

Fernando Zavala-Chávez

Desecación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos  
Ciencia Ergo Sum, vol. 11, núm. 2, julio-octubre, 2004, pp. 177-185,  
Universidad Autónoma del Estado de México  
México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10411207>



*Ciencia Ergo Sum*,  
ISSN (Versión impresa): 1405-0269  
[ciencia.ergosum@yahoo.com.mx](mailto:ciencia.ergosum@yahoo.com.mx)  
Universidad Autónoma del Estado de México  
México

¿Cómo citar?

Fascículo completo

Más información del artículo

Página de la revista

[www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Desecación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos

Fernando Zavala-Chávez\*

Recepción: agosto 11 de 2003  
Aceptación: diciembre 4 de 2003

\* Departamento de Ecología y Silvicultura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Apartado Postal 84, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230.

Teléfono: 01 (595) 95 215 00 ext. 5331

Fax: 01 (595) 95 419 57

Correo electrónico: fer21za@hotmail.com

El autor agradece a la Universidad Autónoma Chapingo el apoyo otorgado para realizar este trabajo a través del Programa Universitario de Investigación en Dasonomía, así como a los revisores anónimos de *Ciencia Ergo Sum* por las motivadoras opiniones y sugerencias para mejorar el escrito final.

**Resumen.** Se determina y compara la dinámica de la pérdida de humedad y su relación con la germinación de bellotas de nueve especies de encinos del centro del país. 2,080 bellotas se expusieron a pérdida de humedad por siete semanas. Los resultados mostraron variación en peso medio de bellotas húmedas en la mayoría de las especies, así como en germinación. El contenido de humedad de bellotas disminuyó en más de 50% durante las primeras dos a tres semanas; destacaron las de *Q. crassifolia* con una mayor pérdida de humedad. Al disminuir ésta, la germinación decreció de manera diferencial en tres grupos de especies. El tiempo de almacenamiento de frutos de *Q. rugosa* redujo la viabilidad hasta cero a los 19 meses, pero a los 11 meses aún se registró 34% de viabilidad. Esto sugiere alguna dificultad para almacenar bellotas de *Q. rugosa*.  
**Palabras clave:** encinos, bellotas, recalcitrancia, contenido de humedad, desecación, germinación.

## The Desiccation of Acorns and its Relationship to Viability and Germination of Nine Mexican Oak Species

**Abstract.** The present work was carried out with the purpose of determining and comparing the dynamics of loss of moisture content and its relationship to the germination of acorns of nine oak species found in the center of Mexico. From nearly three thousand acorns gathered, 2080 were selected and exposed to a loss of moisture for seven weeks. The results showed variation in the average weight of fresh acorns for most of the species, as well as variation in germination. The moisture content of most acorns diminished more than 50% in the first two to three weeks, highlighting *Q. crassifolia* with a rate of loss of moisture that was higher than normal. Germination decreased when the moisture of acorns diminished. While 34% viability remained after eleven months, the storage time for acorns of *Q. rugosa* reduced their viability to zero in 19 months. This suggests some difficulty pertaining to the storage of acorns of *Q. rugosa*.

**Key words:** oaks, acorns, recalcitrance, moisture content, desiccation, germination.

## Introducción

Una de las causas que impide la regeneración natural de encinos es la desecación de sus frutos. Esto sucede cuando son diseminados y caen en un suelo desnudo (sin hojarasca ni vegetación herbácea) en espacio abierto (despro-

visto de bosque) (Zavala, 2001: 32). En estas condiciones, el contenido de humedad de las bellotas disminuye rápidamente y entonces no germinan, pues pierden su viabilidad (Zavala, 2000-2001: 274). Esta es principalmente la base del carácter recalcitrante de las bellotas, término que agrupa frutos o semillas relativamente grandes, húmedos

y difíciles de almacenar en seco y frío sin que pierdan viabilidad (Roberts, 1973: 501).

