



5º CONGRESO FORESTAL  
ESPAÑOL

# 5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

---

REF.: 5CFE01-155

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León  
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009  
ISBN: 978-84-936854-6-1  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Peso individual de la bellota de *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf) Samp. Influencia de factores ecológicos y selvícolas

ALEJANO MONGE, REYES<sup>1</sup>; VÁZQUEZ PIQUÉ, JAVIER<sup>1</sup>; CAREVIC VERGARA, FELIPE<sup>1</sup>; FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, MANUEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva

### Resumen

Gran parte de los estudios sobre producción de bellota están basados en la estimación del número de frutos o el peso total de los mismos, dejando a un lado cuestiones tan importantes para la cuantificación de cosechas como el tamaño o el peso individual de la bellota. El tamaño y peso de la bellota son claves desde un punto de vista ecológico, ya que influyen muchos aspectos de las estrategias de regeneración de las especies, incluyendo tasas de supervivencia, dispersión o cantidad de semillas que se pueden producir con una determinada cantidad de energía. Asimismo, puesto que permite cuantificar las cosechas de forma más precisa, el conocimiento de estos parámetros tiene un gran interés económico, especialmente en áreas donde la bellota es clave para la alimentación del cerdo ibérico.

En este trabajo se estudia el peso individual de las bellotas de 31 árboles localizados en sendas parcelas de zonas adhesionadas de la provincia de Huelva, durante el periodo 2001-2006 analizando la variabilidad entre orientaciones, pies, años, tratamientos de poda aplicados y parcelas.

Los resultados muestran diferencias significativas en el peso medio de bellota entre árboles, parcelas y años. Asimismo se obtiene que el peso medio de bellota es mayor en la orientación sur. Los tratamientos de poda no influyen significativamente en esta variable. La variación entre años y parcelas debe tratar de explicarse a través de variables climáticas y de presencia de plagas y enfermedades en los árboles de las parcelas.

### Palabras clave

Encina, producción de bellota, podas, dehesa, regeneración, selvicultura

### 1. Introducción

El género *Quercus* es uno de los más extendidos en el hemisferio norte, siendo uno de los principales componentes del estrato arbóreo de numerosos bosques y formaciones abiertas (CAÑELLAS et al., 2006). La encina (*Quercus ilex* subs. *ballota* (Desf.) Samp) es una de las especies arbóreas más abundantes en la Península Ibérica donde ocupa aproximadamente 2,5 millones de ha (GARCÍA MOZO et al., 2007), en un rango ecológico muy amplio, desde zonas húmedas a subhúmedas y semiáridas (AFZAL- RAFFII et al., 1992). Es especie dominante tanto en bosques mediterráneos densos, como en las dehesas o formaciones abiertas.

La producción de bellota es clave en el funcionamiento de ambos sistemas (bosque mediterráneo denso y dehesa), tanto desde el punto de vista ecológico como económico. En términos ecológicos la producción de bellota en calidad y cantidad adecuada garantiza la regeneración de los sistemas y mantiene su equilibrio, y es uno de los principales componentes de la alimentación de numerosas especies mediterráneas de fauna silvestre

(HERRERA, 1998; SANTOS Y TELLERÍA, 1997). VÁZQUEZ (1998) considera 9 especies de grandes mamíferos, 11 especies de pequeños mamíferos y 6 especies de aves como principales consumidores de bellota (RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ et al., 2008). En términos económicos, y especialmente en las dehesas, estos frutos son fundamentales para la alimentación del cerdo ibérico (GARCÍA-MOZO et al., 2007). Un cerdo entra en montanera con 90-120 kg y sale aproximadamente tres meses después con 160-180 kg, siendo en este periodo la bellota y la hierba fresca la base de su alimentación (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, 2004)

