J.; CAREVIC, F.; FERNÁNDEZ, M., 2011. Do ecological and silvicultural factors influence acorn mass in Holm oak (southwestern Spain)?. *Agroforest Syst.* (sin publicar).
- ALLISON, T.D., 1990. Pollen production and plant density affect pollination and seed production in *Taxus canadensis*. *Ecology*, **71**, 516–522.
- ALMEIDA J.A.A., MARINHO, A.A.N.; BAPTISTA M.E.S., 1992. Valor nutritivo da balota e da lande. En : *II Coloquio sobre el cerdo ibérico*, 9-10. Junta de Extremadura. Badajoz (España).
- ALMEIDA, J.A.A., 1992. Comportamiento dos taninos da bolota na presença de proteínas enzimáticas e alimentares. En: *II Coloquio sobre el cerdo mediterráneo*, 11-12. Junta de Extremadura. Badajoz (España).
- ALOMAR, D., 1998. Fundamentos de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano NIRS como método de análisis de forrajes. *Agrosur*, **26**, 88-104.
- ÁLVAREZ S., MORALES B., BEJARANO L., 2004. Estudio preliminar de la influencia de la poda en la producción de bellota en El Encinar de Espeja (Salamanca). En: *XLIV Reunión de la SEEP, Pastos y ganadería extensiva*, 727-731 GARCÍA-CRIADO *et al.* (Eds). IRNA-CSIC. Salamanca (España).
- ALVAREZ S., MORALES R., BEJARANO L., DURÁN A., 2002. Producción de bellota en la dehesa Salmantina. En: *Actas de la XLII Reunión Científica de la SEEP*, 645-650. C. CHOCARRO *et al.* (Eds.). Universidad de Lleida. Lleida (España).
- AMAN, P.; HESSELMAN, K. 1984. Analysis of starch and other main constituents of cereal grains. *Swedish Journal of Agricultural Research*, **14**, 135-139.
- ANDERSEN, S.T., 1980. Influence of climatic variation on pollen season severity in wind –pollinated trees and herbs. *Grana*, **19**, 47-52.
- ANNICCHIARICO, P.; BELLAH, F.; CHIARI, T., 2006. Repeatable genotype _ location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. *Eur. J. Agron.*, **24**, 70–81.
- APARICIO MACARRO, J., 1974. Nuevas técnicas para incrementar el rendimiento del cerdo ibérico en montanera. *Revista Ganadería*.

- APARICIO MACARRO, J.B., 1988. *El cerdo Ibérico*. Ed. Sánchez Romero Carvajal Jabugo S.A, 93 pp. Huelva (España).
- APARICIO, J.B., 1992. La montanera y el cerdo ibérico. En: *El cerdo ibérico y su entorno*, 189-209. Ed. Dpto de Publicaciones de la Diputación Provincial de Badajoz. Badajoz (España).
- ARISTA, M.; HERRERA, F.J.; TALAVERA, S., 1997. *Biología del pinsapo*. Ed. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 162 pp. Sevilla (España).
- ARMIJO ARMIJO, ELADIO RODOLFINO. Efecto de la poda, manejo de renuevos y uso de Munch sobre la época y volumen de producción en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) variedad Heritage. Tesis doctoral. Universidad De Concepción. Concepción (Chile).
- ATTA, S.; MALTESE S.; COUSIN R., 2004. Protein content and dry weight of seeds from various pea genotypes. *Agron. Sustain. Dev.*, **24** (5), 257 – 266
- AVANZA, M. M.; MAZZA, S. M.; RODRÍGUEZ, V. A. ; BÓBEDA, G. R., 2005. Distribución del peso y número de frutos de naranja dulce en función de su forma a la cosecha. En: *Comunicaciones científicas y tecnológicas*.
- AZIZ, S.; SHAHID, S., 2010. Effect of seed mass variations on the germination and survival of three desert annuals. *Pak. J. Bot.*, **42**(4), 2813-2825.
- BAKER, H.G., 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology*, **53** (6), 997-1010
- [BAO, J.S.](#); [CAI, Y.Z.](#); [CORKE, H.](#), 2001 Prediction of rice starch quality parameters by near infrared reflectance spectroscopy, *Journal of Food Science*, **66**, 936–939
- BARBERO, M.; LOISEL, R.; QUEZEL, P., 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio*, **99-100**, 19-34.
- BARNES, R.J.; DHANOA, M.S.; LISTER, S.J. 1989. Estándar Normal Variate Transformation and De-Trending of near infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy*, **43**, 772-777
- BASELGA, P.; VÁZQUEZ, F. M.; BURZACO, A.; SUÁREZ, M.A. ; PÉREZ, A., 1994. La floración en el alcornoque (*Quercus súber* L). En: *I Jornadas sobre el monte mediterráneo "El Alcornocal"*. Cortes de la Frontera (Málaga).
- BECK, D.E., 1977. *Twelve year acorn yield in southern Appalachian Oaks*. United States Department of Agriculture Forest Service Research Note SE-244.
- BELLOCQ, M.I.; JONES, C.; DEY, D.C.; TURGEON, J.J., 2005. Does the shelterwood method to regenerate oak forests affect acorn production and predation? *For. Ecol. Manag.* **205**, 311–323.
- BELLOT J.; SÁNCHEZ J.R.; LLEDÓ M.J.; MARTÍNEZ P.; ESCARRÉ A., 1992. Litterfall as a measure of primary production in Mediterranean holm-oak forest. *Vegetatio*, **99-100**, 69-76.
- BENITO, R.; GARCÍA OLMO, J.; DE PEDRO, E.; GARRIDO, A., 2001. Ibérico: Evaluación de la alimentación por NIRS. *Mundo Ganadero*, **131**, 30-34.
- BENNETT, J. O., 2005. *Soybean seed components as affected by nodal position, environmental conditions, and irrigation*. Tesis Doctoral, University of Missouri-Columbia (U. S.)
- [BENNETT, JO](#); [KRISHNAN, AH](#); [WIEBOLD, WJ](#); [KRISHNAN, HB](#), 2003. Positional effect on protein and oil content and composition of soybeans. *J. Agric. Food Chem.*, **51**(23), 6882-6
- BESNIER ROMERO, F., 1989. *Semillas. Biología y tecnología*. Ed. Mundiprensa, 637 pp. Madrid (España).
- BLANCO CASTRO, E., CASADO GONZALEZ, M.A., COSTA TENORIO, M., ESCRIBANO BOMBIN, R., GARCIA ANTON, M., GENOVA FUSTER, M., GOMEZ MANZANEQUE, A., MORENO SAIZ, J.C., MORLA JUARISTI, C., REGATO PAJARES, P., SAINZ OLLERO, H., 2001. *Los bosques ibéricos*. Ed. Planeta, 598 pp. Barcelona (España).
- BLISS, F.A.; BARKER, L.N.; FRANCKOWIAK, J.D.; HALL, T.C., 1973. Genetic and environmental variation of seed yield, yield components, and seed protein and quality of cowpea. *Crop Sci.*, **13**, 656--660.
- BOAVIDA, L.C.; VÁRELA, M.C.; FEÍJO, J.A., 1999. Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus súber* L.). I. The progamic phase. *Sex Plant Reprod.*, **11**, 347-353.
- BOLOGNA, S.; SOLDINI, D.; ROJAS, E.; MARTINEZ, D., 2008. Correlaciones genéticas entre ácidos grasos del aceite de soja y variables agronómicas. En: *Actas del XXXVII Congreso de Genética*, Sociedad Argentina de Genética (Coord.). Tandil, (Argentina).
- BONFIL, C., 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedlings survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fagaceae). *Am. J. Bot.* ,**85**: 79–87.
- BONILLA, A.; ARIAS A., 2001. Evolución de los daños causados por minadores de bellotas en la campaña 2000 en el término municipal de Cheles (Badajoz). *Solo Cerdo Ibérico*, **6**, 87-94.

- BONILLA, A.A.; ARIAS, A., 2000. Estudio para el seguimiento de la biología y control de la plaga *Curculio* sp. en encinares extremeños. *Sólo Cerdo Ibérico*, **4**, 61-66.
- BONNER, F.T.; VOZZO, J.A. 1987., *Seed Biology and Technology of Quercus*. Ed. Gen. Tech. Rep. SO-66, Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 21 pp. New Orleans, LA (U.S).
- BONNET-MASIMBERT, M.; WEBBER, J.E., 1995. From flower induction to seed production in forest tree orchards. *Tree Physiology*, **15**, 419-426.
- BOZA, J.; VARELA, G.; FONOLLÁ, J.; RODRÍGUEZ, C., 1966. Influencia de las pajas de trigo y habas sobre la digestibilidad de la harina de algodón. *Rev. Nutr. Anim.*, **4**, 191-196
- BUFFO, R.; A.; WELLER, C. L.; PARKHURST, A. M., 1998. Relationships among grain sorghum quality factors. *Cereal Chem.*, **75** (1), 100-104
- CABEZUDO ARTERO, B. y PÉREZ LATORRE, A.V., 2004. Los *Quercus* en Andalucía. En: *El monte mediterráneo en Andalucía*, 40-41. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía (Eds.) Sevilla (España).
- CAMPBELL, D. R.; HALAMA, K. J., 1993. Resource and pollen limitation to lifetime seed production in a natural plant population. *Ecology*, **74**, 1043–1051.
- CAÑELLAS I.; I., ROIG, S.; SAN MIGUEL, A. 2003. Caracterización y evolución anual del valor bromatológico de las quercíneas Mediterráneas. En: *Pastos, desarrollo y conservación*, 455-461. A.B. ROBLES *et al.* (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- CAÑELLAS, I. 1992. Producción de bellotas en alcornoques, En: *Simposio mediterráneo sobre regeneración del monte alcornocal*, 223-226. IPROCOR-Junta de Extremadura (Eds.). Badajoz (España).
- CAÑELLAS, I.; MONTERO, G., 2002. The influence of cork oak pruning on the yield and growth of cork. *Ann. For. Sci.*, **59**, 753-760 .
- CAÑELLAS, I.; PARDOS, M.; BACHILLER, A.; MONTERO, G. 2001. The effect of pruning in acorn yield of cork oak dehesa woodland in Extremadura (Spain). En: *Actas del International Meeting on Silviculture of cork oak (Quercus suber L.) and cedar (Cedrus atlántica (Endl.)*, 187-192. Rabat (Morrocco).
- CAÑELLAS, I.; ROIG, S.; POBLACIONES, M.J.; GEA- IZQUIERDO, G.; OLEA, L. 2007. An approach to acorn production in Iberian dehesas. *Agroforest. Syst.*, **70**, 3-9.
- CANTOS, E.; ESPÍN, J. C.; LÓPEZ-BOTE, C.; DE LA HOZ, L.; ORDÓÑEZ, J. A.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A., 2003. Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus* spp.), the main dietary constituent of free-ranged Iberian pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 6248–6255.
- CARBONERO M.D., FERNÁNDEZ P., NAVARRO R., 2002. Evaluación de la producción y del calibre de bellotas de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf) Samp a lo largo de un ciclo de poda. Resultados de la campaña 2001-2002. En: *Producción de pastos, forrajes y céspedes*, CHOCARRO *et al.* (Eds.). Universidad de Lleida, Lleida (España), 633-638.
- CARBONERO MUÑOZ, M.D.; BLÁZQUEZ CARRASCO, A.; FERNÁNDEZ REBOLLO P., 2004. Producción de fruto y grado de defoliación como indicadores de vigor en *Quercus ilex* y *Quercus suber*. Influencia de diferentes condiciones edáficas en su evolución. pp: 715-720. En: *Pastos y ganadería extensiva*, B. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). Salamanca (España), 715-720.
- CARBONERO MUÑOZ, M.D.; FERNÁNDEZ REBOLLO P.; BLÁZQUEZ CARRASCO, A.; FERNÁNDEZ RANCHAL A.; NAVARRO CERRILLO R., 2005. Sincronización y vecería de la producción de bellota en dehesas andaluzas durante el periodo 2001-2004. En: *Producciones agroganaderas : gestión eficiente y conservación del medio natural*, 721-726. OSORO *et al.* (Eds.). Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Villaviciosa (Asturias).
- CARBONERO, M.D.; BLÁZQUEZ, A.; NAVARRO, R. AND FERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, P., 2006. Acorn quality depending on pruning, botanic variety and harvest date. En: *Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*, 583-585. J. LLOVERAS *et al.* (Eds). Badajoz (España), 583-585.
- CARBONERO MUÑOZ, M.D; FERNÁNDEZ REBOLLO, P., 2008. La dehesa como hábitat natural para el Cerdo Ibérico. En: *El Cerdo Ibérico: una revisión transversal*, 103-133. FORERO (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Fundación Caja Rural del Sur. Sevilla (España).
- CARBONERO MUÑOZ, M.D; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; FERNÁNDEZ RANCHAL, A., 2008. La producción de bellota en la dehesa. En: *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, 185-204. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* (Eds.). Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, (España).
- CARBONERO MUÑOZ, M.D; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; FERNÁNDEZ RANCHAL, A., 2008. Producción y morfología de bellota. Influencia de la poda y de la variedad. Evolución a lo largo de la montanera. En: *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, 205-223. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* (Eds.). Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, (España).

