

EFECTO DEL PESO DE LA SEMILLA Y DEL PROGENITOR EN LA BIOMASA Y USO DE LAS RESERVAS DE CUATRO ESPECIES DE *QUERCUS*

Victoria González Rodríguez^{1*}, Rafael Villar Montero¹ y Rafael M^a Navarro Cerrillo²

¹ Área de Ecología. Universidad de Córdoba. Edificio Celestino Mutis. Campus de Rabanales. 14071-CÓRDOBA (España). *Correo electrónico: bv2gorov@uco.es

² Departamento Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. Edificio Leonardo da Vinci. Campus de Rabanales 14071-CÓRDOBA (España). Universidad de Córdoba

Resumen

El tamaño de la semilla es un rasgo clave, puesto que está directamente relacionado con la cantidad de reservas disponibles. La cantidad de reservas y su uso van a ser muy importantes en los primeros estadios de desarrollo y en general se encuentra que está relacionado positivamente con la biomasa final de la plántula. En las especies de *Quercus* se observa una enorme variabilidad inter e intraespecífica y como consecuencia presentan un rango muy amplio de tamaños de semilla. Gran parte de la variabilidad intraespecífica viene determinada por el progenitor, sin embargo no hay estudios que analicen este efecto en el uso de las reservas. En este trabajo se pretenden analizar estos efectos sobre cuatro especies del género *Quercus* mediante un experimento de siembra en invernadero. A nivel de especie se encuentran relaciones significativas entre el peso de la semilla y el uso de las reservas, así como entre el peso de la semilla y el peso final de la plántula. Sin embargo, el análisis en función del progenitor muestra que en algunos casos estos efectos no existen. La selección de semillas para la obtención de planta en vivero debería tener en cuenta la importancia del tamaño de las mismas y la variabilidad introducida por el progenitor.

Palabras clave: *Alcornoque, Encina, Quejigo, Roble*

INTRODUCCIÓN

La cantidad de reservas disponibles en una semilla depende en gran medida del tamaño de la misma. La cantidad de reservas en la semilla y su uso en el crecimiento de la plántula determinan la biomasa de la misma en las primeras fases de su desarrollo. La selección de semillas grandes aumenta la probabilidad de obtener plántulas mayores (GREEN & JUNIPER, 2004), que a su vez serán más robustas y capaces de escapar a procesos de mortalidad dependientes del tamaño de la planta.

Los *Quercus* presentan un amplio rango en el peso de sus semillas (QUERO *et al.*, 2007), que viene en primer lugar determinado por las características propias de cada especie. A su vez, se encuentra una variabilidad importante a nivel intraespecífico, de forma que distintas poblaciones pueden desarrollar bellotas de mayor o menor tamaño en función de las características de su ambiente (BONFIL, 1998).

Toda esta variabilidad también está asociada al progenitor de origen. Para *Q. ilex* spp. *ballota* se ha encontrado que el progenitor puede introducir diferencias sobre la emergencia y algunos

caracteres morfológicos de las plántulas (LEIVA & FERNÁNDEZ-ALÉS, 1998). Sin embargo, no se ha estudiado con detalle a nivel de distintos progenitores la relación del tamaño de semilla con el uso de sus reservas, así como la importancia que pueda tener sobre el peso de la plántula.

Desde un punto de vista aplicado, es de destacar que en la selección de semillas para la obtención de plantas de calidad en vivero se deben de tener en cuenta numerosos factores, entre ellos el tamaño de la semilla (BAUTISTA *et al.*, 2003).

El objetivo de este experimento fue el de estudiar, para cuatro especies mediterráneas del género *Quercus*, la influencia del peso inicial de la semilla sobre el uso de las reservas y la biomasa de la plántula en los primeros estadios de su desarrollo, evaluando la importancia del progenitor sobre dichos factores.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco árboles madre por cada una de las especies estudiadas (*Q. ilex* ssp. *ballota*, *Q. faginea*, *Q. suber* y *Q. pyrenaica*) en el Parque Natural de Cardena y Montoro (Córdoba).

Los árboles progenitores de cada especie estaban localizados en la misma población (distancia máxima entre ellos de 1 km y mínima de 60 m), y se eligieron intentando cubrir un rango amplio de tamaños de semilla. Para cada progenitor se recolectaron entre 200 y 300 semillas entre octubre y noviembre de 2006, y se almacenaron en cámara fría (2-5°C) hasta diciembre de 2006.