Son varios los estudios que estiman número de bellotas (SORK et al., 1993; ABRAHAMSON & LAYNE, 2003), dejando a un lado el tamaño y peso individual de estos frutos, que sin embargo tiene gran importancia en la cuantificación de las cosechas (GEA-IZQUIERDO et al., 2006). De acuerdo con VENABLE & BROWN (1988) el tamaño y peso de las semillas ha jugado un papel fundamental en la historia vital de las plantas, y la relación entre la idoneidad de la regeneración y el tamaño y peso de la semilla ha sido ampliamente estudiada (PONS & PAUSAS, 2007). El peso de las semillas es un parámetro ecológico clave, que influencia muchos aspectos de las estrategias de regeneración de las especies, incluyendo las tasas de supervivencia de las plántulas, los procesos de dispersión y el número de semillas que pueden producirse con una determinada cantidad de energía (LEISHMAN et al., 2000). AIZEN & PATTERSON (1990) afirman que, en *Quercus*, las especies con bellotas más grandes ocupan rangos geográficos mayores que las especies con bellotas más pequeñas. Estudios tanto intra como interespecíficos, sugieren que tanto la germinación como la emergencia y supervivencia de plántulas, es mayor para semillas más grandes (AIZEN & WOODCOCK, 1996; BONFIL, 1998; JAKOBSSON & ERIKSSON, 2000; MOLES & WESTOBY, 2004). Para diferentes especies de *Quercus*, las bellotas más grandes tienen también mayor éxito en la germinación y dan lugar a un mayor crecimiento de las plántulas (MCCOMB, 1934; TRIPATHI & KHAN, 1990). La resistencia de las plántulas a las heladas y en general al stress (AIZEN & WOODCOCK, 1992) también incrementa cuanto mayor es el tamaño de las semillas. El tamaño de la semilla tiene además un papel importante en la predación (GÓMEZ, 2004) y dispersión de las mismas (MOORE & SWIHART, 2006). PONS & PAUSAS (2007), por ejemplo, demuestran que el arrendajo (*Garrulus glandarius*), prefiere bellotas grandes, aunque la selección en función de la especie es más importante que la selección en función del tamaño, y consideran que la preferencia de unas semillas sobre otras tiene implicaciones en la dinámica de las comunidades vegetales por las ventajas o desventajas que implican las características de las bellotas seleccionadas o rechazadas. Con respecto al cerdo ibérico, RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ et al (2008) afirman que al comienzo de la montanera estos animales comienzan a seleccionar bellotas más pesadas, mientras que al final la selección se basa más en la composición de la bellota, de acuerdo con la teoría de EMLÉN (1966), según la cual los animales tratan de maximizar su tasa neta de entrada de energía por unidad de tiempo, seleccionando la alimentación que consumen (GARCÍA et al., 2003).

Este trabajo profundiza en la modelización del peso de la bellota de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en dehesas, a partir de factores como el individuo, la parcela, el año, el tratamiento de poda y la orientación, y será la base para continuar la investigación, incluyendo factores climáticos, microtopográficos y de competencia, e indagando acerca de las relaciones entre tamaño de bellota y tamaño de cosecha o evolución interanual del tamaño por individuo.



## 2. Objetivos

En este trabajo se estudia la evolución para el periodo 2001-2006, del peso de la bellota de 31 árboles (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) localizados en sendas dehesas de la provincia de Huelva, y se analiza, a través de un modelo, la variabilidad entre orientaciones, pies, años, tratamientos de poda y parcelas.

## 3. Metodología

### 3.1. Parcelas experimentales

Este estudio se ha realizado en dos parcelas situadas en sendas dehesas de la provincia de Huelva. La primera en la finca “La Encarnación y Castilnovo” (T.M. Calañas), perteneciente a la Junta de Andalucía (UTM, zona 29: X, 681349; Y, 4156557), a partir de ahora CA, y la segunda en la finca “El Campillo” perteneciente a D. Jose Luis García Palacios (UTM, zona 29: X, 669638; Y, 4145966), a partir de ahora SB. Ambas parcelas se localizan en la comarca del Andévalo de Huelva, en las estribaciones suroccidentales de Sierra Morena, y disfrutan de un clima Mediterráneo. En las tablas 1 y 2 se describen las características medias de las parcelas y las características dasométricas de los árboles que las componen (Alejano et al, 2008). En la tabla 3 se recoge un resumen de las variables climáticas en las parcelas para los años estudiados

Tabla 1. Características de las parcelas experimentales (de Alejano et al., 2008)

	Parcela Calañas	Parcela San Bartolomé
Área y densidad	2,9 ha; 34,5 pies/ha	2,7 ha; 36 pies/ha
Altitud	165 m	128 m
Clima	727 mm/año; 18,3°C media anual	633 mm/año; 18,6°C media anual
Suelos	Substrato de pizarras y grauwacas, 33 cm profundidad media, regosoles/leptosoles a cambisoles	Substrato de pizarras y grauwacas, 67 cm profundidad media, regosoles/luvisoles
Vegetación subpiso	Especies leñosas heliófilas ( <i>Cistus ladanifer</i> , <i>C. mosnupeliensis</i> )	Debido a los labores del suelo predominan las especies herbáceas
Usos principales	Caza mayor y menor, ganado doméstico (oveja), recogida de setas (no regulado)	Ganadería equina y de toro bravo

Tabla 2. Características dasométricas de los pies de las parcelas experimentales (de Alejano et al., 2008)

	Calañas (N=100)			San Bartolomé (N=100)		
	Min	Max	Media±SD	Min	Max	Media±SD
Altura (m)	2.3	9.7	6.15 ± 1.68	4.5	9.5	6.54 ± 1.08
Diámetro (cm)	8.6	52.2	32.56 ± 10.79	15.28	57.30	35.40 ± 7.23
Radio copa (m)	1.9	6.03	3.86 ± 1.36	2.84	6.62	4.46 ± 1.07