- CARBONERO M.D.; GARCÍA, A.; CALZADO, C.; FERNÁNDEZ, P., 2009. La producción de bellota en la dehesa y su relación con parámetros meteorológicos. En: *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, 597-604. REINÉ *et al.* (Eds.). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Huesca (España).
- CARBONERO MUÑOZ, M.D.; CRISPÍN MURILLO, I.; GARCÍA MORENO, A.; FERNÁNDEZ REBOLLO, P., 2010. Influencia de los factores ambientales en la productividad de bellota de encina en la comarca de los Pedroches (Córdoba). En: *Pastos: fuente natural de energía*, 475-480. A. CALLEJA *et al.* (Coord.). Ed. Área de Publicaciones de la Universidad de León y SEEP. León (España).
- CAREVIC, F.; FERNÁNDEZ, M.; ALEJANO, R.; VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; TAPIAS, R.; CORRAL, E.; DOMINGO, J., 2010. Plant water relations and edaphoclimatic conditions affecting acorn production in a holm oak (*Quercus ilex* L. ssp. *ballota*) open woodland. *Agroforestry system*, **78** (3), 299-308
- CASTROVIEJO, S.; LAÍN, M.; LÓPEZ G.; MONSERRAT, P.; MUÑOZ, F.; PAIVA, J.; VILLAR, L., 1990. *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Vol. 2*. Ed. C.S.I.C., 897 pp. Madrid (España).
- CAVA R.; RUIZ, J.; LÓPEZ-BOTE, C.; MARTÍN, L.; GARCÍA, C.; VENTANAS, J.; ANTEQUERA, T., 1997. Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the Iberian pig. *Meat Sci.*, **45**: 263-270.
- CAVA, R.; ANDRÉS, A.I.; RUIZ, J.; TEJEDA, J.F.; VENTANAS, J., 1999. Influencia de la alimentación sobre el perfil de ácidos grasos. En: *I Jornadas sobre el cerdo Ibérico y sus productos*, 145-153. Ed. Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León. Salamanca (España).
- CAYUELA, J.A.; GARCÍA, J.M.; CALIANI, N., 2009. NIR prediction of fruit moisture, free acidity and oil content in intact olives. *Grasas y aceites*, **60** (2), 194-202
- CEBALLOS, L. y RUIZ DE LA TORRE, J., 2001. *Árboles y arbustos*. Ed. Mundiprensa, 534 pp. Madrid (España).
- CECICH, R.A., 1997. The influence of weather on pollination and acorn production. En: *Proceedings of the 11th Central Hardwood Forest Conference*, 252-261. S.R. PALLARDY *et al.* (Eds.). Columbia, M.O. (USA).
- CECICH, R.A.; SULLIVAN, N.H., 1999. Influence of weather at time of pollination on acorn production of *Quercus alba* and *Quercus velutina*. *Can. J. For. Res./ Rev. Can. Rech. For.*, **29**, 1817-1823.
- CHRISTISEN, D.M., KEARBY, W.H., 1984. *Mast measurement and production in Missouri (with special reference to acorns)*. Terrestrial Series 13, Missouri Dept. Cons., Jefferson City, Missouri.
- CIERJACKS, A.; HENSEN, I., 2004. Variation of stand structure and regeneration of mediterranean holm oak along a grazing intensity gradient. *Plant Ecology*, **173**, 215-223.
- COELHO, A.C.; HORTA, M.; NEVES, D.; CRAVADOR, A., 2006. Genetic diversity of two evergreen oaks (*Quercus suber* L. and *Q. (ilex) rotundifolia* Lam.) in Portugal using AFLP markers. *Silvae Genetica*, **55**(3), 105-118.
- COLMEIRO, M.; BOUTELOU, E., 1854. *Examen de las encinas y demás árboles de la península que producen bellotas*, 16 pp. Sevilla (ESPAÑA).
- CONNOR, K.F.; BONNER, F.T.; VOZZO, J.A., 1996. Effects of desiccation on temperate recalcitrant seeds: differential scanning calorimetry, gas chromatography, electron microscopy, and moisture studies on *Quercus nigra* and *Quercus alba*. *Can. J. For. Res.*, **26**, 1813-1821.
- CORNELISSEN, J.H.C., 1999. A triangular relationship between leaf size and seed size among woody species: allometry, ontogeny, ecology and taxonomy. *Oecologia*, **118**, 248-255.
- COSTA, G.; VIZZOTTO, G., 2000. Fruit thinning of peach trees. *Plant Growth Regulation*, **31**: 113-119.
- COSTA, J.C.; MARTÍN, A.; FERNÁNDEZ, R.; ESTIRADO, M., 2006. *Dehesas de Andalucía: caracterización ambiental*. Ed. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 289 pp. Sevilla (España)
- COZZOLINO, D., 1998. *Aplicación de la tecnología del NIRS para el análisis de calidad de los productos agrícolas*. Ed. Serie Técnica INIA, 15 pp. Madrid (España)
- COZZOLINO, D. 2002. Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el análisis de alimentos para animales. *Agrociencia*, **6** (2), 25-32
- CSIC-IARA. 1989. *Mapa de suelos de Andalucía. Escala 1:400.000*. Ed. CSIC y Junta de Andalucía, 95 pp. Madrid (España)
- CUNIBERTI, M.; HERRERO, R.; BAIGORRI, H.; CROATO, D.; MASIERO, B.; PARRA, R.; VICENTINI, R.; PIATTI, F. 2000. Efecto de fechas de siembra y latitud sobre la calidad industrial de la soja argentina. En: *Third International Soybean Processing and Utilization Conference*, TSUKUBA (JAPON).
- CUADROS, A., 2001. *Plan Técnico de Gestión Silvopastoral de la dehesa "Navalpaloma"*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba. Córdoba (España).

- CYNTHIA L.; RICCARDI, B. C.; MCCARTHY; LONG, R.P., 2004. Oak Seed Production, Weevil (Coleoptera: Curculionidae) Populations, and Predation Rates in Mixed-oak Forests of Southeast Ohio. En: *Proceedings of the 14th Central Hardwood Forest Conference*, 10-20. YAUSI *et al.* (Eds.). Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. Wooster, OH (US).
- DAHIYA, B.S.; BRAR, J.S.; BHULLAR, B.S., 1977. Inheritance of protein content and its correlation with grain yield in pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). *Plants Foods for Human Nutrition*, **27 (3-4)**, 327-334.
- DAVARYNEJAD, G.H.; NYÉKI, J.; SZABÓ, T.; SZABÓ, Z., 2008. Influences of hand thinning of Bud and Blossom on Crop Load, Fruit Characteristics and Fruit Growth Dynamic of Újfehértói fűrtös Sour Cherry Cultivar. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, **4 (2)**, 138-141.
- DAZA, A.; LÓPEZ-BOTE, C.J.; TOMÁS, F.A.; ESPIN, J.C.; LÓPEZ C.; OLIVARES, A.; REY, A.I., 2007. Effect of mediterranean forest parasite with *Curculio* sp. on nutritional value of acorn for Iberian pig feeding and fat characteristics. *Meat Sci.*, **79**, 316-320.
- DE BLAS, C., G.G. MATEOS Y P.G. REBOLLAR., 1999. *Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos*. Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 496 pp. Madrid (España).
- DE BLAS, C.; GARCÍA, A.I.; CARABAÑO, R., 2000. Necesidades de treonina en animales monogástricos. En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal, XVI Curso de Especialización FEDNA*, REBOLLAR *et al.* (Eds.). FEDNA. Madrid (España), 1-24.
- DE PEDRO, E., 2000. Calidad de las canales y de los productos del cerdo ibérico: técnicas de control y criterios de calidad. En: *Porcino ibérico: aspectos claves*, 589-622. BUXADÉ (Ed.). Ed. Mundiprensa. Madrid (España).
- DE PEDRO, E.; GARCÍA-OLMO, J.; MUÑOZ, D.; RAMOS, A., 2004. Quantitative and qualitative NIRS analysis of acorns (*Quercus*, Sp). En: *Proceedings of the 11th International Conference*, 775-779. DAVIES AND GARRIDO (Eds.). Córdoba (España).
- DE PEDRO, E.; GARRIDO, E.; MARTÍNEZ, M.L.; ANGULO, F.; GARCÍA, J., 1997. Espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) en el análisis cuantitativo y cualitativo de productos derivados del cerdo ibérico. En: <http://www.uco.es/dptos/prod-anim/p-animales/cerdo-iberico/>
- DE PEDRO, E.; NÚÑEZ, N.; GARRIDO, A.; GARCÍA, I., 2002. Evolución objetiva del régimen alimenticio de cerdos ibéricos. *Albétar*, **54**, 52-55.
- DEANS J.D.; HARVEY, F.J., 1995. Phenologies of sixteen european provenances of sessile oak growing in Scotland. *Forestry*, **68 (3)**, 265-273.
- DELWICHE, K.S.; MCKENZIE; WEBB, B.D., 1996. Quality characteristics in rice by near-infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples. *Cereal Chemistry* , **73**, 257-263.
- DEMCHIK, M.; SHARPE, W., 2000. The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality. *For. Ecol. Manage.*, **136**, 199-207.
- DEY, D.C., 1995. Acorn production in red oak. Ontario Forest Research Institute. *Forest Research Information Paper*, **127**, 1-22.
- DÍAZ FERNÁNDEZ, P.M., 2000. *Variabilidad de la fenología y del ciclo reproductor de Quercus suber L. en la Península Ibérica*. Tesis doctoral. Universidad politécnica de Madrid.
- DÍAZ, B.; CIRIELLI, J., 2003. Poda de forestales. *Producción Forestal*, **Octubre**, 2-8.
- DÍAZ, M.; MØLLER, A. P.; PULIDO, F.J., 2003. Fruit abortion, developmental selection and developmental stability in *Quercus ilex*. *Oecologia* , **135**, 378-385.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ P. M.; CLIMENT J.; GIL L., 2004. Biennial acorn maturation and its relationship with flowering phenology in Iberian populations of *Quercus suber*. *Trees* , **18**, 615-621.
- DIKEMAN, E.; POMERANZ, Y.; LAI, F.S., 1982. Minerals and protein contents in hard red winter wheat. *Cereal Chem.*, **59 (2)**, 139-142.
- DOBAO, M.T.; RODRIGÁNEZ, J.; SILIO, L.;TORO, M.A., 1988. Iberian pig production in Spain. *Pig News and Information*, **9**, 277-282.
- DORNBOS, D. L.; MULLEN, R. E., 1992. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **69 (3)**, 228-231.
- DOWNS, A.; MCQUILKIN, W. E., 1944. Seed production in southern Appalachian oaks. *Journal of Forestry*, **42**, 913- 920.
- DRAKE, W. E., 1991. Evaluation of an approach to improve acorn production during thinning. En: *Proceedings 8th central hardwood forest conference*, 429-441. USDA For. Serv. Ne. Res. (Eds.). University Park, Pennsylvania (USA).

