

## **EFECTOS DEL PESO DE LA BELLOTA Y DE LA EDAD DEL ÁRBOL PRODUCTOR EN LAS CARACTERÍSTICAS REGENERATIVAS DE *Quercus ilex* subsp. *ballota***

**Belén Fernández-Santos<sup>1,\*</sup>, David Moro<sup>1</sup>, Carolina Martínez-Ruiz<sup>2</sup>, M. José Fernández<sup>3</sup> y F. Javier Martín<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Área de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Salamanca, Campus Unamuno, 37071, Salamanca. Correo electrónico: belenfs@usal.es

<sup>2</sup> Área de Ecología, E.T.S. de Ingenierías Agrarias de Palencia, Universidad de Valladolid, Campus La Yutera, Avda. de Madrid 44, 34071, Palencia

<sup>3</sup> Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca, Campus Unamuno, 37071, Salamanca

### **Resumen**

En este estudio se analiza la variabilidad intrapoblacional en las características regenerativas de *Q. ilex* subsp. *ballota*: germinación y crecimiento de plántulas (biomasa), teniendo en cuenta dos factores de variación: el peso de la bellota y el tamaño-edad del árbol productor. Dentro de una misma población, seleccionamos según el DAP (diámetro a la altura del pecho) 6 árboles viejos y 6 jóvenes de *Q. ilex* con gran variabilidad en cuanto al peso de las bellotas. De cada árbol se seleccionaron 50 bellotas (32 para analizar germinación y crecimiento, y el resto para estimar el peso en seco de las bellotas). En el laboratorio, las bellotas se colocaron en la superficie de contenedores con tierra, siguiendo un diseño en bloques; dentro de cada bloque se dispusieron al azar bellotas de todos los árboles. Se tomaron datos cada tres días y a los 3 meses se cuantificó la biomasa. Entre los principales resultados cabe destacar que: 1) las bellotas grandes no germinan más que las pequeñas; 2) las bellotas germinan antes cuanto más pequeñas son, y los árboles jóvenes aportan mayor variabilidad en la velocidad de la germinación en función del peso de la bellota; y 3) la biomasa de las plántulas está directamente relacionada con el peso de las bellotas.

Palabras clave: biomasa plántulas, encina, germinación, tamaño-edad del árbol, variabilidad intrapoblacional.

### **INTRODUCCIÓN**

La regeneración natural de los bosques mediterráneos, de las especies de *Quercus*, es muy limitada en muchos casos y normalmente viene condicionada por las primeras fases del establecimiento (CASTRO et al. 2006). La reforestación, con estas especies, que se ha planteado en muchas zonas conlleva también grandes dificultades, debido a sus bajas tasas de crecimiento y supervivencia inicial (NAVARRO-CERRILLO et al. 2005; VILLAR et al. 2008). Como consecuencia de esto, es necesaria una profunda investigación en todos los campos de la regeneración natural de estos bosques.

Desde hace unos años se está prestando atención al importante papel que juegan los factores abióticos en estas fases iniciales (CASTRO et al. 2006), pero se ha tenido menos en cuenta el papel de la variabilidad intrapoblacional en la regeneración (GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, 2010).

Una de estas características intrínsecas importantes es el tamaño (peso) de la bellota, debido a que son las reservas disponibles en las primeras etapas de vida. Los *Quercus* tienen un amplio rango en el peso de sus semillas determinado principalmente por la especie (VÁZQUEZ, 1998; RAMÍREZ-VALIENTE et al. 2009), pero también existe una gran variabilidad a nivel intraespecífico, ya sean individuos de distintas poblaciones e incluso pertenecientes a la misma (GÓMEZ, 2004). Los efectos que tiene esta variabilidad intrapoblacional sobre la capacidad regenerativa en quercíneas apenas se ha estudiado (GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, 2010).

En este trabajo, el objetivo principal ha sido estudiar la variabilidad intrapoblacional en las características regenerativas de *Q. ilex* subsp. *ballota*, teniendo en cuenta dos factores de variación: el peso de la bellotas y el tamaño-edad del árbol productor; no tenemos constancia que se este último factor

se haya estudiado anteriormente. Para ello se ha analizado, por un lado, el proceso de germinación (porcentaje y velocidad) y, por otro, el crecimiento de las plántulas (biomasa total).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las bellotas fueron recogidas de árboles madre localizados, dentro de una dehesa, en Sardón de los Frailes (41° 12' N; 6° 16' W), al noroeste de la provincia de Salamanca,. En esta zona, situada a 750 m de altitud, los suelos son poco profundos, ácidos y pobres en nutrientes predominando los cambisoles dísticos (DORRONSORO, 1992). El clima es Mediterráneo subhúmedo con precipitación media anual de 600-700 mm, fuerte sequía estival y una gran variabilidad interanual (LUIS Y MONSERRAT, 1979). La vegetación natural la constituyen formaciones adehesadas de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Q. pyrenaica*, que tradicionalmente han mantenido actividad ganadera bovina, ovina y porcina, principalmente en régimen extensivo, y en la actualidad han visto muy incrementada su carga ganadera.