Tabla 3. Características climáticas de los años estudiados en las parcelas CA y SB. P, precipitación anual; Ppr, precipitación de primavera; Pv, precipitación de verano; TM, temperatura media anual; Tm, temperatura media de las mínimas del mes más frío; m, temperatura mínima absoluta

Año	Precipitación						Temperatura					
	SB			CA			SB			CA		
	P	PPr	Pv	P	Ppr	Pv	TM	Tm	m	TM	Tm	m
2001	679.2	33.6	76.4	907	41.6	121.4	17.42	6.96	1	17.19	6.79	2.4
2002	721	157.4	113.4	717.2	125.6	87.4	17.28	7.41	0	16.98	7.77	0
2003	884.2	116.6	9.6	788.6	100.8	26.6	17.51	5.79	-0.2	17.26	5.97	0.7
2004	535.8	109	13.2	641.4	92.3	10	17.35	6.02	1.1	17.21	6.48	0.9
2005	361.6	38.2	1.4	350.8	69.8	0.4	17.04	3.16	-3.10	17.09	4.28	-2.4
2006	850	115	99	854.2	135.6	93	17.41	4.55	0	17.22	5.06	0

Los árboles de las dos parcelas se sometieron a podas de distintas intensidades (débil, moderada y fuerte), y se dejaron como control pies sin podar. Las podas se realizaron en enero de 2001 en CA y en Febrero de 2003 en SB. El número de pies a los que se aplicó cada tratamiento fue de 20 en CA y de 25 en SB. Los árboles de las dos parcelas habían sido previamente podados en varias ocasiones, siendo la última en 1994 en Calañas y en 1996 en San Bartolomé. El tipo de poda se asignó a cada árbol aleatoriamente. Una vez realizadas las podas estas fueron cuantificadas (pueden verse los resultados en ALEJANO et al., 2008).

### 3.2. Cuantificación del peso de la bellota

Los pies utilizados para estimar la cosecha de bellota, así como su peso individual, se seleccionaron mediante muestreo estratificado por tratamiento y clase diamétrica (considerando diámetro menor de 25 cm, entre 25 y 40 o mayor de 40). En CA se seleccionaron 15 pies (3 por tratamiento, uno por cada clase diamétrica) y en SB se seleccionaron 16 pies (4 por tratamiento, uno en las dos clases diamétricas extremas y dos en la central). La bellota se cuantificó utilizando el método de los contenedores. Para ello se colocaron cuatro recipientes de goma negra con un diámetro de 0.45 m en la parte superior, bajo la copa de los árboles seleccionados, en las direcciones norte, sur, este y oeste, y a una distancia del fuste de  $\frac{3}{4}$  del radio de copa. ALEJANO et al. (2008) comprobaron la bondad de este método de estimación para estas parcelas. La predación de la bellota de las capachas se evitó mediante colocación de malla perimetral en los árboles afectados en la parcela de Calañas, y mediante mallado perimetral total de la parcela en San Bartolomé.

El conteo de bellota se realizó en el periodo 2001-2006 en CA (los seis años siguientes a las podas) y 2002-2006 (un año antes de podar y cuatro después de la poda) en SB. La diseminación de la bellota se produjo en general de octubre a enero, con alguna variación dependiendo de los años, y cada año se realizó la recogida cada 15 días dentro de ese periodo.

Una vez recogidas las bellotas de los contenedores se introducen en bolsas de plástico etiquetadas y se llevan a laboratorio el mismo día en que se recogen, donde son almacenadas a 3° C. Al día siguiente las bellotas se cuentan, y de forma individual se mide el peso fresco, FM (usando una balanza con precisión de  $\pm 0,001$  g) y la longitud y el diámetro (con un calibre digital), si bien estos dos últimos parámetros no se incluyen en este trabajo. Para determinar el contenido de humedad (WC) de las bellotas, se seleccionan al azar en cada fecha de recogida 90 bellotas procedentes de 9 árboles, se seccionan en dos mitades y se introducen en una estufa a 65° C, donde se mantienen hasta alcanzar peso constante (DM). El contenido de humedad de la bellota se obtiene de la expresión  $WC (\%) = 100(FM-DM)/FM$ .

### 3.3. Análisis de datos

Para analizar los datos estudiados en este trabajo se plantea un modelo en el que la variable dependiente es el peso individual de bellota. En el análisis se consideran simultáneamente los siguientes efectos que pueden influenciar el peso de bellota:

- Orientación dentro del árbol (N, S, E, O) (efecto fijo)
- Árbol dentro de la parcela (efecto aleatorio).
- Parcela (Calañas, San Bartolomé) (efecto fijo)
- Tratamiento de poda (testigo, débil, moderada, fuerte) (efecto fijo).

- Año de producción (Efecto fijo). Se incluye desde el 2001 al 2006. En el análisis se considerará como año 2001 a la montanera correspondiente al periodo 2001-2002 y se sigue el mismo criterio el resto de los años.