La recalcitrancia en encinos es un carácter adaptativo que confiere protección a los frutos contra la desecación, las bajas temperaturas y la depredación de insectos. Al germinar, poco después de ser diseminadas, las bellotas evitan la pérdida excesiva de humedad (causada por el viento desecante y luz solar directa) y la exposición a bajas temperaturas y a predadores. En efecto, la presencia de una capa de hojarasca es lo común en el piso del bosque donde crecen los encinos (Zavala, 2001: 32), pero existe variabilidad en estos aspectos dentro del género *Quercus*. Se ha demostrado que las bellotas cuyo contenido de humedad es alto germinan más fácilmente que las de humedad menor (Gosling, 1989: 46). En encinos blancos (subgénero *Lepidobalanus*), las bellotas suelen mantener su viabilidad con contenidos de humedad de 40 a 45%, mientras que en encinos rojos (subgénero *Erythrobalanus*) se mantiene en alrededor de 25% (Korstian, 1927, citado por Johnson *et al.*, 2002: 84; Gosling, 1989: 45). Por tales razones, no se recomienda almacenar bellotas de encinos blancos, ya que pierden viabilidad rápidamente, o deben almacenarse sólo algunos días o semanas; las de encinos rojos deben almacenarse no más de seis meses (Young y Young, 1992: 293).

Todavía falta precisar cuánto varían dichos porcentajes entre especies y dentro de una especie, así como el contenido de humedad de bellotas de especies de distintas regiones de México. Tanto en bellotas de encinos blancos como de rojos, los niveles críticos de pérdida de humedad se alcanzan cuando ellas se deshidratan al aire libre y a la sombra entre 2 y 5 días (Johnson *et al.*, 2002: 85), pero los niveles precisos parecen depender de la especie y del ambiente particular donde crecen. El espesor de la capa de hojarasca en el piso del bosque, por ejemplo, es una característica particular del ambiente que puede retardar la desecación de bellotas diseminadas. La ausencia de esta capa (suelo desnudo) provoca la rápida deshidratación de bellotas, no germinan y, por tanto, se impide la incorporación de plántulas de encinos al bosque (Zavala, 2001: 47).

Las bellotas almacenadas en condiciones de baja temperatura y relativamente alta humedad germinan muy fácilmente en los primeros días, lo que parece ser más común en encinos blancos que en rojos. Esto dificulta la conservación de bellotas viables por mucho tiempo, lo cual también representa un problema para el manejo de germoplasma de encinos. Se ha estudiado el comportamiento del contenido de humedad en bellotas almacenadas a temperaturas de 2 a 5 °C en bolsas de plástico, con lo cual se reduce la pérdida de humedad. Aun así, puede

disminuir poco más de 20% al cabo de 25 a 30 semanas (Gosling, 1989: 43).

No se han realizado estudios relacionados con los cambios en el contenido de humedad en bellotas de encinos mexicanos, ya sea en condiciones naturales o de almacenamiento artificial, a pesar de requerirse para conocer el comportamiento de los encinos ante factores ambientales asociados, inclusive de disturbio. También es preciso determinar los requerimientos específicos para la germinación, conocer las estrategias de regeneración natural y las diferencias entre especies. Asimismo, no se ha generado información acerca de las relaciones de la disminución del contenido de humedad y la germinación en bellotas, así como de las posibilidades de desarrollo de tecnología con fines de conservación de germoplasma de encinos mexicanos. Esta tecnología es requerida para el manejo de estos árboles como recurso forestal y para la producción de planta en vivero para reforestación. Los propósitos de este trabajo fueron determinar y comparar la dinámica de la disminución del contenido de humedad y los cambios concomitantes en la germinación de bellotas en nueve especies de encinos del centro del país, e indagar las implicaciones de su posible almacenamiento y aspectos relacionados con sus patrones de regeneración.

## 1. Metodología

Se recolectaron bellotas de 19 árboles de nueve especies de encinos del centro de México, al menos cien por especie y cerca de tres mil en total. Se recogieron los frutos directamente de cada árbol, lo cual redujo el número de bellotas afectadas por insectos u otros factores (Zavala y García, 1996). Las especies se identificaron previamente en campo, con la ayuda de claves taxonómicas y revisión de las descripciones botánicas (Zavala, 1989, 1995). Los árboles considerados estuvieron en madurez reproductiva y midieron entre 15 y 25 cm de diámetro en la base. Las bellotas se recolectaron en distintos años, debido a que las especies suelen ser irregulares en la producción, y presentan numerosos frutos en algunos años y muy escasos en otros (Zavala y García, 1996; Johnson *et al.*, 2002).