Dentro de una misma población, en noviembre de 2010 se seleccionaron 12 árboles de *Q. ilex*, 6 grandes-viejos (V) y 6 pequeños-más jóvenes (J) según el diámetro a la altura del pecho (DAP) (Tabla 1), con gran variabilidad en cuanto al peso de las bellotas. De cada árbol se tomaron 50 bellotas, 32 se usaron para analizar su germinación, y posteriormente cuantificar la biomasa de las plántulas obtenidas. Para poder estimar el peso seco de estas bellotas, se construyó una recta de regresión a partir de las 18 restantes (Tabla 1) según el método descrito por GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ (2010). Las bellotas se seleccionaron por flotación y se mantuvieron en el frigorífico a 4-5 °C. Las bellotas se colocaron individualmente en la superficie de contenedores con sustrato (mezcla de suelo de la zona, turba y arena), siguiendo un diseño en bloques. Dentro de cada bloque (2

contenedores unidos) se dispusieron al azar 8 bellotas de cada árbol. Se tomaron datos cada tres días y a los 3 meses se cuantificó la biomasa de las plántulas, tras extraerlas y secarlas a 70 °C, 24 horas.

Para comparar los datos de porcentaje de germinación entre árboles se realizó un ANOVA, tras comprobar normalidad y homocedasticidad. Para analizar la velocidad de germinación y la biomasa de las plántulas se realizaron modelos lineales generales. Se tomó como variable dependiente cada variable mencionada arriba, y como variables independientes: el factor fijo de variación “madre” (edad de los árboles productores) y la variable cuantitativa continua “peso seco de las bellotas”; también se exploró la posible interacción entre ambas variables independientes. El programa utilizado fue SPSS 18.

## RESULTADOS

El peso en seco de las bellotas, que se emplearon en el experimento, se estimó a partir de ecuaciones de regresión obtenidas para cada árbol madre (Tabla 1). Al comparar los valores medios se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre la mayoría de los árboles, poniendo de manifiesto la gran variabilidad de pesos de bellotas existente dentro de una misma población. La variabilidad es alta tanto en árboles jóvenes como en viejos, pero estos últimos son los que aportan las bellotas de mayor tamaño (Tabla 1).

Al comparar los porcentajes de germinación mediante un ANOVA de una vía, se obtuvieron diferencias significativas ( $F= 14,843$ ; g.l.=11;  $p < 0,001$ ), y al buscar qué árboles diferían entre sí, se obtuvieron los resultados que aparecen en la Tabla 1. El valor más bajo fue un 28%, correspondiente al árbol J3, que difiere de todos los demás. Los árboles que mejor germinaron fueron: J4, V4, V1, J1 y J2 (alcanzando estos dos últimos el 100% en los 4 bloques), con bellotas de tamaño

pequeño o medio. Los árboles madre que alcanzaron un menor porcentaje de germinación, exceptuando J3, fueron árboles con tamaño de bellota grande (V6,

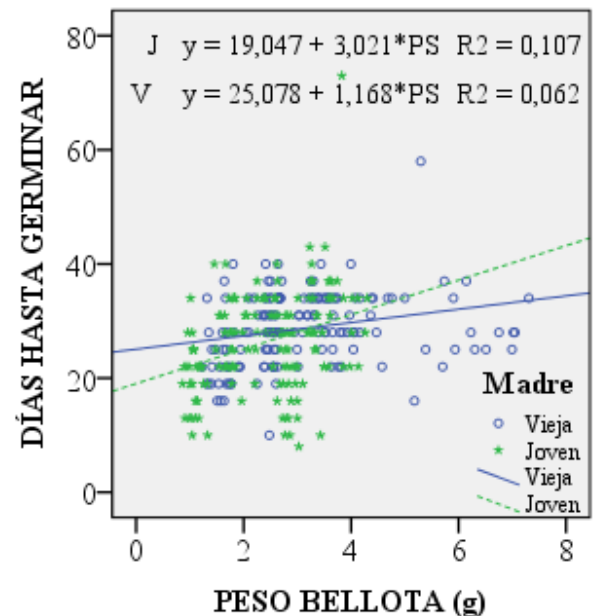
V5, J6). Luego, árboles con bellota más grande no significa que vayan a tener más éxito en la germinación.