Se obtuvo el peso fresco de una submuestra de bellotas procedente de cada uno de los progenitores. Posteriormente se secaron a 70°C durante 48 h y se pesaron por separado los cotiledones y el pericarpio. Con estos datos se calcularon regresiones para cada progenitor, de manera que a partir del peso fresco de una bellota se pudo estimar el peso seco de los cotiledones (QUERO *et al.*, 2007) (Tabla 1).

En diciembre de 2006, se pesaron y sembraron 10 bellotas procedentes de cada una de las madres en el invernadero del Campus de Rabanales (Córdoba). Se emplearon tubos de PVC de 50 cm de altura para permitir el buen desarrollo radicular, y un sustrato de turba-arena-perlita (2:1:1) Se colocó un sistema de riego automático diario y durante el experimento la temperatura fue de 16,45±7,4°C. Cada dos días se hacía un seguimiento de la emergencia de las plántulas.

Siguiendo el criterio de GREEN & JUNIPER (2004), cada planta se cosechó cuando tuvo 3-5 hojas completamente expandidas (aproximadamente a los 67 ± 1 2 días), ya que en este momento se puede considerar que es más independiente de las reservas de la semilla y asegura que todas las plántulas están en el mismo estadio ontogenético. Una vez separado el sustrato de la raíz, cada plántula fue dividida en tallo, hojas, raíces, cotiledones remanentes y pericarpio. Posteriormente se determinó el peso seco de todas las partes tras secarlas a 70°C durante al menos 48h.

Las reservas usadas fueron calculadas como la diferencia entre el peso seco del cotiledón inicial y el del remanente. La biomasa de la plántu-

Progenitor	<i>Q. faginea</i>	<i>Q. pyrenaica</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. suber</i>
1	PScot=-0,12+0,50*PF (r ² =0,99)	PScot=-0,02+0,50*PF (r ² =0,99)	PScot=-0,04+0,41*PF (r ² =0,96)	PScot=-0,28+0,44*PF (r ² =0,93)
2	PScot=-0,23+0,51*PF (r ² =0,91)	PScot=-0,22+0,54*PF (r ² =0,97)	PScot=-0,03+0,48*PF (r ² =0,98)	PScot=0,01+0,48*PF (r ² =0,98)
3	PScot=0,02+0,36*PF (r ² =0,86)	PScot=-0,01+0,49*PF (r ² =0,97)	PScot=0,37+0,43*PF (r ² =0,94)	PScot=-0,36+0,52*PF (r ² =0,99)
4	PScot=-0,34+0,57*PF (r ² =0,94)	PScot=-0,50+0,51*PF (r ² =0,96)	PScot=-0,47+0,52*PF (r ² =0,97)	PScot=-0,58+0,51*PF (r ² =0,95)
5	PScot=-0,22+0,50*PF (r ² =0,93)	PScot=-0,63+0,54*PF (r ² =0,93)	PScot=-0,48+0,48*PF (r ² =0,88)	PScot=-0,38+0,50*PF (r ² =0,96)

Tabla 1. Ecuaciones de regresión empleadas para calcular el peso seco inicial de los cotiledones (PScot) a partir del peso fresco de la bellota completa (PF) para cada uno de los árboles progenitores. Todos los pesos se expresan en gramos. Para cada especie se han numerado los progenitores del 1 al 5

la se calculó como la suma de los pesos secos de raíz, tallo y hojas. El porcentaje de uso de las reservas se calculó como el cociente entre las reservas usadas y el peso seco del cotiledón inicial multiplicado por cien. La eficiencia en el uso de las reservas se expresó como el cociente entre la biomasa de la plántula y las reservas usadas multiplicado por cien.

Para cada progenitor, y también para cada especie en conjunto, se calcularon regresiones lineares simples en las que se representó el uso de las reservas y la biomasa de la plántula frente al peso seco inicial de los cotiledones. Para el análisis estadístico se empleó el programa STATISTICA v 7.1.

RESULTADOS

Uso de las reservas

Sin hacer distinción del progenitor, el porcentaje de reservas usadas en el corto periodo de crecimiento fue alto (entre 54 al 63%, Tabla 2). La especie que más porcentaje de reservas empleó fue *Q. faginea* y la que menos *Q. ilex*, aunque todos los valores fueron muy similares.

Para cada especie las reservas usadas durante las primeras fases de crecimiento estaban positivamente relacionadas con el peso de la semilla. ($P < 0,001$, Tabla 3). En todos los casos,

el porcentaje de variación de las reservas usadas que es explicado por el peso de la semilla es alto (r^2 mínimo = 0,57, r^2 máximo = 0,85), aunque para *Q. pyrenaica* la variación en el uso de las reservas solo es explicado en un 57% por el peso inicial de la semilla.