Los sitios de recolecta fueron: a) cercanías de Vizarrón, Cadereyta, Querétaro, 20°46'-20°48' latitud norte y 99°40'-99°42' longitud oeste, en bosque de *Pinus cembroides* Zucc. con encino y enebro, altitud de 2,400 a 2,700 m; especies seleccionadas: *Q. greggii* Trel. y *Q. pringlei* Seem., ambas recolectadas en agosto de 2000; b) Parque Nacional El Chico y lugares cercanos, Mineral del Chico, Hidalgo, 20°12'-20°14' latitud norte y 98°43'-98°45' longitud oeste, en bosque de encino, altitud de 2,450 a 2,650 m; espe-

cies seleccionadas: *Q. crassifolia* Humb. & Bonpl. (recolectada en agosto de 2001), *Q. deserticola* Trel. (octubre de 1998), *Q. glabrescens* Benth. (septiembre de 2000), *Q. laurina* Humb. & Bonpl. (septiembre de 1999), *Q. mexicana* Humb. & Bonpl. (octubre de 1998) y *Q. rugosa* Née (octubre de 1998); c) cercanías al poblado de Santa María Tecuanulco, Texcoco, Estado de México, 19°29'-19°31' latitud norte y 98°51'-98°53' longitud oeste, alrededores de terrenos de cultivos anuales, altitud 2,400 m; especie seleccionada: *Q. microphylla* Née (agosto de 2000).

Las bellotas recolectadas estuvieron aparentemente maduras y sanas (sin daño físico evidente). El carácter maduro se basó en el desarrollo y en la proporción de nuez cubierta por la cúpula (Zavala, 1995). Algunas bellotas inicialmente sanas mostraron evidencias de daño días después (manchas, puntos oscuros), por lo cual fueron excluidas del estudio. La cúpula de las bellotas finalmente seleccionadas (2,080 en total) fue removida y cada nuez se expuso a pérdida de humedad en rejillas de cartulina rígida y en condiciones de laboratorio (humedad relativa de 40 a 50%, con temperatura media de entre 18 y 20 °C), lo cual simuló la desecación en el piso desnudo del interior de un bosque. Las rejillas se numeraron y etiquetaron por árbol y especie. Las nueces se pesaron cada semana con una balanza analítica, hasta mostrar peso relativamente constante, antes se había registrado el peso húmedo de cada nuez recién recolectada (peso inicial, Pi). De acuerdo con este dato, las nueces fueron clasificadas en clases de tamaño (clase 1 = 0-1 g, clase 2 = 1-2 g, etcétera, hasta 6 = 5-6 g); después se determinó su contenido de humedad (Ch) con base en el peso perdido (Pp) a las siete semanas, y el porcentaje de éste con respecto al Pi (Anónimo, 1985). A partir del Pi, o peso húmedo, se calculó el número de bellotas en un kilogramo para cada especie.

Cada semana se seleccionaron al azar diez nueces provenientes de cada árbol, las cuales se rehidrataron en agua corriente por 24 horas a temperatura ambiente (o por 48 horas desde la cuarta semana) y se colocaron en charolas de plástico con material inerte (agrolita) humedecido. Previamente, el pericarpio de cada nuez fue retirado y se usaron sólo las semillas desnudas para germinar. Una semilla fue considerada como germinada cuando mostró la radícula emergida al menos en 5 mm.

Además de lo anterior, en noviembre de 2000, 255 bellotas de *Q. rugosa* (húmedas) recién recolectadas fueron colocadas en bolsas de plástico selladas, luego almacenadas en refrigerador con temperatura que osciló de 5 a 7 °C. Posteriormente se revisaron en tres ocasiones (a los cua-

tro, 11 y 19 meses), con el fin de registrar su viabilidad, apariencia y germinación.

Las variables medidas para las bellotas de cada especie fueron Pi, peso registrado cada semana (P1, P2, ..., P7), Ch, tasa de pérdida de humedad (TPH) y número de semillas germinadas por semana y para cada especie. Los datos fueron analizados mediante medidas de tendencia central (Zar, 1999) y, en algunos casos, mediante análisis de correlación, regresión lineal simple y comparación entre medias con la prueba de Tukey (SAS Institute Inc., 1989).