ÁRBOL	DAP (m)	ECUACIÓN y= peso seco	Peso bellota (g)	Germinación (%)
V1	0,62	y = 0,665x + 0,0462 (R <sup>2</sup> = 0,96)	1,60±0,04 a	96,9 ± 3,1 a
V2	0,92	y = 0,6698x + 0,137 (R <sup>2</sup> = 0,94)	2,47±0,04 b	87,5 ± 5,1 abc
V3	1,02	y = 0,516x + 0,5776 (R <sup>2</sup> = 0,89)	2,54±0,03 b	84,4 ± 3,1 abc
V4	0,8	y = 0,7448x - 0,2542 (R <sup>2</sup> = 0,98)	3,53±0,05 c	90,6 ± 6,0 ab
V5	0,78	y = 0,6456x + 0,1591 (R <sup>2</sup> = 0,95)	3,74±0,08 c	65,6 ± 7,9 c
V6	1,05	y = 0,8318x - 1,4252 (R <sup>2</sup> = 0,97)	5,74±0,14 d	62,5 ± 8,8 c
J1	0,18	y = 0,5866x + 0,0562 (R <sup>2</sup> = 0,95)	1,09±0,02 e	100 ± 0 a
J2	0,41	y = 0,6274x + 0,0245 (R <sup>2</sup> = 0,88)	1,80±0,03 f	100 ± 0 a
J3	0,44	y = 0,7243x + 0,0298 (R <sup>2</sup> = 0,93)	2,18±0,04 g	28,1 ± 3,1 d
J4	0,32	y = 0,6276x + 0,1448 (R <sup>2</sup> = 0,93)	2,79±0,03 h	90,6 ± 6,0 ab
J5	0,24	y = 0,6678x - 0,0706 (R <sup>2</sup> = 0,92)	3,00±0,07 h	84,4 ± 3,1 abc
J6	0,33	y = 0,6599x - 0,0013 (R <sup>2</sup> = 0,83)	3,64±0,05 c	78,1 ± 6,0 abc

**Tabla 1.** Datos obtenidos para cada árbol madre: diámetro a la altura del pecho (DAP); ecuación de la recta de regresión para estimar el peso en seco de las bellotas; peso seco de las bellotas (valor medio ± error estándar) (n=32); porcentaje de germinación (n=4). Diferentes letras marcan diferencias estadísticamente significativas (Test de Tukey; p<0,05). V: árbol viejo y J: árbol joven.

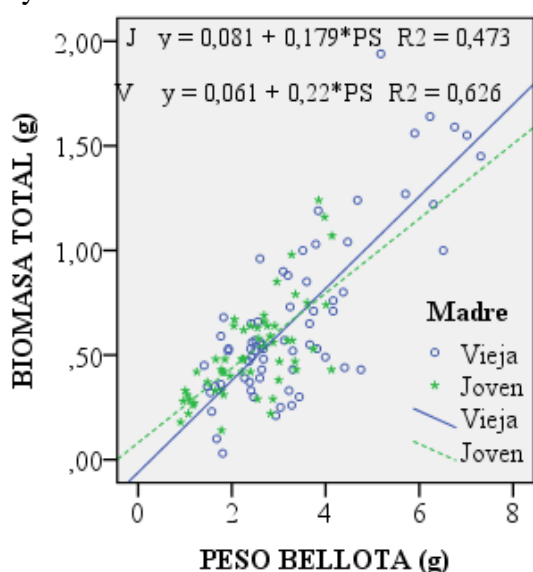
En cuanto a la velocidad de germinación (Figura 1), los resultados del análisis GLM indican que tanto el peso seco de la bellota (F= 30,433, p<0,001) como la edad del árbol madre (F= 7,724, p=0,006) afectan de manera significativa a la velocidad de germinación, existiendo una interacción significativa entre ambas variables (F= 5,959, p=0,015). Como puede verse en la Figura 1, tanto los árboles jóvenes como los viejos tienen pendiente positiva; es decir, a mayor peso de la bellota más tiempo tarda en germinar. Sin embargo, la pendiente es mayor en las madres jóvenes que en las madres viejas, por tanto, el incremento del peso de la bellota afecta mucho más a las procedentes de árboles jóvenes que a las de viejos. Cuanto más pequeña (menor peso) sea la bellota de un árbol madre joven antes germinará, mientras que para bellotas más pesadas la germinación sucede mucho más tarde, más incluso que para las bellotas procedentes de árboles madre viejos. Con ello, los árboles jóvenes amplían el rango de tiempos en que tiene lugar la

germinación de las bellotas dentro de una población.