El análisis parte del modelo inicial:

$$y_{ijklmn} = \mu + \alpha_i + b_{j(i)} + \tau_k + \gamma_l + \varepsilon_m + (\alpha\tau)_{ik} + (\alpha\gamma)_{il} + (\alpha\varepsilon)_{im} + e_{ijklmn}$$

Con:

- $y_{ijkl}$ : Peso en gramos de la bellota  $n$  de la orientación  $m$  del árbol  $j$  de la parcela  $i$ , sometido al tratamiento de poda  $k$ , en el año  $l$ .
- $\mu$ : media general.
- $\alpha_i$ : Efecto fijo parcela ( $i=1,2$ ).
- $b_{j(i)}$ : Efecto aleatorio árbol (dentro de parcela) con  $j= 1,2,\dots,16$  e  $i=1,2$ , bajo las hipótesis  $b_{j(i)} \sim N(0, \sigma_b^2)$ , y covarianza nulas entre distintos individuos.
- $\tau_k$ : Efecto fijo tratamiento de poda con  $k=1,2,3,4$ .
- $\varepsilon_m$ : Efecto fijo orientación de recogida de bellota (N,S,E,O) con  $m= 1, 2, 3, 4$ .
- $\gamma_l$ : Efecto fijo año, con  $l= 1,2,3,4,5,6$ .
- $(\alpha\tau)_{ik}$ : Interacción parcela - tratamiento de poda.
- $(\alpha\gamma)_{il}$ : Interacción parcela - año.
- $(\alpha\varepsilon)_{im}$ : Interacción parcela-orientación de copa en que se recoge la bellota
- $e_{ijkl}$ : Error residual con  $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma_e^2)$ .

El modelo inicial es, por tanto, un modelo lineal mixto con efecto aleatorio árbol y efectos fijos parcela, tratamiento, orientación y año e interacciones parcela-tratamiento parcela-año y parcela-orientación..

### 1. Selección de la estructura de la matriz de varianzas-covarianzas

Dado que la realización de hipótesis iniciales como la independencia de las observaciones no es lógica debido a la estructura de los datos (posible presencia de correlación espacial entre individuos de una misma parcela y posible correlación entre los pesos de bellota de un individuo), se han experimentado distintas estructuras de la matriz de varianzas-covarianzas para el conjunto de los datos que incluyen las siguientes variantes:

- Covarianza entre individuos de la misma parcela función de la distancia, de tipo exponencial y consideración del efecto aleatorio árbol.
- Consideración del efecto aleatorio árbol sin consideración de la existencia de correlación espacial entre individuos de la misma parcela.
- Sin consideración del efecto aleatorio árbol ni la existencia de correlación espacial (modelo de efectos fijos).

Los componentes de la varianza para cada una de estas estructuras se han estimado por máxima verosimilitud restringida o residual (REML). Para analizar la mejor estructura de modelo se han comparado los valores del estadístico  $-2$  veces el logaritmo de verosimilitud ( $-2LL$ ). La reducción experimentada en el estadístico  $-2LL$  al introducir nuevos componente de la varianza se distribuye según una  $\chi^2$  con  $n$  grados de libertad, siendo  $n$  el incremento en número de parámetros estimados en el modelo. Se ha considerado un valor  $\alpha=0,05$  para detectar una mejora en las características del modelo con la introducción de nuevos parámetros.

### 2. Estimación de grado de significación y coeficientes de efectos los efectos fijos.



Tras la selección de la mejor estructura de la matriz de varianzas-covarianzas y la estimación de los componentes de la varianza se ha realizado la estimación de los coeficientes de los efectos fijos del modelo por mínimos cuadrados generalizados y analizado su nivel de significación mediante un test F. En los efectos significativos se ha realizado la comparación entre sus niveles mediante el test de Scheefe. El análisis estadístico se ha realizado con SAS v9.1.

El modelo elaborado en este trabajo es preliminar, pero consideramos que los resultados obtenidos son de interés para presentarlos a este Congreso. En la actualidad se está trabajando en un modelo más complejo que incluya los efectos de árbol y clima, para explicar los resultados que se obtienen, así como interacciones del tipo tratamiento x año y el efecto de la correlación temporal en cosechas sucesivas, que puede ser de gran interés dada la fuerte variabilidad interanual en la producción de bellota en *Quercus ilex*.

#### 4. Resultados

El peso medio de bellota para la parcela CA para el periodo 2001/2006 es de 3,20 g (FM)  $\pm 0,34$  siendo el peso máximo obtenido de 20,2 g FM, en el año 2004; y el valor medio para la parcela SB (periodo 2002/2006) ha sido de 4,25 g FM  $\pm 0,30$ , siendo el máximo peso obtenido de 11,91 g FM también en el año 2004. Los valores medios son mayores para SB, existiendo diferencias significativas entre ambas parcelas. Los errores típicos son mayores para CA. El contenido medio de humedad de bellota para la parcela de CA para el periodo estudiado ha sido de 47,01 % y para SB 44,34 %.