La figura 1A muestra las regresiones obtenidas al distinguir entre progenitores para cada una de las especies. Se observa que difieren tanto en la pendiente de la recta como en el porcentaje de variación de las reservas usadas que es explicado por el peso de la semilla. Por ejemplo, en el caso de *Q. pyrenaica* se encuentra que para algunos progenitores (2, 3 y 4) la regresión entre reservas usadas y peso de la semilla no fue significativa ($P > 0,05$). Lo mismo ocurrió para los individuos procedentes de los progenitores 2 y 3 de *Q. ilex*.

Biomasa de la plántula

Las reservas de la semilla se utilizan para los procesos metabólicos relacionados con la formación de nueva biomasa. La eficiencia en el uso de las reservas para cada especie muestra valores similares entre las especies (entre el 60 al 70%, Tabla 2), aunque se observa que *Q. pyrenaica* es la más eficiente.

Dentro de cada especie y sin distinguir entre progenitores se observa cómo las semillas más grandes determinan mayor biomasa de la plántula (Tabla 3). Sin embargo, la variación del peso

Especie	% reserva usada	% eficiencia en el uso
<i>Q. faginea</i>	62,73 ± 11,35	67,79 ± 14,34
<i>Q. pyrenaica</i>	59,72 ± 13,06	70,88 ± 11,16
<i>Q. ilex</i>	54,16 ± 13,20	64,42 ± 16,82
<i>Q. suber</i>	62,16 ± 10,69	61,80 ± 12,25

Tabla 2. Porcentaje de reserva usada calculado como (uso reserva/peso seco cotiledon inicial)*100 (media ± desviación típica) y de eficiencia en el uso de la reserva calculado como (peso seco plántula/uso reserva)*100 (media ± desviación típica) para cada una de las especies

	<i>Q. faginea</i>	<i>Q. pyrenaica</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. suber</i>
Reservas usadas	RU=0,20+0,48PScot ($r^2=0,85$ ***)	RU=0,50+0,36PScot ($r^2=0,57$ ***)	RU=0,30+0,41PScot ($r^2=0,84$ ***)	RU=0,17+0,54PScot ($r^2=0,73$ ***)
Peso seco plántula	PS=0,19+0,28PScot ($r^2=0,76$ ***)	PS=0,49+0,20PScot ($r^2=0,33$ ***)	PS=0,31+0,21PScot ($r^2=0,57$ ***)	PS=0,18+0,29PScot ($r^2=0,65$ ***)

Tabla 3. Ecuaciones de regresión lineal entre reservas usadas (RU) y peso seco inicial de los cotiledones (PScot), y peso seco final de la plántula (PS) y peso seco inicial de los cotiledones. (***) indica $P < 0,001$ Todos los pesos se expresan en gramos

de la plántula explicada por el peso de la semilla no es muy alta (r^2 máximo = 0,76, r^2 mínimo = 0,33, Tabla 3); siendo los valores menores para *Q. pyrenaica*.

Por otro lado, al realizar el análisis diferenciando el progenitor de origen, esta relación no se observa ($P > 0,05$) para algunos progenitores en todas las especies: 3 y 4 de *Q. faginea*; 2, 3 y 4 de *Q. pyrenaica*; 2, 3 y 4 de *Q. ilex* y 1 de *Q. suber* (Figura 1B).

DISCUSIÓN

La relación del peso de la planta con el peso de la semilla depende de la cantidad de reservas usadas y de la eficiencia en la conversión de estas reservas a biomasa de la plántula (QUERO *et al.*, 2007).

En este trabajo se observa que el tamaño de la semilla, y por tanto la cantidad de reservas disponibles, influye en el uso posterior de las mismas, y este uso podría ser diferente entre especies. En trabajos previos también se ha observado este efecto (GREEN & JUNIPER, 2004; QUERO *et al.*, 2007). Una semilla más grande supone una ventaja para la plántula emergente ya que tiene más reservas metabólicas disponibles durante los primeros momentos de desarrollo en los que aún no es capaz de hacer fotosíntesis (QUERO *et al.*, 2007). Sin embargo, un menor uso de las reservas también puede ser ventajoso, ya que las reservas retenidas se pueden movilizar posteriormente para mantener o reparar tejidos (GREEN & JUNIPER, 2004).