**Figura 1.** Velocidad de germinación de las bellotas. Tiempo (en días) que tarda en germinar cada bellota de *Q. ilex* en relación con su peso seco (g) y el tamaño-edad del árbol madre: joven (J) o vieja (V). Ecuaciones de las dos rectas de regresión y sus correspondientes coeficientes (R<sup>2</sup>).

Respecto a la biomasa de las plántulas (Figura 2), en el análisis GLM se detectó un efecto significativo del peso seco de las bellotas ( $F= 113,531$ ,  $p<0,001$ ) sobre la biomasa total de las plántulas, pero no de la edad de la madre ( $F= 1,736$ ,  $p=0,19$ ), ni tampoco interacción entre ambas variables ( $F= 1,219$ ,  $p=0,27$ ). Como puede apreciarse en la Figura 2, tanto para árboles jóvenes como viejos, cuanto mayor sea el peso de la bellota, la biomasa de la plántula será mayor.



**Figura 2.** Biomasa total de las plántulas de *Q. ilex* en función del peso seco (g) y el tamaño-edad del árbol madre: joven (J) o vieja (V). Ecuaciones de las dos rectas de regresión y sus correspondientes coeficientes ( $R^2$ ).

## DISCUSIÓN

En este trabajo se ha analizado la variabilidad intrapoblacional en las características regenerativas de *Quercus ilex*, teniendo en cuenta dos fuentes principales de variación: el tamaño de las bellotas y la edad de los árboles productores.

En el primer lugar, se obtuvo una gran variabilidad en el tamaño de las bellotas entre árboles madre a nivel intrapoblacional, como también habían detectado otros autores en otras zonas de la península ibérica (LEIVA & FERNÁNDEZ-ALÉS, 1998; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et al., 2011). Esta

variabilidad se detectó tanto en árboles jóvenes como en viejos, aunque estos últimos eran los que proporcionaban las bellotas más grandes.

En cuanto a la germinación, los valores más altos de porcentaje de germinación se obtuvieron para árboles de bellotas pequeñas o medianas, mientras que los porcentajes fueron significativamente inferiores en árboles con bellotas grandes; no se apreciaron diferencias claras entre árboles jóvenes y viejos. Por tanto, en nuestra zona un tamaño mayor de bellota no implica una mayor germinación, a diferencia de lo detectado en otros estudios (GÓMEZ, 2004; URBIETA et al., 2008). Además, respecto a la velocidad de germinación, se detectó claramente que el tiempo que tarda en germinar una bellota aumenta con el peso, y el efecto es significativamente más acusado en bellotas producidas por árboles jóvenes. Esta relación velocidad–peso es opuesta a la detectada por otros autores para *Q. pyrenaica* (GÓMEZ, 2004).

Por otro lado, al valorar el crecimiento se detectó que el peso de la bellota afectaba directa y significativamente a la biomasa total de la plántula; es decir, bellotas más grandes producían plántulas más grandes. Este resultado coincide con el llamado “seedling-size effect”, uno de los mecanismos propuestos para explicar las relaciones funcionales entre bellota y plántula (LEISHMAN et al. 2000). La hipótesis propone que bellotas más grandes producen plántulas también más grandes, las cuales son más robustas y más capacitadas para escapar a una mortalidad dependiente del tamaño. Ahora bien, algunos estudios como el de Quero et al. (2007) observaron este efecto principalmente bajo condiciones de moderada o escasa intensidad de luz. Además, NAVARRO et al. (2006) encontraron que las bellotas más grandes producían plántulas más grandes cuando se mantenían irrigadas, en el laboratorio, durante un periodo prolongado, mientras que no se apreciaban tales diferencias cuando en el campo habían sido

sometidas a estrés hídrico. Por otro lado, las bellotas más grandes sufren mayor depredación (GÓMEZ, 2004). Por tanto, probablemente las bellotas grandes no son siempre las mejores opciones para continuar el ciclo de vida, sobretodo en zonas con gran variabilidad temporal en la precipitación.