- DUCOUSSO, A.; GUYON J.P.; KREMER, A., 1996. Latitudinal and altitudinal variation of bud burst in western populations of sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.). *Ann. Sci. For.*, **53**, 775-782.
- EDWARDS, J. P.; ROTUNDO, J.L.; WESTGATE, M.E., 2010. Tasa y duración de la acumulación de los componentes de semilla de soja bajo stress hídrico. En: *Ciclo de Seminarios 2010, II Programa de Posgrado en Ciencias Agrarias, AREA PRODUCCION VEGETAL*. INTA. Balcarce (Argentina)
- ELENA-ROSELLÓ, J.A.; RÍO, J.M.; GARCÍA VALDECANTOS; J.L & SANTAMARÍA, I.G., 1993. Ecological aspects of the floral phenology of the cork-oak (*Q. súber* L.): why do annual and biennial biotypes appear? *Ann. Sci. For.*, **50**, Suppl. 1, 114-121
- ENGLYST, H.N.; QUIGLEY, M.E.; HUDSON, G.J.; CUMMINGS, J.H. 1992. Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography. *Analyst*, **117**, 1707-1714
- ERSKINE, W. WILLIAMS, P.C.; NAKKOUL, H., 1985. Genetic and environmental variation in the seed size, protein, yield, and cooking quality of lentils. *Fields Crops Research*, **12**, 153-161.
- ESCRIBANO, M.; PULIDO, F., 1998. *La dehesa en Extremadura. Estructura económica y recursos naturales*. Ed. Colección Monografías, Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Junta de Extremadura, 145 pp. Mérida (España)
- ESCUADERO, A.; GARCÍA, B.; GÓMEZ, J.M.; LUIS, E., 1985. The nutrient cycling in *Quercus rotundifolia* and *Quercus pyrenaica* ecosystems ("dehesas") of Spain. *Acta Oecologica. Oecol. Plant.*, **6**, 73-86.
- ESPAÑA. Real Decreto 25 noviembre 1995, por el que se aprueba los métodos oficiales de análisis de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. *Boletín Oficial del Estado*, 2 de marzo de 1995, 52, 7161-7237.
- ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; RAMÍREZ, M.R.; VENTANAS, J.; CAVA, R., 2004. Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of liver pâté. *Meat Sci.*, **67**, 453-461.
- EZQUERRA BOTICARIO, F.J., 2011. De cómo las dehesas se confundieron con su nombre. Reflexiones sobre la génesis histórica de los sistemas adehesados. En: *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, 535-552. C. LÓPEZ-CARRASCO et al. (Eds). SEEP. Madrid (España).
- FEIJÓ, J.A.; CERTAL, A.C.; BOAVIDA, L.; VAN NERUM, I.; VALDIVIESSO, T.; OLIVEIRA, M.M.; BROOthaerts, W., 1999. Advances on the study of sexual reproduction in the cork-tree (*Quercus suber* L.), Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and in *Rosaceae* (Apple and Almond). En: *Fertilization in higher plants. Molecular and cytological aspects*, 377-396. M. CRESTI et al. (Eds.). Springer, Berlin Heidelberg New York (U.S.).
- FENNER, M., 1983. Relationships between seed weight, ash content and seedling growth in twenty four species of Compositae. *New Phytologist*, **95**, 697-706.
- FERNÁNDEZ DE AHUMADA, E., 2004. *Optimización de la señal espectroscópica del infrarrojo cercano para el control de calidad de patata*. Trabajo Profesional fin de Carrera, Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA., 2008. Principales plagas de las dehesas de Cardeña. En: *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, 295-342. FERNÁNDEZ REBOLLO et al. (Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- FERNÁNDEZ RANCHAL, A., 2005. *Producción y calidad de bellota de encina en dehesas y efecto de la poda de mantenimiento*. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM, Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- FERNANDEZ RANCHAL, A.; CARBONERO, M.D.; FERNANDEZ REBOLLO, P., 2008. Producción y morfología de bellota. Influencia de la poda y de la variedad. Evolución a lo largo de la montanera. En: *La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, 205-223. FERNÁNDEZ REBOLLO et al. (Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- FERNÁNDEZ REBOLLO P.; BLÁZQUEZ CARRASCO, A.; AGÜERA, J.; LECHUGA, M.P.; CARBONERO MUÑOZ, M.D., 2004. Efecto del pastoreo con ganado ovino y el laboreo en las propiedades físicas y químicas de un suelo de textura arenosa de dehesa. En: *Pastos y ganadería extensiva*, 721-726. B. GARCÍA CRIADO et al. (Eds.). IRNA-CSIC. Salamanca (España).
- FERNÁNDEZ REBOLLO, P., CARBONERO, MD., 2007. *Control y seguimiento de los programas Agroambientales en la comunidad autónoma andaluza. Fomento y conservación de la dehesa en Andalucía. El estado de los recursos en la dehesa y el papel de las medidas agroambientales (1999-2006)*. Informe Técnico Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 785 pp. Sevilla (España).
- FERNÁNDEZ REBOLLO, P., PORRAS TEJEIRO, C., J. 1999. *La dehesa. Algunos aspectos para la regeneración del arbolado*. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Junta de Andalucía, 42 pp. Sevilla (España).
- FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; CARBONERO MUÑOZ, M.D., 2008. La dehesa como hábitat natural para el Cerdo Ibérico. En: *El cerdo ibérico. Una revisión transversal*, 103-134. J. FORERO (Eds.). Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Fundación Caja Rural del Sur. Sevilla (España).

- FERNÁNDEZ, I.; GOMEZ, A.; MORENO, P.; FERNÁNDEZ, P.; DE PEDRO, E.; DÍAZ, E.; SANCHEZ, L., 2005. Características de las bellotas de encina (*Q. ilex*) en diferentes zonas del Valle de Los Pedroches (Córdoba). Inventario bromatológico. En: *Actas de la XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 383-389. K. OSORO et al. (Eds.). Gijón (España).
- FERNÁNDEZ, I; GÓMEZ, A.; MORENO, P.; DE PEDRO, E.; DÍAZ, E.; LÓPEZ, F.J; SÁNCHEZ, L., 2004. Variabilidad de las características de las bellotas en el valle de los Pedroches (Córdoba). En: *Pastos y ganadería extensiva*, 317-322. GARCÍA CRIADO et al. (Eds.). IRNA-CSIC. Salamanca, (España).
- FLINN; MURRAY., 1992. Sample, instrumental and seasonal influences on the performance of NIR calibrations in feed analysis. En: *Making Light Work: Advances in Near Infrared Spectroscopy*, MURRAY and I.A. COWE (Eds.). Weinheim, (Alemania), 253–263
- FLORENSA, M.; SOLÉ, M. A., 1996. Poda de producción en arbequino. *Agricultura: Revista agropecuaria*, **65**, 371-374
- FREEMAN, D. C.; E. D. MCARTHUR, K. T.; HARPER, A.; BLAUER, C., 1981. Influence of environment on the floral sex ratio of monoecious plants. *Evolution*, **35**; 194–197
- FRUTOS, P.; PÉREZ, V.; J. BENAVIDES, J.; MANTECÓN, A.R., 2005. Intoxicación del ganado vacuno por consumo de bellotas. *Albétar*, **82**: 42-45
- GAGO, A., 1989. Los tejidos adiposos del cerdo ibérico en relación con su genética, alimentación y su manejo. En: *I Coloquio Cerdo Mediterráneo*, 1-9. Badajoz (España).
- GALÁN CELA, P.; GAMARRA GAMARRA, R.; GARCÍA VIÑAS, J.I., 2003. *Árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Ed. Jaguar, 775 pp. Madrid (España).
- GARCÍA D., RAMOS S., BARRANTES J.J., BLANCO J., MARTÍNEZ M., LUCAS A.B., VÁZQUEZ F.M., 2005. Estimación de la producción de bellotas de los encinares extremeños en la campaña 2005-06. *Solo Cerdo Ibérico*, **13**, 85-94.
- GARCÍA MORENO, A.; CARBONERO MUÑOZ, M.D.; MORENO ELCURE, F.; LEAL MURILLO, J.R.; HIDALGO FERNÁNDEZ, M.; FERNÁNDEZ REBOLLO, P., 2011. ¿Influye la cubierta vegetal bajo el dosel arbóreo sobre el contenido en nutrientes y el estado hídrico de la hoja de encina en la dehesa? En: *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, 561-566. C. LÓPEZ-CARRASCO et al. (Eds.). SEEP. Madrid (España).
- GARCÍA-MOZO, H.; GÓMEZ-CASERO, M.T.; DOMÍNGUEZ, E.; GALÁN, C., 2007. Influence of pollen emission and weather-related factors on variations in holm-oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) acorn production. *Environ. Exper Bot*, **61**, 35–40.
- GARCÍA-ORTIZ, A.; FERNANDEZ, A.; PASTOR, M.; HUMANES, J., 1996. Poda. En: *El cultivo del Olivo*, 315-351. D. BARRANCO et al. (Eds.). Mundiprensa S.A. y Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Madrid (España).
- GARRIDO, A.; PÉREZ, M.D.; GUERRERO, J.E.; GÓMEZ, A., 2003. Avances en la utilización de la tecnología NIRS. Aplicaciones en producción animal. En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal, XIX Curso de Especialización FEDNA*, 3-26. P.G, REBOLLAR et al. (Eds.). Madrid (España).
- GARRIDO, A.; SANCHEZ, T.; PEREZ, D., 2000. Aplicación de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) al análisis de productos de origen vegetal. *Alimentaria*, **Junio**, 57-62.
- GARRIDO, J. L.; REY, P. J.; HERRERA, C. M., 2005. Fuentes de variación en el tamaño de la semilla de la herbácea perenne *Helleborus foetidus* L. (Ranunculaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **62(1)**, 115-125
- GARRISON, B.A.; KOENIG, w.d.; KNOPS, J., 2006. Spatial Synchrony and Temporal Patterns in Acorn Production of California Black Oaks. GENERAL TECHNICAL REPORT PSW-GTR-217
- GEA, G.; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G., 2006. Acorn production in Spanish holm oak woodlands. *Invest Agrar: Sist Recur For.*, **15(3)**, 339-354
- GEATER, C. W.; FEHR, W. R., 2000. Association of total sugar content with other seed traits of diverse soybean cultivars. *Crop Sci*, **40**, 1552-1555.
- GEIGER, D. R.; WENG-JANG, S., 1988. Analyzing partitioning of recently fixed and of reserve carbon in reproductive *Phaseolus vulgaris*, L. plants. *Plant Cell Environ.*, **11**, 777-783.
- GERITZ S. A. H.; VAN DER MEIJDEN E.; METZ, JA., 1999. Evolutionary dynamics of seed size and seedling competitive ability. *Theor Popul Biol.*, (**55**), 324–343
- GERITZ, S.A.H. 1998. Co-evolution of seed size and seed predation. *Evolutionary Ecology*, **12**, 891-911
- GIL-ALBERT VELARDE, F., 1991. *Tratado de arboricultura frutal. Vol. 1, Aspectos de la morfología y fisiología del árbol frutal*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 103 pp. Madrid (España).