El análisis de la estructura de la matriz de varianzas-covarianzas revela la inexistencia de correlación espacial entre individuos de la misma parcela y un efecto árbol significativo. Los valores de los componentes de la varianza y el valor de  $-2LL$  para cada una de las tres hipótesis realizadas de estructura de matriz de varianzas covarianzas se indican en la Tabla 4. La reducción experimentada en  $-2LL$  al introducir el efecto aleatorio árbol (14725,2 – 13504,4= 1110,8) permite rechazar la hipótesis nula  $H_0: \sigma_b^2=0$  ( $p < 0,001$ ). En la figura 1 puede observarse la variación en el peso medio de bellota por árbol y año para ambas parcelas.

Tabla 4. Comparación de valores estimados de componentes de la varianza y estadístico  $-2LL$  en las estructuras de varianzas-covarianzas analizadas.

Estructura matriz varianzas-covarianzas	Valores estimados			
	$\rho$	$\sigma_b^2$	$\sigma_e^2$	$-2LL$
Efecto aleatorio árbol y correlación espacial	1,0618	1,4460	1,9708	13504,4
Efecto aleatorio árbol		1,4461	1,9708	13504,4
Efectos fijos			2,7848	14725,2

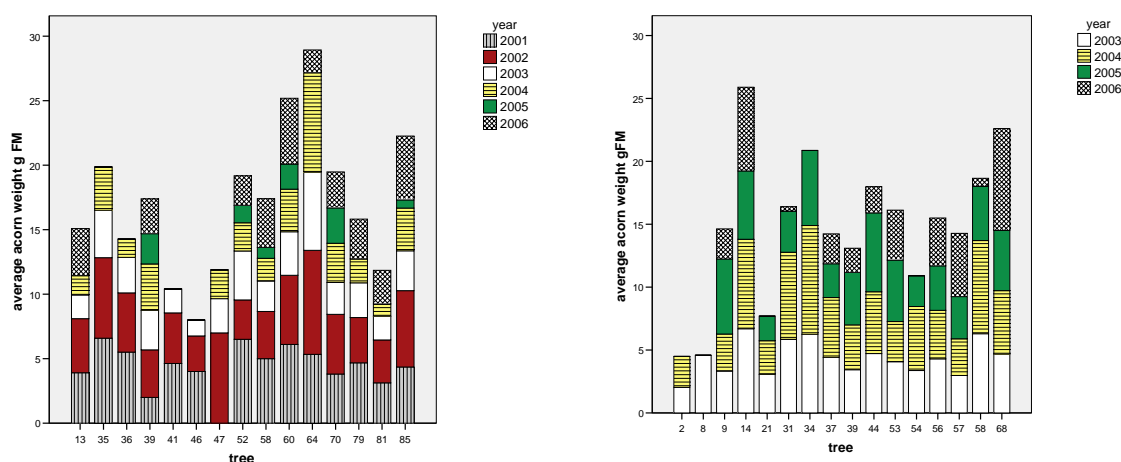


Figura 1. Variabilidad en el peso medio de bellota por árbol y año para ambas parcelas (izda. parcela CA, dcha. SB). En los años en los que no se produjo bellota en algún árbol el peso se representa como valor nulo.

El test F inicial correspondiente a los efectos fijos del modelo refleja claramente que el tratamiento ( $p=0,50$ ) y las interacciones zona x tratamiento ( $p=0,38$ ) y zona x orientación ( $p=0,07$ ) no son significativos por lo que se ha prescindido de estos efectos en la estructura final del modelo. Los valores de los componentes de la varianza para el modelo definitivo se indican en la Tabla 5 y el test de significación de los efectos fijos se indica en la Tabla 6. Se aprecia en la Tabla 5 que el efecto aleatorio árbol absorbe el 41% de la variabilidad total encontrada en la variable peso medio de bellota

Tabla 5. Valor estimado y probabilidad asociada de los componentes de la varianza

Componente	Valor estimado	Error Típico	Prob>Z
$\sigma_b^2$	1,4156	0,3971	0,0002
$\sigma_e^2$	1,9727	0,0455	<0,0001

Tabla6. Test de significación de efectos fijos

Efecto	Num DF	Den DF	F	Pr > F
Zona	1	27,6	7,08	0,0128
Año	5	3772	64,46	<0,0001
Orientación	3	3767	7,94	<0,0001
Zona x Año	4	3771	56,26	<0,0001

En la figura 2 se refleja la variación significativa del peso medio de bellota obtenido en función del año y la parcela. En la figura 3 se observa la variación del peso medio de bellota en función del tratamiento. En este caso observamos que, aunque la diferencia no es significativa, el peso medio de bellota en la parcela de Calañas es mayor en pies testigo y menor en pies con poda fuerte. Este efecto no se observa sin embargo en la parcela de San Bartolomé, con valores medio más homogéneos para los distintos tratamientos.