El método utilizado para el cálculo del uso de las reservas implica que no hay pérdidas debidas por ejemplo a la descomposición por microorganismos. Aunque la bellota estaba enterrada en el sustrato, en todos los casos tras los aproximadamente dos meses de crecimiento, la bellota estaba en buenas condiciones y no se detectaron síntomas de descomposición. Por tanto, se puede considerar que las reservas de la semilla fueron movilizadas y empleadas en la conversión a plántula. Los mecanismos metabólicos que determinan una mayor o menor eficiencia en este uso o la distribución de la biomasa en los diferentes órganos no son bien conocidos. Los resultados de este experimento

muestran una eficiencia similar en el uso de las reservas para todas las especies, aunque *Q. pyrenaica* parece algo más eficaz.

De acuerdo con otros autores (HENDRIX *et al.*, 1991; CHACÓN & BUSTAMANTE, 2001), en este experimento se aprecia que el peso de la semilla influye en el tamaño que alcanza la plántula en las primeras fases de crecimiento, y esta característica puede ser determinante sobre la supervivencia. Una plántula mayor es más robusta, puede formar raíces profundas (QUERO *et al.*, 2007), captar más luz, y escapar de procesos de mortalidad dependientes del tamaño como es la herbivoría (BONFIL, 1998). Otros análisis han obtenido una relación positiva entre el tamaño de la semilla y la supervivencia de la plántula a largo plazo (MOLES & WESTOBY, 2006). Por otro lado, la revisión de trabajos que evalúan el establecimiento en campo de plántulas procedentes de vivero refleja que la relación entre el tamaño de la planta o la proporción parte aérea/parte radicular con la supervivencia no está muy clara (NAVARRO *et al.*, 2007).

Un resultado interesante de este estudio es que el progenitor de origen parece introducir variabilidad en el efecto que el peso de la semilla tiene sobre el uso de las reservas y la biomasa de la plántula, ya que en muchos casos anula estas relaciones. Su influencia parece más evidente sobre el tamaño de la plántula, y este factor es de importancia ya que sugiere que en determinados casos, la selección de una semilla de mayor tamaño no determina una plántula mayor. Estos resultados corroboran estudios previos que analizan los efectos del progenitor sobre algunos rasgos morfológicos de las plántulas que provienen de ellos (LEIVA & FERNÁNDEZ-ALÉS, 1998). El progenitor de origen parece influir por tanto sobre características que afectan a la calidad de la planta, por lo que sería interesante un mayor entendimiento de los mecanismos por los que se producen estos efectos.

CONCLUSIONES

El peso de la semilla está, en general, relacionado con el uso de las reservas de la misma e influye en el tamaño que alcanza la plántula durante las primeras etapas de crecimiento. El