- GOLDSCHMIDT, E.E.; GOLOMB, A., 1982. The carbohydrates balance of alternate-bearing Citrus trees and significance of reserves for flowering and fruiting. *Journal American Society Science*, **107 (2)**, 206-208.
- GÓMEZ CASERO, T.; GALÁN, C.; DOMÍNGUEZ VILCHES, E., 2007. Flowering phenology of mediterranean *Quercus* species in different locations (Córdoba, sw Iberian Peninsula). *Acta Botanica Malacitana*, **32**, 127-146.
- GÓMEZ J.M., 2004. Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evolution*, **58**, 71-80.
- GÓMEZ J.M.; LUIS E.; ESCUDERO, A., 1980. Materiales aportados al suelo por la encina en la zona de dehesas salmantina. I. Sustancia seca. *Stud Oecol*, **II**, 181-211.
- GÓMEZ, J.M., 2003. Spatial patterns in long-distance dispersal of *Quercus ilex* acorns by jays in a heterogeneous landscape. *Ecography*, **26**, 573-584.
- GOMEZ-CASERO, M.T., HIDALGO, P., GARCIA-MOZO, H., DOMINGUEZ, E., GALAN, C., 2004. Pollen biology in four Mediterranean *Quercus* species. *Grana*, **43**, 1-9.
- GOULA, A.M.; ADAMOPOULOS, K.G., 2003. Estimating the composition of tomato juice products by near infrared spectroscopy. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, **11 (2)**, 123-136.
- GRABER, R. E.; LEAK, W.B., 1992. *Seed Fall in an Old growth Northern Hardwood Forest*. Ed. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 11 pp. Radnor, PA (U.S).
- GRACIA, M.;RETANA, J., 1996. Effect of site quality and thinning management on the structure of holm oak forests in northeast Spain. *Ann. Sci. For.*, **53**, 571-584.
- GREENBERG, C.H. 2000. Individual variation in acorn production by five species of southern Appalachian oaks. *Forest Ecology and Management*, **132**, 199-210
- GREENBERG, C.H., 2000. Individual variation in acorn production by five species of southern Appalachian oaks. *Forest Ecology and Management*, **132**, 199-210
- GREENE, D. F.; JOHNSON, E. A., 2003. Modelling the temporal variation in the seed production of North American trees. *Can. J. For. Res.*, **34 (1)**, 65-75.
- GUARIGUATA, M. R., AND G. P. S'AENZ., 2002. Post-logging acorn production and oak regeneration in a tropical montane forest, Costa Rica. *For. Ecol. Manage.*, **167**, 285-293.
- GULERIA, S.; SHARMA, S.; GILL, B.S.; MUNSHI, S.K., 2008. Distribution and biochemical composition of large and small seeds of soybean (*Glycine max* L.). *J. Sci. Food Agric.*, **88**, 269-272.
- GUNASEKERA, C.P.; MARTIN, L.D.; SIDDIQUE, K.H.M.; WALTON, G.H., 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*Brassica napus* L.) in Mediterranean-type environments. I. Crop growth and seed yield. *Eur. J. Agron.*, **25**, 1-12.
- HADDAD, O.; DEL VALLE, R.; PARGAS, R., 1992. Algunas características del fruto de 'Plátano Hartón Enano' *Musa* AAB. *Agronomía Tropical*, **42 (5/6)**, 239-351
- HAIG, D.; WESTOBY, M., 1988. On limits to seed production. *American Naturalist*, **131**, 757-759.
- HALPERN, S. L., 2005. Sources and consequences of seed size variation in *Lupinus perennis* (Fabaceae): adaptive and non-adaptive hypotheses. *American Journal of Botany*, **92(2)**, 205-213.
- HARPER, J. L.; LOVELL, P. H.; MOORE, K. G., 1970. The Shapes and Sizes of Seeds: *Annual Review of Ecology and Systematics*, **1**, 327-356
- HARRIS, J.R.; MCWILLIAM; MASSON, W.K., 1978. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. *Aust. J. Agric. Res.*, **29**, 1203-1212.
- HARTMANN, R.; BÜNING-PFAUE, H., 1998. NIR determination of potato constituents. En: *Potato Research*, **41**, 327-334
- HARTWIG, E. E.; KUO, T. M.; KENTY, M.M., 1997. Seed protein and its relationship to soluble sugars in soybean. *Crop Sci*, **37**, 770-773.
- HEALY, W.M., LEWIS, A.M., BOOSE, E.F., 1999. Variation of red oak acorn production. *Forest Ecology and Management*, **116**, 1-11.
- HEALY, W.M.; LEWIS, A.M.; BOOSE, E.F. 1999. Variation of red oak acorn production. *Forest Ecology and Management*, **116**, 1-11.
- HERRERA, C.M.; JORDANO, P.; GUITIÁN, A.; TRAVESET, A., 1998. Annual variability in seed production by woody plants and the masting concept: reassessment of principles and relationship to pollination and seed dispersal. *The American Naturalist*, **152 (4)**, 576-594.
- HIDALGO-FERNANDEZ, P.; GALAN SOLDEVILLA, C.; DOMINGUEZ-VILCHES, E., 2000. Pollen production of the genus *Cupressus*. *Grana*, **38**, 296-300.

- HODAR, J. 2002. Leaf fluctuating asymmetry of holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions. *Journal of Arid Environmets* **52**, 233-243.
- HONG, J.H.; IKEDA, K.; KREF, I.; YASUMOTO, K., 1996. Near-infrared diffuse reflectance spectroscopic analysis of the amounts of moisture, protein, starch, amylose, and tannin in buckwheat flours. *J Nutr Sci Vitaminol* , **42(4)**, 359-66.
- HONGMAO ZHANG; YU CHEN ; ZHIBIN ZHANG., 2003. Spatial and temporal variations in insect-infested acorn fall in a *Quercus liaotungensis* forest in North China. *Ecological Research*, **18**, 155–164
- HOWELL, R.; COLLINS, F. 1957. Factors affecting linoleic and linolenic acid content in soybean. *Agron. J.*, **49**, 593-597.
- HUNTSINGER, L.; BARTOLOME, J. W.; STARRS, P.F., 1991. *A Comparison of Management Strategies in the Oak Woodlands of Spain and California*. Ed. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-126.
- HYMOWITZ, T.; F.I. COLLINI, J. PANAZNER; W.M. WALKER., 1972. Relationship between the content of oil, protein and sugar in soybean seed. *Agron. J.* **64**, 613-616.
- IMS, R.A., 1990. The ecology and evolution of reproductive synchrony. *Trends in Ecology and Evolution*, **5**, 135–140.
- INFANTE J.M., MAUCHAMP A., FERNÁNDEZ-ALÉS R., JOFFRE R., RAMBAL S., 2001. Within-tree variation in transpiration in isolated evergreen oak trees: evidence in support of the pipe model theory. *Tree Physiol* , **21**, 409-414.
- ISAGI, Y., SUGIMURA, K., SUMIDA, A., ITO, H., 1997. How does masting happen and synchronize? *J. Theor. Biol.*, **187**, 231-39
- ISAKSSON, T.; JORGENVAG, L.E.; SEGTMAN, V.H., 2000. Comparing dry extract spectroscopy infrared reflection with direct measurements on liquids food. En: *Near Infrared Spectroscopy Proceedings of the 9th International Conference*, 139-144. Ed. Davies, A.M.C. and Giangiacomo., NIR Publications, Verona, Italia.
- ISLAM, M.S.; RAHMAN, L.; ALAM, S., 2009. Correlation and path coefficient analysis in fat and fatty acids of rapeseed and mustard. *Bangladesh J. Agris. Res.*, **34 (2)**, 247-253.
- IWASA, Y; SATAKE, A., 2004. Mechanisms inducing spatially extended synchrony in mast seeding: The role of pollen coupling and environmental fluctuation. *Ecological Research*, **19**, 13–20
- JENNER, C.F.; RATHIEN, A.J., 1975. Factors regulating the accumulation of starch in ripening wheat grain. *Australian Journal of Plant Physiology*, **2 (3)**, 311-322.
- JENSEN, J.S. 1993. Variation of growth in Danish provenance trials with oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Mattuschka Liebl). *Ann. Sci. For*, **50 (1)**, 203-207.
- JIMENEZ BRENES, F.M., 2009. *Variabilidad biológica de la encina. tolerancia de brinzales de encina procedentes de distintas variedades a la podredumbre radical causada por Phytophthora cinnamomi Rands*. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM Universidad de Córdoba. Córdoba (España)
- JIMÉNEZ, F. J. SORIA, M. VILLAGRÁN, M. E. OCETE., 2005. Descripción del ciclo biológico de *Curculio elephas* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en un encinar del sur de España. *Bol. San. Veg. Plagas*, **31**, 353-363.
- JIMÉNEZ, M.P.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M.; IGLESIAS, S.; DE TUERO, M.; GIL, L., 1996. *Las regiones de procedencia de Quercus ilex L. en España*. Ed. ICONA, 87 pp. Madrid (España).
- JOHANSSON, A.; LAAKSO, P.; KALLIO, H., 1997. Characterization of seed oils of wild, edible Finnish berries. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, **204**, 300-307.
- JOHNSON, P.S., 1994. How to manage oak forests for acorn production. En: *Technical brief from the North Central Forest Experiment Station*, 1-4. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station (Eds.). Columbia (U.S.).
- JORDANO, P., 1988. Polinización y variabilidad de la producción de semillas en "Pistacia lentiscus" L. ("Anacardiaceae"). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **45 (1)**, 213-231
- JORGE, I.; NAVARRO, R.; LENZ, C.; ARIZA, D.; PORRAS, C.; JORRÍN, J., 2006. Variation in the holm oak leaf proteome at different plant developmental stages between provenances and in response to drought stress. *Proteomics*, **6**, 207-214
- KÄPYLÄ, M., 1984. Diurnal variation of tree pollen in the air in Finland. *Grana*, **23**, 167-176.
- KATO E.; HIURA T., 1999. Fruit set in *Styrax obassia* (Styracaceae): the effect of light availability, display size, and local floral density. *Am J Bot*, **86**, 495-501.
- KAWANO, S.; WATANABE H.; IWAMOTO, M., 1992. Determination of sugar content in intact peaches by near infrared spectroscopy with fibre optics in interactance mode. *J. Japan Soc. Hort Sci.*, **61 (2)**, 445- 451.

- KAYS, S.E., 1996. Prediction of total dietary fiber in cereal products using near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 2266–2271.
- KAZUHIKO, M.; HAJIME, S., 2002. Acorn production by Kashiwa oak in a coastal forest under fluctuating weather conditions. *Can. J. For. Res.*, **32**, 9–15
- KELLY, D., 1994. The evolutionary ecology of mast seeding. *Trends in Ecology and Evolution*, **82**, 117-126.
- KELLY, D.; SORK, V.L., 2002. Mast Seeding in Perennial Plants: Why, How, Where? *Annual Review of Ecology and Systematics*, **33**, 427-447.
- KELLY, D.; HART, D. E.; ALLEN, R.B., 2001. Evaluating the wind-pollination benefits of mast seed- ing. *Ecology*, **82**, 117-126
- KELLY, D; SULLIVAN, J.J., 1997. Quantifying the ben- efits of mast seeding on predator satiation and wind pollination in *Chionochloa pallens* (Poaceae). *Oikos*, **78**, 143-150
- KHORSHIDI, E.R.; KAZEMITABAR, S.K.; KIANOOSH, G., 2004. A study of relationship between fatty acid and protein composition in soybean (*Glycine max L.*) seeds and morphological an d phonological traits, by use of factor analysis. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, **35 (1)**, 205-215.
- KLOSS, S.; MCBRIDE, J., 2002. Geographic patterns of variation in biomass production of California Blue Oak seedlings as a response to water availability. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.*, **184**, 405-415.
- KNAPP, E. E.; GOEDDE, M. A.; RICE, K. J., 2001. Pollen-limited reproduction in blue oak: implications for wind pollination in fragmented populations. *Oecologia*, **128**, 48–55.
- KOENIG WD, KNOPS JMH., 2000. Patterns of annual seed production by Northern Hemi- sphere trees: a global perspective. *Am. Nat.*, **155**, 59-69.
- KOENIG, W.; KELLY, D.; SORK, V.; DUNCAN, R.; ELKINTON, J.; PELTONEN, M.; WESTFALL, R., 2003. Dissecting components of population-level variation in seed production and the evolution of masting behavior. *Oikos*, **102**, 581-591.
- KOENIG, W.; MUMME, R.; CARMEN, W.; STANBACK, M., 1994. Acorn Production by Oaks in Central Coastal California: Variation within and among Years. *Ecology*, **75 (1)**, 99-109.
- KOENIG, W.D.; ASHLEY, M.V., 2003. Is pollen limited? The answer is blowing in the wind. *Trends Ecol. Evol.*, **18**, 157–159.
- KOENIG, W.D.; KNOPS, J.M.H.; CARMEN, W.J.; STANBACK, M; MUMME, R.L., 1996. Acorn production by oaks in central coastal California: influence of weather at three levels. *Can. J. Forest Res.*, **26**, 1677-1683.
- KOOPS, M. A.; HUTCHINGS, J. A.; ADAMS, B. K., 2003. Environmental predictability and the cost of imperfect information: influences on offspring size variability. *Evolutionary Ecology Research*, **5**, 29–42.
- KRANNITZ, P. G., 1997. Seed weight variability of antelope bitterbrush (*Purshia tridentata*: Rosaceae). *American Midland Naturalist*, **138**, 306–321.
- KRANNITZ, P.G.; AARSSSEN, L.W.; DOW, J.M., 1991. The effects of genetically based differences in seed size on seedling survival in *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). *Amer. J. Bot.*, **78**, 446-450.
- KRIEBEL, H.B.; BAGLEY, W.T.; DENEKE, F.J.; FUNSCH, R.W.; ROTH, P.; JOKELA, J.J.; MERRITT, C; WRIGHT, J.W.; WILLLLANS, R.D., 1976. Geographic variation in *Quercus rubra* in north central United States plantations. *Silvae Genética*, **25**, 118-122
- KUMAR, K.A.; GUPTA, S.C.; ANDREWS, D.J., 1983. Relationship between nutritional quality characters *vitro* and grain yield in pearl millet. *Crop Sci.*, **23**, 232-234.
- KWANG, R.; KILKWON, Y.; HEE-LEE, K.; IWAMOTO, M., 1996. Application of near infrared spectroscopy for quality evaluation of intact apple. En: *Near Infrared Spectroscopy: the Future Waves. The Proceedings of the 7th Intemtional Conference on Near Infrared Spectroscopy*, 629-631. Ed. Davies and Williams. Montreal (Canada).
- LAGUNA, E., 1998. *El cerdo ibérico en el próximo milenio*. Ediciones Mundi-Prensa, 315 pp. Madrid (España).
- LAGUNA, M., 1883. *Flora forestal Española*, 370 pp. Madrid (España).
- LARSEN, D.R.; CECICH, R.A., 1997. Model of white oak flower survival and maturation. En: *Proceedings of the 11th Central Hardwood Forest Conference*, 262-268. S.R. PALLARDY *et al.* (Eds.).Columbia, M.O. (USA).
- LATTIN, J.; CARROLL, J.D.; GREEN, P.E., 2003. Analyzing Multivariate Data. Thomson Learning, CA.
- LEAL MURILLO, J.R., 2009. *Estudio nutritivo de la encina en la dehesa y su relación con parámetros edáficos, fisiológicos y productivos*. Trabajo Profesional Fin de carrera, Universidad de Córdoba. Córdoba (España)
- LEFFEL, R.C.; RHODES, W. K., 1993. Agronomic performance and economic value of high seed protein soybean. *J. Prod. Agric.*, **6**, 365-368.