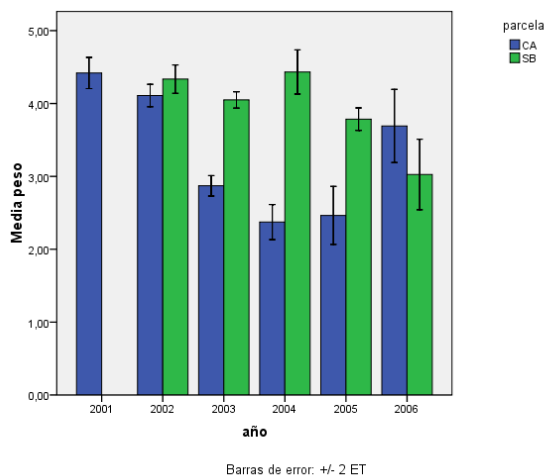


Figura 2. Variación del peso medio de bellota (g) para cada año y parcela

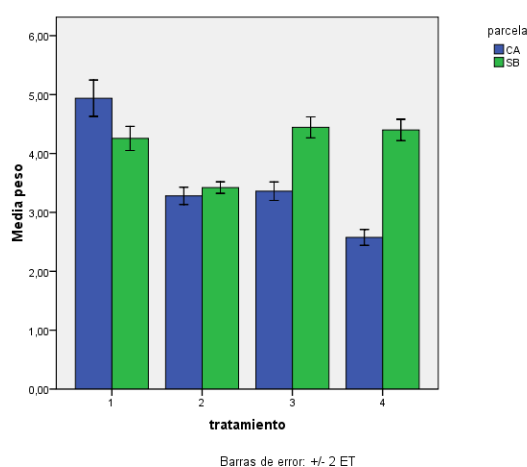


Figura 3. Variación del peso medio de bellota (g) para cada tratamiento y parcela. 1, pies testigo; 2, poda débil; 3, poda moderada y 4, poda fuerte

El efecto de la orientación es significativo en el modelo (tabla 6), obteniéndose pesos medios de bellota superiores en la orientación sur. La diferencia con otras orientaciones es pequeña pero significativa debido al elevado número de grados de libertad.

El análisis gráfico de los residuos del modelo se indica en la figura 4. Para pesos de bellota comprendidos entre 1 y 6 g la gráfica revela estimaciones no sesgadas del peso de bellota. Entre 6 y 7 g existe un sesgo negativo en la estimación

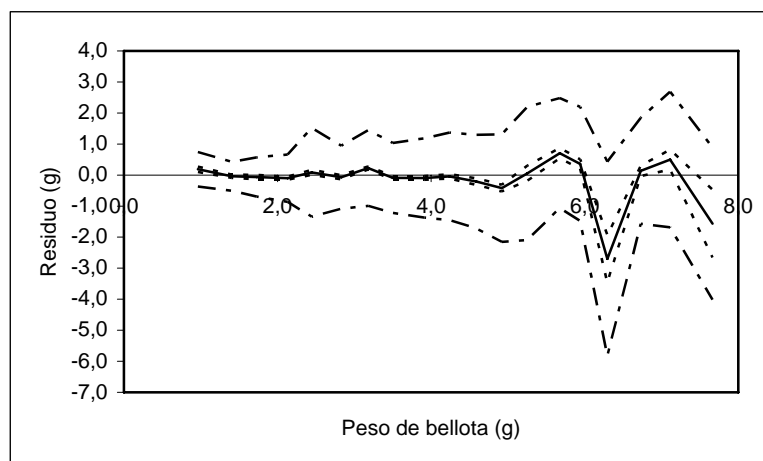


Figura 4. Indicación del valor medio, error típico de la media y desviación típica de los residuos para los distintos valores observados de peso de bellota(g)

## 5. Discusión

El peso medio de bellota descrito en la bibliografía oscila entre 1,2 hasta más de 6,5 g (PORRAS, 1988; AFZAL RAFII, 1992; VÁZQUEZ, 1998; FERNÁNDEZ et al, 2004) y la variabilidad se explica en base a las características individuales de los pies (genética), clima, propiedades del suelo y estructura del rodal (AFZAL RAFII, 1992). En nuestro caso obtenemos valores medios para las parcelas de 3,20 y 4,25 g respectivamente (FM), por lo que estarían dentro de los rangos antes descritos. En las mediciones se ha obtenido un valor máximo de 20, 2 g por fruto.