## 2. Resultados y discusión

Las nueces analizadas mostraron pesos medios mayores de 2 g en cuatro especies y menores en las otras cinco. Las de mayor peso pertenecieron a encinos blancos (subgénero *Lepidobalanus*), en tanto que las más pequeñas (< 2 g) fueron, principalmente, de encinos rojos (subgénero *Erythrobalanus*). Esto coincide con datos de Olson (1974: 692-695) sobre encinos de Norteamérica, en los cuales las bellotas más grandes provienen de encinos blancos. Además, en el presente estudio, las tres especies cuyas bellotas presentaron el Ch más alto fueron también encinos blancos (cuadro 1). Lo anterior sugiere una tendencia de los encinos blancos a generar bellotas más grandes y con un Ch mayor que los rojos.

De manera particular, las bellotas de *Q. mexicana* y *Q. deserticola* fueron las más pequeñas y más grandes, respectivamente, con base en el Pi. Las de mayor y menor Ch fueron las de *Q. greggii* y *Q. mexicana* con 74 y 41%, respectivamente (cuadro 1); el Ch de *Q. greggii* parece ser alto comparado con el de *Q. robur* L. de Europa (48%), una de las especies más estudiadas sobre el tema (Finch-Savage y Clay, 1995: 318). Los datos obtenidos en este trabajo podrían indicar una relación positiva entre tamaño, con base en peso húmedo y Ch, de acuerdo con lo observado en bellotas de *Q. mexicana*. Sin embargo, el análisis de regresión no mostró asociación significativa ( $p=0.05$ ) entre ambas variables.

Las bellotas de cada especie fueron, al menos, de dos clases de tamaño. Las más pequeñas pertenecieron a *Q. mexicana*, *Q. prinlei* y *Q. laurina*, con dos clases de tamaño las dos primeras y con cuatro clases la tercera. *Q. deserticola* presentó las bellotas más grandes (5-6 g). El resto de las especies tuvo bellotas principalmente de tamaño intermedio (2-4 g), excepto *Q. glabrescens*, que mostró algunas relativamente grandes (> 4 g) (cuadro 2).

La comparación del Pi y Ch entre clases de tamaño de nueces reveló que las más pequeñas suelen tener mayor Ch

**Cuadro 1.** Datos promedio y coeficientes de variación (Cv) del peso inicial (Pi), contenido de humedad (Ch) y número de bellotas por kilogramo (N • kg<sup>-1</sup>) para nueve especies de *Quercus* del centro de México (Hidalgo, Estado de México y Querétaro).

Especie	Pi (g)		Ch (%)		N • kg <sup>-1</sup> (húmedas)
	Media (± d.st.)	Cv	Media (± d.st.)	Cv	
<i>Q. deserticola</i> (B)	3.59 (0.68)	18.9	51.8 <sup>a</sup> (25.7)	49.6	279
<i>Q. glabrescens</i> (B)	2.36 (0.61)	26.1	47.0 <sup>b</sup> (11.5)	24.4	424
<i>Q. rugosa</i> (B)	2.09 (0.51)	24.2	48.9 <sup>b</sup> (15.5)	31.8	478
<i>Q. microphylla</i> (B)	2.08 (0.57)	27.5	63.6 <sup>c</sup> (3.9)	6.1	481
<i>Q. crassifolia</i> (R)	1.86 (0.23)	12.3	58.7 <sup>d</sup> (7.2)	12.2	538
<i>Q. greggii</i> (B)	1.79 (0.35)	19.6	74.3 <sup>e</sup> (7.2)	9.7	559
<i>Q. laurina</i> (R)	1.62 (0.38)	23.3	51.7 <sup>a</sup> (11.9)	23.0	617
<i>Q. pringlei</i> (B)	1.05 (0.25)	23.6	60.4 <sup>e</sup> (6.9)	11.3	952
<i>Q. mexicana</i> (R)	0.85 (0.23)	26.9	40.9 <sup>f</sup> (13.0)	31.9	1176

Datos de medias de Ch: letras distintas entre sí son estadísticamente diferentes al nivel de significancia de p = 0.01 con la prueba de Tukey; letras iguales no son estadísticamente diferentes.  
B = encino blanco, R = encino rojo.  
d.st. = desviación estándar.  
Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 2.** Datos promedio de Pi, Ch y número de bellotas por kilogramo (N • kg<sup>-1</sup>) por clase de tamaño para nueve especies de *Quercus* del centro del país (Hidalgo, Estado de México y Querétaro).