## CONCLUSIONES

En nuestras zonas de estudio existe una gran variabilidad intrapoblacional en cuanto al tamaño de las bellotas producidas por *Q. ilex*. El que los árboles produzcan bellotas más grandes no supone una mayor probabilidad de germinación. Ahora bien, por un lado las plántulas procedentes de bellotas más grandes alcanzan mayor tamaño en los primeros estadios si las condiciones son buenas, con lo que en las primeras semanas de vida tendrían mayores probabilidades de supervivencia frente a otras más pequeñas; en estas zonas las bellotas de *Q. ilex* más grandes eran producidas por árboles viejos. Por otro lado, en este estudio se ha detectado que las bellotas de *Q. ilex* germinan antes cuanto más pequeñas son, lo cual les puede conferir una ventaja inicial, y que los árboles jóvenes aportan mayor variabilidad en la velocidad de germinación en función del peso de la bellota, lo que puede constituir una ventaja en ambientes variables (principalmente en precipitación). Con todo ello se puede concluir que para *Q. ilex*, es muy conveniente conservar esta variabilidad intraespecífica para favorecer la continuidad de la especie en ambientes heterogéneos y más si cabe con el actual contexto de cambio climático.

## Agradecimientos

A D. Juan Miguel Gómez Cuadrado (Cabeza de Framontanos, Salamanca), por sus gestiones en la localización de los árboles, en optimizar el periodo de recogida

de la bellota y, sobre todo, por compartir con nosotros sus conocimientos sobre el campo. A la familia Flores por permitirnos recoger bellotas en su dehesa. A la Junta de Castilla y León, el Proyecto VA042A10-2 ha financiado parte de este estudio.

## IBLIOGRAFÍA

- CASTRO, J.; ZAMORA, R. & HÓDAR, J.A.; 2006. Restoring *Quercus pyrenaica* forests using pioneer shrubs as nurse plants. *Appl. Veg. Sci.* 9 : 137-142.
- DORRONSORO, C.; 1992. Suelos. En: Gómez, J.M. (coord.), *El libro de las dehesas salmantinas: 71-124*. Junta de Castilla y León. Salamanca
- GÓMEZ, J. M.; 2004. Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evolution* 58(1): 71-80.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, V.; 2010. *Establecimiento de cuatro especies de Quercus en el sur de la Península. Factores limitantes*. Tesis doctoral, Universidad de Córdoba.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, V.; VILLAR, R. & NAVARRO-CERRILLO, R.M.; 2011. Maternal influences on seed mass effect and initial seedling growth in four *Quercus* species. *Acta Oecol.* 37: 1-9.
- LEISHMAN, M. R.; WRIGHT, I. J.; MOLES, A. T. & WESTOBY, M.; 2000. The evolutionary ecology of seed size. In: M. Fenner, (ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities: 31-57*. (2nd ed.). CABI International, Wallingford, Oxford, 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 Ecol. Manag.* 111: 147-156.
- LUIS, E. Y MONSERRAT, P.; 1979. Mapa fitoclimático de la provincia de Salamanca. En: *Estudio integrado y*

- multidisciplinario de la dehesa salmantina*: 157-181. I.O.A.T.O. Salamanca.
- NAVARRO CERRILLO, R.M.; FRAGUEIRO, B.; CEACERO, C.; DEL CAMPO, A. & DE PRADO, R.; 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* [Desf.] Samp. using different weed control strategies in Southern Spain. *Ecol. Eng.* 25: 332–342.
- NAVARRO, F. B.; JIMÉNEZ, M.N.; RIPOLL, M.A.; FERNÁNDEZ-ONDOÑO, E.; GALLEGRO, E. & DE SIMÓN, E.; 2006. Direct sowing of Holm oak acorns: effects of acorn size and soil treatment. *Ann. Forest Sci.* 63: 961-967.
- QUERO, J. L.; VILLAR, R.; MARAÑÓN, T.; ZAMORA, R. & POORTER, L.; 2007. Seed-mass effects in four Mediterranean *Quercus* species (Fagaceae) growing in contrasting light environments. *Am. J. Bot.* 94(11): 1795-1803.
- RAMÍREZ-VALIENTE, J.A.; VALLADARES, F.; GIL, L. & ARANDA, I.; 2009. Population differences in juvenile survival under increasing drought are mediated by seed size in Cork oak (*Quercus suber* L.). *Forest Ecol. Manag.* 257: 1676-1683.
- URBIETA, I.R.; PEREZ-RAMOS, I.M.; ZAVALA, M.A.; MARAÑÓN, T. & KOBE, R.K.; 2008. Soil water content and emergence time control seedling establishment in three co-occurring Mediterranean oak species. *Can. J. Forest Res.* 38 (9): 2382–2393.
- VÁZQUEZ, F. M.; 1998. *Semillas del género Quercus L.* (Biología, ecología y manejo). Consejería de Agricultura y comercio, Junta de Extremadura. Badajoz.
- VILLAR, R.; RUIZ-ROBLETO, J.; QUERO, JL.; POORTER, H.; VALLADARES, F. Y MARAÑÓN T.; 2008. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *En: Valladares, F. (ed.). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*: 193–230. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF S.A. Madrid.