- LEISHMAN, M.R., I.J. WRIGHT, A.T. MOLES Y M. WESTOBY., 2000. The evolutionary ecology of seed size. En: *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 31-57. FENNER *et al.* (Eds.). CAB International, Wallingford, (U.K).
- LEIVA, M.J.; FERNÁNDEZ-ALÉS, R., 1998. Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. *Forest Ecology and Management*, **111**, 147-156.
- LEÓN, L.; RALLO, L.; GARRIDO, A., 2003. Análisis de aceituna intacta mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS): una herramienta de utilidad en programas de mejora de olivo. *Grasas y aceites*, **54 (1)**, 41-47
- LIEBHOLD, A.; SORK, V.; PELTONEN, M.; KOENIG, W.; BJORNSTAD, O.; WESTFALL, R.; ELKINTON, J.; KNOPS, M., 2004. Within-population spatial synchrony in mast seeding of North American oaks. *Oikos*, **104**, 156-164.
- LIEPE, K. 1993. Growth-chamber trial on frost hardiness and field trial on flushing of sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.). *Ann. Sci. For.*, **50 (1)**, 208-214.
- LISTER, S.J.; BARNES, R.J.; DHANOA, M.S.; SANDERSON, R. 1992. Near Infrared Spectra of liquids extracts using standardised difference spectra of dry residues. En: *Making Light Works: Advances in Near Infrared Spectroscopy*, I. MURRAY AND I. COWE (Eds.). London (UK), 284-290.
- LITTELL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B., 1998. Statistical Analysis of Repeated Measures Data Using SAS Procedures. *J. Anim. Sci.*, **76**, 1216-1231.
- LIU, K.; ORTHOEFER, F.; BROWN, E. A., 1995. Association of seed size with genotypic variation in the chemical constituents of soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **72**, 189-192.
- LOMBARDO, J. ; MCCARTHY, B., 2008. Silvicultural treatment effects on oak seed production and predation by acorn weevils in southeastern Ohio. *Forest Ecology and Management*, **255 (7)**, 2566-2576.
- LÓPEZ BOTE, C.; FRUCTUOSO, G.; MATEOS, G.G., 1999. Sistemas de producción porcina y calidad de la carne. El cerdo ibérico. En: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal, XVI Curso de Especialización FEDNA*, 3-26. P.G. REBOLLAR *et al.* (Eds.). Madrid (España).
- LOPEZ BOTE, C.; ISABEL, B.; REY , A.I., 1998. Alimentación del cerdo ibérico y calidad de la producción cárnica. *Anaporc*, **177**, 54-73
- LOPEZ BOTE, C.; MATEOS, F., 2000. Sistemas de producción porcina y calidad de la carne. El cerdo ibérico. En: *Avances en nutrición y alimentación animal: XVI Curso de especialización FEDNA*, 77-111. P. GARCIA REBOLLAR *et al.* (Eds.). Madrid (España).
- LOPEZ DE HEREDIA LARREA, U., 2006. *Filogeografía de los Quercus esclerófilos (Q. suber L., Q. ilex L. y Q. coccifera L.) en el mediterráneo occidental*. Tesis doctoral. ETSIM. Madrid (España).
- LÓPEZ-CARRASCO, C., ROBLEDO, J. C., MUÑOZ DE LUNA, T., 2006. Characterization of acorn yield (*Quercus rotundifolia*) using multiphase regression models. En: *Sustainable grassland productivity. Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation*, 317-322. J. LLOVERAS *et al.* (Eds.). Badajoz (España).
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; DAZA, A.; REY, A.; LÓPEZ-BOTE, C., 2004. Efectos de las heladas y los carpófagos (*Curculio* sp.) sobre la calidad de bellotas en una dehesa de Castilla-La Mancha. En: *Pastos y ganadería Extensiva. Actas de la XLIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 427-432. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). IRNA-CSIC. Salamanca (España).
- LÓPEZ-CARRASCO, C.; MUÑOZ DE LUNA, T.; DAZA, A.; REY, A.; LOPEZ BOTE, C., 2005. Variaciones inter e intraanuales de la calidad de bellotas de encina en una dehesa de Castilla-La Mancha.. En: *Actas de la XLV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 391-398. K. OSORO *et al.* (Eds.). SERIDA. Villaviciosa (España).
- LOPEZ-CARRASCO, C.; REY, A.I.; DAZA, A.; LÓPEZ-BOTE, C.J., 2011. Composición en ácidos grasos y tocoferoles del pasto herbáceo de otoño en una dehesa toledadana. En: *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*, 579-584. C. LÓPEZ-CARRASCO *et al.* (Eds.). SEEP. Madrid (España).
- LOPEZ-CARRASCO, C.; ROBLEDO, J.C.; MUÑOZ DE LUNA, T. 2007. Variaciones interanuales de la duración de la caída de bellotas de encina en la campana de Oropesa, Toledo. Efecto de las temperaturas y precipitaciones. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, 82-88. A. ALDEZABAL *et al.* (Eds.). NEIKER. Vitoria-Gasteiz (España).
- LUSK, J.J.; SWIHART R.K.; GOHEEN, J.R., 2007. Correlates of interspecific synchrony and interannual variation in seed production by deciduous trees. *Forest Ecology and Management* , **242**, 656–670
- MACCHIA, F.; CAVALLARO, V.; FORTE, L., 1993. La relación entre el clima, el ciclo ontogenético y la distribución de *Quercus ilex* L. En: *Congreso Forestal Español. Tomo I.*, 271- 276. Lourizán (España).

- MAESTRI, D.; LABUCKAS, K.; GUZMAN, C.; GIORDA, L. 1998. Correlation between seed size, proteína and oil contents, and fatty acid composition in soybean genotypes. *Grasas y aceites*, **49 (5-6)**, 450-453.
- MAIRE, R. 1961. Flore de L'Afrique du Nord. Vol VII. 122-123
- MAREGA FILHO, M. *et al.*, 2001. Relationships among oil content, protein content and seed size in soybeans. *Braz. arch. biol. technol.*, **44 (1)**, 23-32.
- MARINI, R.P.; SOWERS, D.L., 2000. Peach tree growth, yield, and profitability as influenced by tree form and tree density. *HortScience*, **35**, 837-842.
- MARTIN VICENTE, A.; FERNANDEZ ALES, R., 2006. Long Term Persistence of Dehesas. Evidences From History. *Agroforestry Systems*, **67 (1)**, 19-28.
- MARTÍN, A., 2004. El monte mediterráneo andaluz como fuente de riqueza biológica y económica. En: *El monte mediterráneo en Andalucía*, 163-178. C. HERRERA (coord.). Ed. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla (España).
- MARTÍN, A., INFANTE, J.M., GARCÍA, J., MERINO, J., FERNÁNDEZ R., 1998. Producción de bellotas en montes y dehesas del suroeste español. *Pastos*, **28 (2)**, 237-248.
- MASAKA, K.; SATO, H., 2002. Acorn production by Kashiwa oak in a coastal forest under fluctuating weather conditions. *Can. J. For. Res*, **32**, 9-15
- MAZER, S.J., 1989. Ecological, taxonomic and life history correlates of seed mass among Indiana dune angiosperms. *Ecol. Monog.*, **59**, 153-17.
- MAZUELOS, F.; FIESTAS, J.A.; RAMOS, F., 1966. Estudio del fruto de la encina (*Quercus ilex*). II. Características del fruto y de su aceite y harina. *Grasas y Aceites* **17**, 6-10
- McCARTHY, B.C.; QUINN, J.A., 1989. Within- and among-tree variation in flower and fruit production in two species of *Carya* (Juglandaceae). *Am J Bot*, **76**, 1015-1023
- McGEE, C.E., 1974. Elevation of seed sources and planting sites affects phenology. and development of red oak seedlings. *Forest Science*, **20 (2)**, 160-164
- McGINLEY, M.A.; CHARNOV, E. L., 1988. Multiple resources and the optimal balance between size and number of offspring. *Evolutionary Ecology*, **2**, 77-84.
- MEDINA BLANCO, M., 1956. Contribución al estudio del área de la encina en la provincia de Córdoba y de sus posibilidades alimenticias para el ganado. *Arch. Zootec.*, **5**, 101-204.
- MEDINA-BLANCO M., 1963. Pastos y montanera. En: *IV Reunión Científica de la SEEP*. Cáceres-Salamanca (España), 1-29.
- MELGAREJO MORENO P. 2000. *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas (Vol I)*. Ed. Mundi-Prensa y Ed. A. Madrid Vicente, 383 pp. Murcia (España).
- MERINO MADRID, A., 1997. *Ensayo sobre fiestas populares en Los Pedroches*. Ed. Mancomunidad de Municipios "Los Pedroches", 214 pp. Córdoba (España).
- MICHAELS, H. J.; BENNER, B.; HARTGERINK, A. P.; LEE, T. D.; RICE, S.; WILLSON, M. F.; BERTIN, R. I., 1988. Seed size variation: magnitude, distribution, and ecological correlates. *Evolutionary Ecology*, **2**, 157-166
- MILLA R.; PALACIO S.; MAESTRO M., 2002. Aportación preliminar al estudio de la influencia de la densidad del arbolado en la producción de bellota de un carrascal oscense de *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp. En: *XLII Reunión Científica de la SEEP*, 639-644. C. CHOCARRO *et al.* (Eds.). Universidad de Lérida. Lérida (España).
- MOLINAS, M.; CARITAT, A., 1989. Aportaciones al estudio del crecimiento longitudinal del alcornoque. *Options Méditerranéennes*, **3**, 69-72
- MOLINAS, M.; OLIVA, M; VAZQUEZ, P., 1989. Organización y variaciones estacionales del ápice vegetativo del alcornoque. *Scientia gerundensis*, **15**, 39-52.
- MONSELISE, S., GOLDSCHMIDT, E. E., 1982. Alternate bearing in fruit trees. *Hort. Rev.*, **4**, 128-173.
- MONTESINOS, D., 2007. *Resource availability and reproductive efficacy of the dioecious tree Juniperus thurifera*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. Valencia (España)
- MONTOYA, J. M., 1993. *Encinas y encinares*. Ediciones Mundi-Prensa, 131 pp. Madrid (España).
- MONTOYA, J.M., 1988. *Los alcornocales*. Ed. INIA, 267 pp. Madrid (España)
- MONTOYA, J.M.; MESÓN, M.L.; RUÍZ, J., 1988. *Una dehesa testigo: la dehesa de Moncalvillo, San Agustín de Guadalix, Madrid*. Ediciones Mundi-Prensa, 134 pp. Madrid (España).