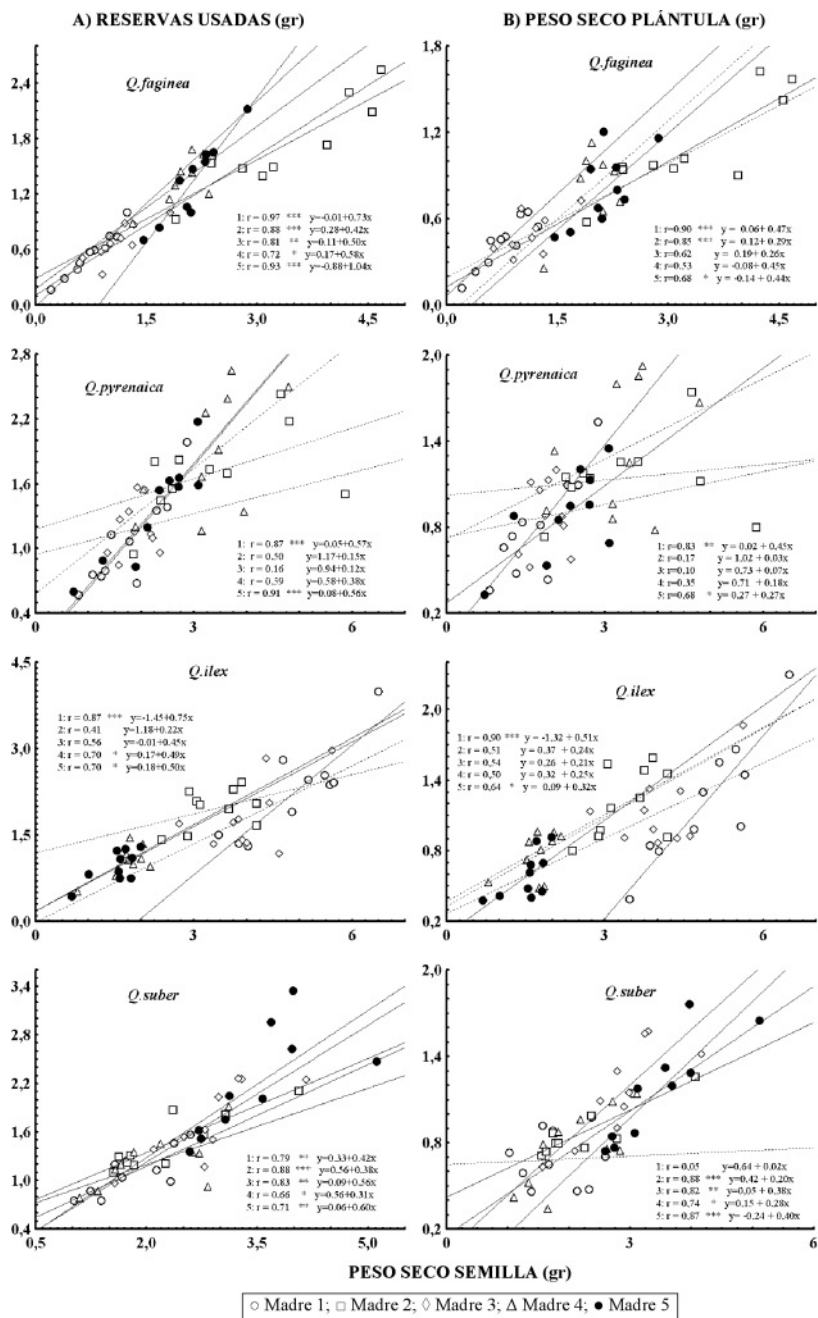


Figura 1. Ecuaciones de regresión para los distintos progenitores de cada una de las cuatro especies de Quercus. Las líneas continuas representan regresiones significativas ($P < 0,05$) y las discontinuas las no significativas ($P > 0,05$). *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$ A) Relación entre el peso de la semilla (eje X) y el uso de las reservas (eje Y). B) Relación entre el peso de la semilla (eje X) y el peso de la plántula (eje Y)

progenitor podría introducir variabilidad en estos efectos, siendo más evidentes en la biomasa de la plántula que en el uso de las reservas.

La selección de semillas para la obtención de plantas de calidad debería tener en cuenta tanto la importancia del tamaño de las mismas como la del progenitor de origen.

Agradecimientos

Este experimento ha sido financiado por el proyecto DINAMED (CGL2005-05830-C03-02) y una beca predoctoral FPI del Ministerio de Educación y Ciencia (BES-2006-13059). Nuestro agradecimiento a Jose Manuel Quero, Pedro Lara, Fernando Puig y Bartolomé Arévalo por posibilitar la selección de árboles y recogida de semilla en el PN de Sierra de Cardeña y Montoro (Córdoba).

BIBLIOGRAFIA

BAUTISTA, N., SÁNCHEZ, R. Y OLIVEROS, F.; 2003. *La regeneración del alcornoque. Manual de buenas prácticas*. Consejería de Obras Públicas y Transportes, Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.

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.

CHACÓN, P. & BUSTAMANTE, R.; 2001. The effects of seed size and pericarp on seedling

recruitment and biomass in *Cryptocarya alba* (Lauraceae) under two contrasting moisture regimes. *Plant Ecology* 152: 137-144.

GREEN, P.T. & JUNIPER, P.A.; 2004. Seed-seedling allometry in tropical rain forest trees: seed mass-related patterns of resource allocation and "the reserve effect". *J. Ecology* 92: 397-408.

HENDRIX, S.D., NIELSEN, E., TODD, N. & SCHUTT, M.; 1991. Are seedlings from small seed always inferior to seedlings from large seeds? *New Phytol.* 119:299-305.

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. Manage.* 111: 147-156.

MOLES, A.T. & WESTOBY, M.; 2006. Seed size and plant strategy across the whole life cycle. *Oikos* 113: 91-105.

NAVARRO, R.M., VILLAR, P. Y DEL CAMPO, A.; 2007. Morfología y establecimiento de los plantones. *En: J. Cortina, J.L. Peñuelas, J. Puértolas, R. Savé y A. Vilagrosa (eds.), Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos* 4: 67-89. Organismo autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

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.