En este estudio se han obtenido diferencias de peso medio de bellota entre individuos, coincidiendo con GARCÍA-MOZO et al. (2007) y con LEIVA Y FERNÁNDEZ ALÉS (1998), que consideran que existe una fuerte influencia genética en las características de las bellotas de cada árbol y que las diferencias entre estos explican el 62% de la varianza de la biomasa de las bellotas (en nuestro caso un 41 %). Pero sería interesante profundizar en este sentido buscando covariables a nivel árbol (competencia, dimensiones, posición topográfica) que permitan explicar la existencia de árboles con bellota más pesada. GARCÍA MOZO et al. (2007) afirman que las diferencias son mayores entre individuos en un mismo año, que entre años para un mismo individuo. Esta hipótesis no se ha comprobado estadísticamente en nuestro trabajo, si bien si se observan diferencias en el peso de la bellota de un mismo árbol entre años, por ejemplo es muy importante la disminución del peso de la bellota para muchos pies en el año 2005, asociada a una disminución de la cosecha, y a un año muy seco, y muy frío, con una precipitación estival nula. Parece que a precipitación estival, de acuerdo con los datos de nuestras parcelas, puede tener una influencia importante en el peso de la bellota. Consideramos importante también el papel que, además del clima, pueden jugar las plagas y enfermedades que afectan a los árboles de las dehesas andaluzas. LÓPEZ CARRASCO et al. (2004) afirman que el peso de las bellotas en *Quercus ilex* presenta desviaciones típicas mayores que variables de tamaño, como longitud o diámetro, y considera que esto puede explicarse por las variaciones en el contenido de humedad, las plagas y las heladas.

La orientación sur es significativa en el peso medio de la bellota, por lo que puede recomendarse la elección de esta orientación si quieren seleccionarse bellotas de más peso, por ejemplo de cara a la producción de planta.

Existen también diferencias significativas en el tamaño de bellota para los distintos años y parcelas. VÁZQUEZ et al (2001) y FERNÁNDEZ et al (2004) también encuentran similares variaciones interanuales para el peso de la bellota, de aproximadamente el 30%, dependiendo de variables ambientales y sobre todo del número de bellotas producidas cada año. En este sentido hay que profundizar en el estudio de las variables climáticas y fisiológicas, edáficas y microtopográficas, así como de plagas y enfermedades, que pueden explicar los resultados, y que se incorporarán en el modelo más complejo que se está elaborando.

No se han encontrado diferencias significativas en el peso de bellota para los distintos tratamientos de poda, así como tampoco se encontraron diferencias significativas en la producción de bellota (ALEJANO et al., 2008). Un aspecto destacable referido al análisis de los datos, es que si en el modelo no se considera el efecto aleatorio árbol (lo que sería erróneo ya que el análisis indica que es claramente significativo) todos los efectos fijos analizados, incluido el tratamiento de poda, pasan a ser significativos. Es decir, si no se selecciona correctamente la estructura de la matriz de varianzas- covarianzas la inferencia que se hace sobre los efectos fijos puede ser totalmente errónea.

## 6. Conclusiones

- El tratamiento de poda no tiene una influencia significativa en el peso medio de bellota
- La orientación es significativa obteniéndose pesos superiores en orientaciones sur.
- El efecto aleatorio árbol es significativo. Es decir, el árbol absorbe una variabilidad significativa de la variable peso de bellota. La predicción del efecto aleatorio a nivel árbol permite seleccionar los árboles del estudio que producen bellotas más pesadas
- No se aprecia la presencia de correlación espacial en el peso de bellota.
- El peso de bellota es diferente en las dos parcelas y en distintos años, y la interacción es igualmente significativa.

## 7. Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos de investigación “Optimización de tratamientos selvícolas para la gestión sostenible de la dehesa” (CO3-192) y “Producción de bellota en dehesas de encina como garantía para su conservación” (P07 RNM02688), ambos financiados por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía. Agradecemos a D. José Luis García Palacios y a la Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente de Huelva), la cesión desinteresada de los terrenos correspondientes a las parcelas de investigación para el replanteo de las mismas. Y gracias también a todos los alumnos de la Universidad de Huelva que han colaborado en los trabajos de campo y laboratorio a lo largo de los años del estudio.

## 8. Bibliografía

ABRAHAMSON W.J., LAYNE J.N. 2003. Long term patterns of acorn production for five oak species in xeric Florida uplands, *Ecol* 84, 2476–2492.

AIZEN, M.A., PATTERSON, W.A. 1990. Acorn size and the geographical range in North American oaks. *J Biogeogr* 17: 327-332.

AIZEN, M.A. & WOODCOCK, H. 1992. Latitudinal trends in acorn size in Eastern North American species of *Quercus*. *Can J Bot* 70: 1218-1222.

AIZEN, M.A. & WOODCOCK, H. 1996. Effects of acorn size on seedling survival and growth in *Quercus rubra* following simulated spring freeze. *Can J Bot* 74: 308-314.

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.

ALEJANO, R., TAPIAS, R., FERNÁNDEZ, M., TORRES, E., ALAEJOS, J., DOMINGO, J. 2008. Influence of pruning and the climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Ann For Sci* 65 (209) Doi: 10.1051/forest: 2007092

BONFIL, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *Am J Bot* 85 (1): 79-87

CAÑELLAS I., ROIG S., MONTERO G. 2006 Pruning influence on acorn yield in cork oak open woodland. En: MOSQUERA M.R., MCADAM J., RIGUEIRO A. (EDS), Silvopastoralism and Sustainable Land Management, CABI Publishing, Oxfordshire, UK..