- MORALES, J.; PÉREZ, J.F.; BAUCCELLS, M.D.; MOUROT J.; GASA, J., 2002. Comparative digestibility and lipogenic activity in Landrace and Iberian finishing pigs fed ad libitum corn- and corn-sorghumacorn- based diets. *Liv. Prod. Sci.*, **77**, 195-205.
- MOTILVA, M.J.; RAMO, T.; ROMERO, M.P., 2001. Caracterización geográfica de los aceites de oliva vírgenes de la denominación de origen protegida “Les Garrigues” por su perfil de ácidos grasos. *Grasas y aceites*, **52 (1)**, 26-32.
- MOYA, L.; GARRIDO VARO, A.; GUERRERO, J.E.; LIZASO, J.; GOMEZ, A. 1995. Quality control of raw materials in the feed compound industries. En: *Leaping ahead with near infrared reflectance spectroscopy*, G.D. BATTEN et al. (Eds). Royal Australian Chemical Institute. Victoria (Australia), 111-117.
- MOYEJA SANTANA, J. J., 1997. *Resistencia a la sequía en Phaseolus vulgaris L: un enfoque agroecofisiológico*. Tesis doctoral. Universidad de Los Andes (Venezuela).
- NATIVIDADE, J., 1932. Poda dos sobreiros. *Sep. Bol. Min. Agric.*, **XIII** , 1–29.
- NATIVIDADE, J., 1937. Técnica cultural dos sobreirais. En: *I Poda, Junta Nacional da Cortiça*. Lisboa, (Portugal).
- NAVARRO CERRILLO, R. M.; ARIZA MATEOS, D.; JORRÍN NOVO, J.; JORGE CERRUDO, I.; ECHEVARRÍA ZOMEÑO, S., 2008. Variabilidad intrapoblacional e interpoblacional de la encina (*Quercus ilex* L.). En: *La Dehesa en el Norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, 63-184. FERNÁNDEZ REBOLLO et al. (Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- NAVARRO GARCÍA, C. 1989. La vecería en el olivo. *Agricultura, Revista Agropecuaria*, **682**, 410-414.
- NAVARRO, R.; FERNÁNDEZ, P., 2000. *El síndrome de la seca del encinar*. Ed. Fundación Ricardo Delgado Vizcaíno, 165 pp. Pozoblanco (España).
- NORTON, D. A.; KELLY, D., 1988. Mast seeding over 33 years by *Dacrydium cupressinum* Lamb. (rimu) (Podocarpaceae) in New Zealand: the importance of economics of scale. *Functional Ecology*, **2**, 399-408.
- NUÑEZ, N.; PÉREZ, D.; SALAS, J.; GOMEZ, L.; SOTO, J.; GARCÍA-OLMO, J.; FERNÁNDEZ, V.M.; DEL MORAL, R., 2005. Determinación instantánea mediante NIRS de los parámetros de calidad de la aceituna: acidez, rendimiento graso y humedad. En: *XII Simposium Científico-Técnico, EXPOLIVA 2005*, Jaén (España).
- NUZZO, V.; BIASI, R.; DICHIO, B.; MONTANARO, G.; XILOYANNIS, C.; LANZIERI, A., 1999. Influence of different seasonal light availability on flower bud quality in CV *Tyrinthos* (*Prunus armeniaca* L.). *Acta Hort* **488**, 477-482.
- OBESO, J.R., ÁLVAREZ-SANTULLANO, M. Y RETUERTO, R., 1998. Sex ratios, size distributions and sexual dimorphism in growth in the dioecious tree *Ilex aquifolium* L. (Aquifoliaceae). *American Journal of Botany*, **85**, 1602-1608.
- OCAÑA, J., 1947. “*La Dehesa de la Jara*”
- OLEA, L.; POBLACIONES, M.J.; VIGUERA, J.; OLEA, B., 2004. Distribución de la “oferta” de bellota (cantidad y calidad) de encina (*Quercus ilex* Lam. ssp. *Ballota*) en “montanera” en dehesas del S.O. de Extremadura. En: *Pastos y ganadería extensiva*, 751-756. GARCÍA CRIADO et al. (Eds.). IRNA-CSIC. Salamanca (España).
- OLIKER, M.; POLJAKOFF-MAYBER, A.; MAYER, A.M. 1978. Changes in weight, nitrogen accumulation, respiration and photosynthesis during growth and development of seeds and pods of *Phaseolus vulgaris*. *Amer. J. Bot.*, **65**, 366-371.
- ORMAN, B. A.; SCHUMANN, R. A., 1991. Comparison of near-infrared spectroscopy calibration methods for the prediction of protein, oil, and starch in maize grain. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 883-886.
- ORTIZ C., A.; MACIÁ B., 2001. Los productos del cerdo Ibérico y la salud. En: *Porcino Ibérico: aspectos claves*, 751-762. C. BUXADÉ et al. (Coord.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).
- PAHLAVANI, M.H.; MIRI, A. A.; KAZEMI, G., 2008. Response of oil and protein conten to seed size in cotton. *International Journal of Agriculture and Biology*, **10 (6)**, 643-647
- PALOMO, J., 2007. La dehesa, el bosque humanizado. *Revista de la Cooperativa San Miguel*, **5**, 18-25.
- PARCIAK, W., 2002. Environmental variation in seed number, size, and dispersal of a fleshy-fruited plant. *Ecology*, **83(3)**, 780–793
- PASTOR MUÑOZ-COBO, M.; HUMANES GUILLEN, J., 2000. *Poda del olivo. Moderna Olivicultura*. Ed. Agrícola Española SA, 142 pp. Madrid (España)
- PENCO, A.D., 1995. La montanera. En: *El cerdo ibérico y su entorno*, 125-145. Ed. Dpto de Publicaciones de la Diputación Provincial de Badajoz. Badajoz, (España).
- PEREIRA COUTINHO, A., 1888. Os Quercus de Portugal. *Bol. Soc. Broteriana*, **6**, 57-116.

- PEREZ LATORRE, A.V.; CABEZUDO, B.; NIETO, J.M.; NAVARRO, T., 1996. Caracterización fenológica y ecomorfológica de alcornoques andaluces (Málaga, España). *Anales Jard. Bot. Madrid*, **54**, 554-560
- PEREZ MOHEDANO, D., 2005. Diferentes frecuencias de poda en olivares tradicionales. *Vida Rural*, **Noviembre**, 42-44.
- PÉREZ RAMOS, I.M., 2007. Factores que condicionan la regeneración natural de especies leñosas en un bosque mediterráneo del sur de la Península Ibérica. *Ecosistemas*, **16 (2)**, 1697-2473
- PÉREZ-LAORGA, E., 1999. *Experiencia sobre posibles tratamientos para el control de Curculio sp. (Balaninus sp.) en bellotas de encina. Resultados del año 1998*. Informes Técnicos de Plagas y Patología forestal 1/1999. Consellería de Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Valencia. (España).
- PERISSÉ P., 2002. *Semillas un punto de vista agronómico*. Archivo en www.semilla.cyta.com.ar
- PETER D., HARRINGTON C., 2002. Site and tree factors in Oregon white oak acorn production in Western Washington and Oregon. *Northwest Sci*, **76(3)**, 189-200.
- PIOVESAN, G.; ADAMS, J.M., 2005. The evolutionary ecology of masting: does the environmental prediction hypothesis also have a role in mesic temperate forests? *Ecological Research*, **20**, 739-743.
- PIRES, J.L.; MATTOS, J.C.; VIDMAR, S.; FIGUEIRA, A., 1998. Increasing cocoa butter yield through genetic improvement of *Theobroma cacao* L.: Seed fat content variability, inheritance, and association with seed yield. *Euphytica*, **103**, 115-121.
- PLIENINGER, T.; PULIDO, F.J.; KONOLD, W., 2003. Effects of land-use history on size structure of holm oak stands in Spanish dehesas: implications for regenerating and restoration. *Environ. Conserv.*, **30**, 61-70.
- POIRET. 1811. Supplementum Encyclopedie II
- PORRAS TEJEIRO, C. J.; MARTÍNEZ AGUILAR, R.; FERNÁNDEZ REYES, A., 1997. *Sistemas agrarios tradicionales de dehesa en las comarcas de la Sierra y los Andévalos de la provincia de Huelva*. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 313, pp. Sevilla (España).
- PORRAS, C.J., 1998. Efecto de la poda de la encina (*Quercus Rotundifolia* Lam.) en los aspectos de producción y en el del grosor de las bellotas. En: *Actas de la XXXVIII reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 381-384. Universidad de Valladolid. Valladolid (España).
- PORTAL BASURCO, C., 1999. *Desarrollo de calibraciones NIRS en granos y harinas: efecto de la forma de presentación del producto y del tipo de interacción radiación-muestra*. Trabajo profesional fin de carrera. Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- PRIETO-BAENA, J.C.; HIDALGO, P.J.; DOMINGUEZ, E.; GALAN, C., 2003. Pollen production in the Poaceae family. *Grana*, **42**, 153-160.
- PUERTA, C., 2008. Ecología de la regeneración de *Quercus ilex* a escala de paisaje: importancia de los dispersores y depredadores de semillas para el reclutamiento. *Ecosistemas*, **17 (3)**, 155-160
- PULIDO, F.J.; GARCÍA, E.; OBRADOR, J.J.; M.J. MONTERO., 2004. Effects of management on acorn production and viability in holm oak dehesas. En: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management International Congress*, 18- 21. Lugo (España)
- QUEZADA, C. 2008. Aplicación de la espectroscopia de reflectancia infrarojo cercano (NIRS) en el análisis de suelos. *Ciencia ahora*, **21**, 77-85
- RAMÍREZ LOZANO, F.; GÓMEZ CASTRO, A.G. ; RODRÍGUEZ BERROCAL, J. ; PEINADO LUCENA, E.; MEDINA BLANCO, M., 1983. Valoración de frutos de *Quercus liex* L. en función de la concentración de taninos. *Arch. Zootec.*, **122**: 3-16.
- RAMÍREZ, F., 1994. Aportación al estudio de la calidad nutritiva de la bellota. En: *El cerdo ibérico: II encuentro intersectorial*, 75-84. Ed. Caja rural de Badajoz. Badajoz (España).
- RAMÍREZ, M., 2001. *Variabilidad de la producción en olivo (Olea europaea L.). Relación entre alternancia, floración, vigor y productividad*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- RAMOS MAQUEDA, S. 2002. *Biología reproductiva de una masa de alcornoque (Q. Suber L.) en el sur de Badajoz*. Tesis doctoral. Universidad De Extremadura. Badajoz (España).
- RAMOS, A. 2003. *Desarrollo de ecuaciones NIRS para la determinación de la composición química de harina de bellota*. Trabajo profesional fin de carrera. Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- RAMOS, A. 2003. *Desarrollo de ecuaciones NIRS para la determinación de la composición química de harina de bellota*. Trabajo profesional fin de carrera. Universidad de Córdoba
- RAMOS, F.; MAZUELOS, F.; FIESTAS, J.A., 1964. Estudio del fruto de la encina (*Quercus ilex*) I sobre el aceite y harina de bellota. *Grasas y Aceites*, **15 (4)**, 193-196.

- RAZETO, B.; DÍAZ DE VALDÉS, E., 2001. Effects of summer pruning and bark girdling on cherimoya (custard apple) (*Annona cherimola* Mill.) var. Concha Lisa. *Agricultura Técnica*, **61** (2), 215-220.
- REES, M.; KELLY, D.; BJØRNSTAD, O.N., 2002. Snow, tussocks, chaos, and the evolution of mast seeding. *The American Naturalist*, **160**, 44-59.
- REY, A. I.; LÓPEZ-BOTE, C.J.; DAZA, A., 2007. Diferenciación de la alimentación en el porcino ibérico mediante el análisis de lípidos. *Ganadería*, **Octubre**, 26-30.
- REY, A.I.; LÓPEZ BOTE, C.J.; SANZ, R., 1997. Effect OF extensive feeding on octocopherol concentration and oxidative stability of muscle microsomes from Iberian pigs. *Animal Science*, **65**, 515-520.
- RIGUEIRO RODRIGUEZ, A., 2005. Estado de conservación de los bosques españoles. En: *Bosques monumentales de España*, 16-23. Editorial Mundiprensa. Madrid (España).
- RIVAS MARTÍNEZ, S. 1987. *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España 1:400.000. Serie Técnica*. Ed. ICONA, MAPA, 268 pp. Madrid (España)
- RODRÍGUEZ PAGAZAURTUNDÚA, J.J.; VILLALBA BUENDÍA, D., 2000. La poda de los cítricos. *Fruticultura profesional*, **111**, 29-41
- RODRÍGUEZ-BARBERO, G. I., 2009. *Fenología de Quercus ilex L. y Quercus suber L. en una dehesa del centro peninsular*. Trabajo profesional fin de carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid (España).
- RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V.; GARCÍA, A.; PEREA, J.; MATA, C.; GÓMEZ, A. 2007. Producción de bellota en la dehesa: factores influyentes. *Archivos de zootecnia*, **56** (R), 25-43.
- RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V.; GARCÍA MARTÍNEZ, A.; MATA MORENO, C.; PEREA MUÑOZ, J. M.; GÓMEZ CASTRO, A., 2008. Dimensiones y características nutritivas de las bellotas de los *Quercus* de la dehesa. *Archivos de Zootecnia*, **57** (R), 1-12.
- RODRIGUEZ-ESTEVEZ, V.; GARCÍA, A.; GÓMEZ, A.G., 2009. Characteristics of the acorns selected by free range inberian pigs during the montanera season. *Livestock Science*, **122**, 169-176.
- ROTUNDO, J. L.; BORRÁS, L.; WESTGATE, M. E.; ORF, J. H., 2009. Relationship between assimilate supply per seed during seed filling and soybean seed composition. *Fields Crops Research*, **112**, 90-96.
- RUIZ DE LA TORRE, J., 2006. *Flora Mayor*. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales, 1760 pp. Madrid (España).
- RUIZ, J., 1993. *Influencia de la alimentación sobre las características y composición de la grasa subcutánea y hepática del cerdo ibérico*. Tesis doctoral, Universidad de Extremadura. Badajoz (España).
- RUIZ, J.; ANTEQUERA, T.; MURIEL, E., 2002. Ácidos grasos en la alimentación del cerdo ibérico. *Albeitar*, **54**, 56-69
- RUPÉREZ, A., 1957: *La encina y sus tratamientos*. Ediciones Selvícolas, 145 pp. Madrid (España).
- SAKAI, S.; KIKUZAWA, K.; UMEKI, K., 1998. Evolutionary stable resource allocation for production of wind-dispersed seeds. *Evol. Ecol.* **12**, 477-485.
- SALADO NAVARRO, L. R.; HINSON, K. and SINCLAIR, T. R., 1985. Nitrogen partitioning and dry matter allocation in soybeans with different seed protein concentration. *Crop Sci.*, **25**, 451-455.
- SAN MIGUEL, A., 1994. *La dehesa española. Origen, tipología y gestión*. Ed. Fundación del Conde del Valle de Salazar, 96 pp. Madrid (España).
- SANCHEZ, M.E.; ROMERO, M.A.; TRAPERO, A.; 2008. Las enfermedades de los *Quercus* en Andalucía. En: *La Dehesa en el Norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación*, 261-294. FERNÁNDEZ REBOLLO et al. (Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- SÁNCHEZ, R., 2002. *Evolución de la composición de bellota a lo largo de la montanera en función de distintos factores*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. ETSIAM, Universidad de Córdoba. Córdoba (España)
- SATAKE A, IWASA, Y., 2000. Pollen coupling of forest trees: forming synchronized and periodic reproduction out of chaos. *J. Theor. Biol.*, **203**, 63-84
- SATO, T.; TAKAHATA, Y.; NODA, T.; YANAGISAWA, T.; MORISHITA, T.; SAKAI, S., 1995. Nondestructive determination of fatty acid composition of husked sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds by near-infrared spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **72**, 1177-1183.
- SAXENA, K.B.; FARIS, D.G.; SINGH, U.; KUMAR, R.V., 1987. Relationship between seed size and protein content in newly developed high protein lines of pigeonpea. *Plant Foods for Human Nutrition*, **36**, 335-340.
- SCHLARBAUM, S.E.; BAYLEY, W.T., 1981. Intraspecific genetic variation of *Quercus rubra* L. northern red oak. *Silvae Genética.*, **30**, 50-56.

- SCHNEBLY, S.; FEHR, W. 1993. Effect of years and planting dates on fatty acid composition of soybean genotypes. *Crop Sci.*, **33**, 716-719.
- SCHULTZ, H.; DREWS, H.; QUILITZSCH, T.; KRUGER, H., 1998. Application of near infrared spectroscopy for the quantification of quality parameters in selected vegetables and essential oil plants. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, **6**, 1-4.
- SEDGLEY, M.; GRIFFIN, A. R., 1989. *Sexual reproduction of tree crops*. Ed. London Academic Press, 378 pp. London (U.K.)
- SHANMUGASUNDARAM, S.; YAN, M.; YANG, R., 2001. Association between protein, oil, and sugar in vegetable soybean. En: *Vegetable Soybean Conference*, 157-160. T.A. LUMPKIN and S. SHANMUGASUNDARAM (Eds.). Washington State Univ. Pullman, WA. (U.S.).
- SHARP, W.M.; SPRAGUE, V.G., 1967. Flowering and fruiting in white oaks. Pistillate flowering, acorns development, weather, and yields. *Ecology*, **48(2)**, 243-521
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. 1989. Protocols for NIRS calibration: monitoring analysis results and recalibration. En: *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality*. G.C. MARTEN et al. (Eds.). ARS. Agriculture Handbook, 643. Washington (USA), 104-110.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. 1991. Population definition sample selection and calibration procedures for near infrared spectra and modified partial least squares regression. *Crops Science*, **31**, 469-474.
- SHENK, J.S.; WORKMAN, J.J. Y WESTERHAUS, M.O., 1992. *Applications of nirs technology for the evaluation of agricultural products. Handbook of NIRS*. BURNS, P.A. and CIURCZACK, E. W. (Eds). Marcel Dekker. New York (U. S.).
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. 1995. *Analysis of agricultural and food products by near infrared reflectance spectroscopy*. Monograph. NIR Systems. Inc.; 1210 Tech Roda, Silver Spring, MD 20904, 116 pp.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. 1996. Calibration the ISI way. En: *Near Infrared Spectroscopy. The future waves*, A.M.C. DAVIES AND P. WILLIAMS (Eds). NIR Publications. Montreal (Canadá), 198-202.
- SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O., 1996. Calibration the ISI way. En: *Near Infrared Spectroscopy. The future waves*, 198-202. DAVIES, A.M.C. and WILLIAMS (Eds.). NIR Publications. Montreal (Canadá).
- SHIBATA, M.; TANAKA, H.; NAKASHIZUKA, T., 1998. Causes and consequences of mast seed production of four co-occurring *Carpinus* species in Japan. *Ecology*, **79**, 54-64.
- SILVERTOWN, J., 1989. The paradox of seed size and adaptation. *Tree*, **4**, 24-26.
- SINCLAIR T.R., 1986. Water and nitrogen limitations in soybean grain production. I. Model development. *Field Crops Res.*, **15**, 125-141
- SINGH, R.; JULIANO, B.O., 1977. Free sugars in relation to starch accumulation in developing rice grain. *Plant Physiol*, **59**, 417-421.
- SINGH, R.; PEREZ, C.; PASCUAL, C.; JULIANO, B.O., 1978. Grain size, sucrose level and starch accumulation in developing rice grain. *Phytochemistry*, **17**, 1869-1874.
- SISCART, D., DIEGO, V. Y LLORET, F., 1999. Acorn ecology. En *Ecology of Mediterranean evergreen forests*, 75-87. RODÁ et al. (Eds.). Springer. Berlin (Alemania).
- SMITH, C.C.; HAMRICK, J.L.; KRAMER, C.L., 1990. The advantage of mast years for wind pollination. *Am. Nat.*, **136**, 154-66
- SORIA, F. J.; CANO, E.; OCETE, M. E., 1999. Valoración del ataque de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Coleoptera, *Curculionidae*) y *Cydia* spp. (Lepidoptera *Tortricidae*) en el fruto del alcornoque (*Quercus suber* Linné). *Bol. San. Veg. Plagas*, **25**, 69-74.
- SORIA, F. J.; VILLAGRÁN, M.; DEL TIÓ R.; OCETE, M. E., 1995. Incidencia de *Curculio elephas* gyll. (col, *curculionidae*) en alcornoques y encinares del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. *Bol. San. Veg. Plagas*, **21**, 195-201.
- SORIA, F.J.; CANO, E.; OCETE, M.E., 1999. Valoración del ataque de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Coleoptera, *Curculionidae*) y *Cydia* spp. (Lepidoptera, *Tortricidae*) en el fruto del alcornoque (*Quercus suber* Linné). *Bol. San. Veg. Plagas*, **25**, 69-74
- SORK, V.; BRAMBLE, J.; SEXTON, O., 1993. Ecology of mast-fruiting in three species of North American deciduous Oaks. *Ecology*, **74**, 528-541.
- SPRENT, 1976., J.I. Water stress and nitrogen fixing root nodules. En: *Water Deficits and Plant Growth*, 291-315. T.T. Kozlowski (Eds.). Academic Press. New York (U.S.).
- STELZER, E. L.; CHAMBERS, J.L. ; MEADOWS, J. S. ; RIBBECK, K. F., 2004. Leaf biomass and acorn production in a thinned 30-year-old cherrybark oak plantation. En: *Proceedings of the 12th biennial southern*