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. XLII Reunión de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 633–638.

CARBONERO MD, 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 2002-2003. En: ROBLES, A, RAMOS, E, MORALES, MC, DE SIMÓN, E, GONZÁLEZ-REBOLLAR, L.J, BOZA, J (EDS). *Actas de la XLIII reunión científica de la SEEP*. Granada .

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. 2004. Instrucciones Generales para la Ordenación de Montes de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Junta de Andalucía. Sevilla. 150 p.

EMLÉN, J.M. 1966. The role of time and energy in food preference. *Am Nat* 100: 611-617.

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. XLIV Reunión Científica de la SEEP Salamanca, pp. 317-322.

GARCÍA, S., RAMOS, S., JOSEMARÍA, A., ISABEL, B., BLANCO, J., LUCAS, A.B., AGUILAR, S., DONCEL, E., VÁZQUEZ, F.M. 2003. Consumo de bellotas por el cerdo ibérico durante la montanera. *Solo Cerdo Ibérico* 10, 65-71.

GARCÍA-MOZO H, GÓMEZ-CASERO MT, 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 Exp Bot* 2007 9;61(1):35-40.



GEA-IZQUIERDO G., CAÑELLAS I., MONTERO G. 2006. Acorn production in Spanish holm oak woodlands, *Invest Agrar: Sistemas y Recursos Forestales* 13,3 339–354.

GÓMEZ, J.M. 2004. Bigger is not always better: conflictive selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evol* 58: 71-80

HERRERA, C.M., JORDANO, P., GUITIAN, J., 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. *Am Nat* 152: 576-594

JAKOBSSON, A., ERIKSSON, O. 2000. A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitments in grasslands plants. *Oikos* 88 (3) pp. 494-502.

LEISHMAN, M.R., WRIGHT, I.J., MOLES, A.T., WESTOBY, M. 2000. The evolutionary ecology of seed size. En: FENNER, M. (eds) *Seeds*, 2<sup>nd</sup> edn. CABI Publishing, UK. Pp31-57

LEIVA, M.J.; FERNÁNDEZ ALÉS, R. 1998. Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subs. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. *For Ecol Manage*, 111: 147-156

LÓPEZ-CARRASCO, C., DAZA, A., REY, A, LÓPEZ- BOTE, A.C. 2004. Efecto de las heladas y los carpófagos sobre la calidad de bellotas en una dehesa de Castilla- La Mancha. En: *Pastos y Ganadería extensiva. XLIV Reunión Científica de la SEEP Salamanca*, pp 427-432

MCCOMB A. L. 1934. The relation between acorn weight and the development of one year chestnut oak seedlings. *Journal of Forestry* 32:479-84.

MOEGENBURG, S.M. 1996. *Sabot palmetto* seed size: causes of variation, choices of predators and consequences for seedlings. *Oecologia* 106 (4): 539-543

MOLES, A.T., WESTOBY, M. 2004. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *J Ecol* 92 (3): 372-383

MOORE, J.E., SWIHART, R.K. 2006. Nut selection by captive blue jays: importance of availability and implications for seed dispersal. *The Condor* 108 (2): 377-388.

PONS J, PAUSAS J. 2007. Rodent acorn selection in a mediterranean oak landscape. *Ecol Res* 07;22(4):535-41.

PORRAS C. 1988. Efecto de la poda de la encina *Quercus rotundifolia* Lam. en los aspectos de producción y en el grosor de las bellotas. En: *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP)*, Soria..

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V., GARCÍA, A., GÓMEZ, A.G. 2008. Characteristics of the acorns selected by free range Iberian pigs during the montanera season. *LIVSCI* doi: 10.1016/j.livsci.2008.08.010

SANTOS T, TELLERÍA J. 1997. Vertebrate predation on holm oak, *Quercus ilex*, acorns in a fragmented habitat: Effects on seedling recruitment. *For Ecol Manage* 11/3 98(2):181-7.



SORK V.L., BRAMBLE J. 1993. Prediction of acorn crops in three species of North American oaks: *Quercus alba*, *Q. rubra* and *Q. velutina*, *Ann For Sci* (1993) 50 (1): 128–136.

TRIPATHI, R.S., KHAN, M.L. 1990. Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. *Oikos* 57: 289-296

VÁZQUEZ, F.M. 1998. Producción de bellotas en *Quercus*. I. Métodos de estimación. *Solo Cerdo Ibérico* 1: 59-66

VÁZQUEZ, F., DONCEL, E., RAMOS, S. 2001. Variaciones de calidad en la bellota. *Solo Cerdo Ibérico*, 6: 75-80.

VENABLE D.L., BROWN J.S. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. *Am Nat* 131(3): 360-84.