- silvicultural research conference*, 276- 279. K.F. CONNOR (Eds.). Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. Gen. Tech. Rep. SRS-71. Asheville, NC (U.S).
- STEPHAN, B.R.; VENNE, H.; LIEPE, K., 1996. Intraespecific variation of *Quercus petraea* in relation to budburst and growth cessation. En: *Inter and intra-specific variation in european oaks: evolutionary implications and practical consequence*, 165-184. KREMER AND MUHS (Eds.). Bruselas (Belgica).
- SUBRAMANIAN, V.; JAMBUNATHAN, R., 1981. Properties of sorghum grain and their relationship to roti quality. En: *Proc. Int. Symp. on Sorghum Grain Quality*, L. W., 280-288. ROONEY and D. S. MURPHY (Eds.) Int. Crops Res. Inst. Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru (India).
- TASHIRO, T.; FUKUDA, Y.; OSAWA, T.; NAMIKI, M., 1990. Oil and minor components of sesame (*Sesamum indivum* L.) strains. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **67 (8)**, 508-511.
- TECKLIN, J.; McCREARY, D.D., 1991. Acorn Size as a Factor in Early Seedling Growth of Blue Oaks. En: *Proceedings of the symposium on oak woodlands and hardwood rangeland management*, 48-53. STANDIFORD (Coord.). Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-126. Berkeley, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- TEJEDA, J.F., 1999. *Estudio de la influencia de la raza y la alimentación sobre la fracción lipídica intramuscular del cerdo Iberico*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- TEJEDA, J.F.; GANDEMER, G.; ANTEQUERA, T.; VIAU, M.; GARCÍA, C., 2002. Lipid traits of muscles as related to genotype and fattening diet in Iberian pigs: total intramuscular lipids and triacylglycerols. *Meat Sci.*, **60**, 357-363.
- TEJERINA, D.; GARCÍA-TORRES, S.; CABEZA DE VACA, M.; CAVA, R.; VAZQUEZ, F.M., 2010. Interannual variability and evolution during the montanera periodo of holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) acorns. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **8 (3)**, 634-641.
- TEJERINA, D.; GARCÍA-TORRES, S.; CABEZA DE VACA, M.; VÁZQUEZ, F.M.; CAVA, R., 2011. Acorns (*Quercus rotundifolia* Lam.) and grass as natural sources of antioxidants and fatty acids in the “montanera” feeding of Iberian pig: Intra- and inter-annual variations. *Food Chemistry*, **124**, 997-1004.
- TELLO, E., 1999. La formación histórica de los paisajes agrarios mediterráneos: una aproximación coevolutiva. *Historia Agraria*, **19**, 195-212
- TIETJE, W. D.; GARCIA, S.L.; WEITKAMP, W.H.; JENSEN, W.A.; VREELAND, J.K., 1999. Acorn yields in three coastal-central California counties during 1988-1997. *Transactions of the Western Section of the Wildlife Society*, **35**, 41-49.
- TONGMING, J.; LING, L.; HANG, CH.; XIANGYANG, Z.; DUOJIA, W., 2000. Application of near infrared spectroscopy for quality evaluation of vegetables in China. En: *Near Infrared Spectroscopy Proceedings of the 9th International Conference*, 907-910. Davies, A.M.C. and Giangiacomo, R. (Eds). NIR Publications. Verona, (Italia).
- TORMO, R.; MUÑOZ, A.; SILVA, I.; GALLARDO, F., 1996. Pollen production in anemophilous trees. *Grana*, **35**, 38-46.
- TORRENT, J. A., 1964. Montaneras en los últimos diez años 1953-1962. En: *Actas de la IV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Santander (España), 73-77.
- TORRENT, J.A.; VARELA, G. ; BOZA, J., 1961. Digestibilidad y valor nutritivo de la bellota en cerdos y estudio de la capacidad de asentamiento en encinares. *Montes*, **104**, 50-57.
- VACAS NAVARRO, J.M., 2009. *Morfología de la bellota. Influencia de la posición en la copa y permanencia de las características*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. Córdoba (España).
- VALLE BUENESTADO, B., 1985. *Geografía agraria de Los Pedroches*. Ed. Diputación de Córdoba, 592 pp. Córdoba (España)
- VÁLOR, O.; BAUTISTA, D., 2001. Estudio fenológico de cuatro variedades de vid bajo las condiciones del Tocado Estado Lara. *Bioagro*, **13 (2)**, 57-63
- VARELA, J.; FONOLLA; RUANO, J., 1965. Influencia del maíz sobre la digestibilidad y el valor nutritivo de la bellota en cerdos, *Av. Aliment. Mejora Anim.* **6**, 221-235
- VAUGHTON, G.; RAMSEY, M., 1998. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae). *Journal of Ecology*, **86**, 563-573.
- VAZQUEZ, A.; ARIZA, F., 1969. Estudio del fruto de la encina IV. Ácidos triterpénicos de la bellota. *Grasas y aceites*, **20 (4)**, 178-180
- VAZQUEZ, F. M.; ESPARRAGO, F.; LOPEZ MARQUEZ, J. A.; JARAQUEMADA, F., 1990. Los ataques de *Curculio elephas* Gyll (*Balaninus elephas*) y *Carpocapsa* sp. L. sobre *Quercus rotundifolia* Lam. en Extremadura. *Bol. San. Veg. Plagas*, **16**, 755-759.

- VÁZQUEZ, F.M.; ESPÁRRAGO, F.; LÓPEZ, J.A.; JARAQUEMADA, F.; PÉREZ, M.C., 1992. Descripción de la especie *Quercus rotundifolia* Lam. y sus formas para Extremadura. *Colección Información Técnica Agraria de la Junta de Extremadura*, serie: *Agricultura*, **17**, 3-23.
- VÁZQUEZ, F.M., 1998a. Producción de bellota en *Quercus* II. Aportación al conocimiento de sus plagas en el sur de la península ibérica. *Solo cerdo ibérico*, **1**, 67-75.
- VÁZQUEZ, F.M., 1998b. *Semillas de Quercus: biología, ecología y manejo*. Ed. Consejería de agricultura y comercio de la Junta de Extremadura, 234 pp. Badajoz (España)
- VÁZQUEZ, F. M.; DONCEL, E.; MARTÍN, D.; RAMOS, S., 1999. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en 1999. *Sólo Cerdo Ibérico*, **3**, 67-75.
- VÁZQUEZ, F. M.; CASASOLA, J.; RAMOS, S.; POZO, J.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; DONCEL E., 2000. Estimación de la producción de bellotas de los encinares de la provincia de Badajoz en la Campaña 2000-2001. *Sólo Cerdo Ibérico*, **5**, 63-68.
- VÁZQUEZ, F.; DONCEL, E.; RAMOS, S. 2001a. Variaciones de calidad en la bellota. *Sólo cerdo ibérico*, **6**, 75-80.
- VÁZQUEZ, F.M; PERAL PACHECO, D; RAMOS MAQUEDA, S. 2001b. *Historia de la vegetación y los bosques de la Baja Extremadura. Aproximaciones a su conocimiento*. Ed. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Extremadura, 122 pp. Mérida (España).
- VÁZQUEZ, F.M.; RAMOS, S.; DONCEL, E.; CASASOLA, J.A.; BALBUENA, E.; BLANCO, J.; POZO, J. 2001c. *Aforo de montaneras. Metodología*. Ed. Dirección General de Producción, Información e Investigación Agraria, Junta de Extremadura, 19 pp. Badajoz (España).
- VELASCO, L.; PÉREZ-VICH, B.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J.M., 1999a. Nondestructive screening for oleic and linoleic acid in single sunflower achenes by near-infrared reflectance spectroscopy. *Crop Science*, **39**, 219-222.
- VELASCO, L.; GOFFMAN, F D; BECKER, H C., 1999b. Development of calibration equations to predict oil content and fatty acid composition in *brassicaceae* germoplasm by near- nfrared reflectance spectroscopy. *JAOCS*, **76 (1)**, 25-30
- VELASCO, L.; MÖLLERS, C.; BECKER, H.C., 1999c: Estimation of seed weight, oil content and fatty acid composition in intact single seeds of rapeseed (*Brassica napus* L.) by near-infrared reflectance spectroscopy. *Euphytica*, **106**, 79-85
- VENABLE, D.L., 1992. Size-number trade-offs and the variation of seed size with plant resource status. *American Naturalist*, **140**, 287-304.
- VERDÚ, A.M.; FERRES, L.; RODÁ, F.; TERRADAS, J., 1980. Estructura y funcionalismo de un encinar montano en el Montseny. *Mediterránea*, **4**, 51-68.
- VICIOSO, C., 1950. *Revisión del género Quercus en España*. Ed. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 194 pp. Madrid (España).
- VIEIRA, J., 1991. *Subericultura*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 448 pp. Madrid (España).
- WESTGATE, M.E.; SCHUSSLER, J.R.; REICOSKY, D.C.; BRENNER, M.L., 1989. Effect of water deficits on seed development in soybean: II. Conservation of seed growth rate. *Plant Physiol.*, **91**, 980-985.
- WESTWOOD, N., 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ed. Mundiprensa, 461 pp. Madrid (España).
- WETZEL, D.L., 2001. Contemporary Near-Infrared Instrumentation. En: *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, 129-144. WILLIAMS P.K. and NORRIS K. (Eds.). American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- WILCOX, J.; CAVINS, J., 1992. Normal and low linolenic acid soybean strains: Response to planting date. *Crop Sci.*, **32**, 1248-1251.
- WILLIAMS, P., 1975. Aplicación de NIRS to analyze cereal grains and oilseeds. *Cereal Chem.*, **52**, 561-576
- WILLIAMS, P.C. y SOBERING, D.C., 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: *Near Infrared Spectroscopy. The future waves*, 185-188. DAVIES, A.M.C. and WILLIAMS (Eds.). NIR Publications. Montreal (Canadá).
- WILLIAMS, P.C., 2001. Implementation of Near-Infrared Technology. En: WILLIAMS P.K. and NORRIS K. (Eds.) 145-169. American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- WILLSON, M.F.; TRAVESET, A., 2000. The ecology of seed dispersal. En: *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*, 85-110. M. FENNER (Eds.). CAB International. Wallingford (UK).
- WINDHAM, W.R.; MARTENS, D.R.; BARTON, F.E., 1989. Protocols for NIRS calibration: sample selection equation development and validation. En: *Near Infrared Spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality*, 96-103. MARTEN *et al.* (Eds.). USDA Agric. Handb. 643. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC (U.S.).

WOLFGAST, L.J., 1972. *Mast production in scrub oaks (Quercus ilicifolia) on the coastal plain*. Tesis doctoral. New Jersey (U.S.).

WORKMAN, J. 1992. NIR Spectroscopy calibrations basics. En: *Handbook of near infrared analysis*, P.A. BURNS AND CIURCZACK, E.W. (Eds.). Boca Raton (USA), 247-249

WULFF, R., 1986. Seed Size Variation in *Desmodium paniculatum*: I. Factors Affecting Seed Size. *Journal of Ecology*, **74** (1), 87-97.

XIAODONGYU, Z.; HONGZHANG Z.; TIANHONG L., 2003. Spatial and temporal variations in insect-infested acorn fall in a *Quercus liaotungensis* forest in North China. *Ecological Research*, **18**, 155–164.

XINHAI, L.; SANG, J.; YANG, Q.; HIAO, S.; WANG, L., 1999. The effect of selection method on the association of yield and seed protein with agronomic characters in a interspecific cross of soybean. *Soybean Genetics Newsletters*.

YAMAUCHI, A., 1996. Theory of mast reproduction in plants: Storage-size dependent strategy. *Evolution* ,**50**, 1795-1807

YANIV, Z.; SCHAFFERMAN, D.; ZUR, M., 1995. The effect of temperature on oil quality and yield parameters of high- and low-erucic acid *Cruciferae* seeds (rape and mustard). *Ind. Crops Prod.*, **3**, 247–251.

ZHANG Li-feng LI Wei; WANG Jian-cheng XU Ran, WANG Cai-jie, DAI Hai-ying, 2008. Fat content and composition of fatty acid of soybean cultivars in Huanghuaihai Region of China. *Soybean Science*, **05**, 22-27.

AGRADECIMIENTOS

A Pilar, auténtica coautora de esta tesis, sin su dedicación, impulso y entusiasmo nunca hubiera encontrado tiempo para escribirla.

A D. Juan Silva propietario de la finca Navalpaloma, por su colaboración e interés en todo lo que le hemos propuesto desde que nos conocimos.

Al Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, por poner a nuestra disposición casi todo lo que siempre hemos necesitado. Un agradecimiento en especial a los profesores Emiliano de Pedro y Juan Manuel Serradilla por su asesoramiento en la ejecución de esta tesis.

A los alumnos que a través de sus trabajos fin de carrera o de becas de colaboración recogieron y/o midieron bellota (José María, Paco, Libia y Agustín), pues sin ellos a esta tesis le faltarían muchos datos y algunas reflexiones. Mención especial tiene Antonio Fernández, tantas bellotas recogidas y molidas y tantos kilómetros bajo asfalto, lluvia o polvo le han hipotecado mi amistad para un buen puñado de años.

Al grupo de Silvopascicultura del Dpto de Ing. Forestal: Alma, Ramón, Maite, Félix, Luisa, y al colectivo chileno porque trabajar con vosotros es más que grato. Sin vuestro buen humor y aliento, el tramo final de esta tesis hubiera sido mucho más empinado. Un recuerdo para Ángel y Carmen que aunque no trabajan ya aquí compartieron toda la fase inicial de esta tesis.

A todos aquellos ganaderos que gustosamente se sentaron a contestar tantas y tantas preguntas durante todos estos años, en especial a mi familia ganadera de sangre (rafa grande y chico) y adoptiva (Juan y Juli de El Moralejo) por todo el saber, pasión y sentido común que me habéis transmitido sobre las dehesas, y algunas otras cosas.

A mis padres que fueron los primeros en transmitirme el cariño y despertarme la curiosidad por los sistemas de dehesa y olivar en los que me he criado, en especial a mi padre, que es el mayor diseminador de bellotas que conozco junto a quizás algún arrendajo.

A Juan Andrés, verdadero sostén de esta tesis en el sentido literal pues no han sido pocas las veces que sujetó y portó la escalera por Navalpaloma. Por su ayuda y

comprensión siempre, ante un oficio sin horarios y en muchas ocasiones ingrato y difícil de entender.

Mª Dolores

Junio de 2011