Especie	Clase de tamaño (g)	Pi (g)	Ch (%)	N • kg <sup>-1</sup> (húmedas)
<i>Q. mexicana</i>	0-1	0.75	41.59	1,333
	1-2	1.17	38.69	855
<i>Q. laurina</i>	0-1	1.0	—	1,000
	1-2	1.52	52.77	658
	2-3	2.23	47.55	448
	3-4	3.21	—	312
<i>Q. deserticola</i>	2-3	2.71	41.61	369
	3-4	3.47	57.49	288
	4-5	4.45	12.95	225
	5-6	5.48	—	182
<i>Q. rugosa</i>	1-2	1.71	50.66	585
	2-3	2.34	25.51	427
	3-4	3.26	70.85	307
<i>Q. crassifolia</i>	1-2	1.76	59.76	568
	2-3	2.16	54.46	463
<i>Q. glabrescens</i>	1-2	1.78	45.48	562
	2-3	2.39	49.01	418
	3-4	3.51	34.37	285
	4-5	4.21	—	238
<i>Q. microphylla</i>	1-2	1.50	65.38	667
	2-3	2.37	62.19	422
	3-4	3.28	—	238
<i>Q. greggii</i>	1-2	1.64	74.33	610
	2-3	2.26	—	305
<i>Q. pringlei</i>	0-1	0.84	62.85	1,190
	1-2	1.22	57.03	820

Nota: El guión significa que no se dispuso de bellotas suficientes durante el tiempo requerido para calcular el Ch y determinar germinación.  
Fuente: Elaboración propia.

que las mayores, de acuerdo con lo registrado en bellotas de *Q. mexicana*, *Q. laurina*, *Q. glabrescens*, *Q. microphylla* y *Q. pringlei* (cuadro 2). Por su parte, el número de bellotas en un kilogramo varió en las especies. En efecto, para *Q. laurina*, por ejemplo, el promedio fue de 617 (cuadro 1), pero se registraron desde 312 hasta mil (cuadro 2). Esta variabilidad en *Quercus* ha sido enfatizada por otros autores

(McVaugh, 1974; Rice *et al.*, 1991; Zavala, 1999), por lo que parece ser común en el género. Según Leishman *et al.* (1995: 523), la causa podría ser la presencia de distintos ambientes o variantes en las condiciones de hábitat particulares. De esta manera, los datos de tamaño y Ch de las especies estudiadas en este trabajo deberán considerarse sólo para las localidades seleccionadas.

Las bellotas analizadas perdieron peso, y por tanto humedad, de manera rápida en la primera semana, y menos acentuadamente en las semanas siguientes. Prácticamente mostraron un peso más o menos constante a partir de la séptima semana. Johnson *et al.* (2002) consignan que estos frutos se deshidratan al exponerse al aire libre y a la sombra entre dos y cinco días, pero advierten que los niveles precisos dependen de la especie. Esto es justamente lo que cabe decir para las especies estudiadas; en este trabajo se observó que las bellotas ya presentaron escasa humedad desde la tercera semana, tal vez apenas suficiente para mantener viables la mayoría de las semillas (figura 1a).

La pérdida de humedad no manifestó alguna tendencia o patrón particular para las especies estudiadas. Se presentó un continuo en la TPH de la primera semana y algunos traslapes en las semanas restantes (figura 1a). Todas mostraron una TPH más alta en la primera semana, que disminuyó desde la segunda hasta la séptima semana de evaluación. Sin embargo, sobresalió *Q. crassifolia*, con la TPH más alta en la primera semana y la más baja

en la tercera y cuarta semanas, lo cual sugiere pérdida más rápida del Ch que en las demás especies (figura 1a). Los datos acumulados de TPH (figura 1b) ratificaron lo comentado antes sobre la peculiaridad referente a la desecación de *Q. crassifolia*. Las otras especies parecen formar un grupo más o menos uniforme en la tendencia de pérdida de humedad (figura 1b).

El análisis del Ch mostró que, en general, parece haber un patrón de disminución en las especies, excepto por *Q. greggii* y *Q. deserticola*, que coincidieron estrechamente en el Ch de las primeras dos semanas; ambas son las de mayor humedad en dicho periodo. Asimismo, las bellotas de *Q. crassifolia* manifestaron Ch más bajo en casi todo el periodo de evaluación (figura 2), lo cual ratifica lo mencionado en el párrafo anterior.

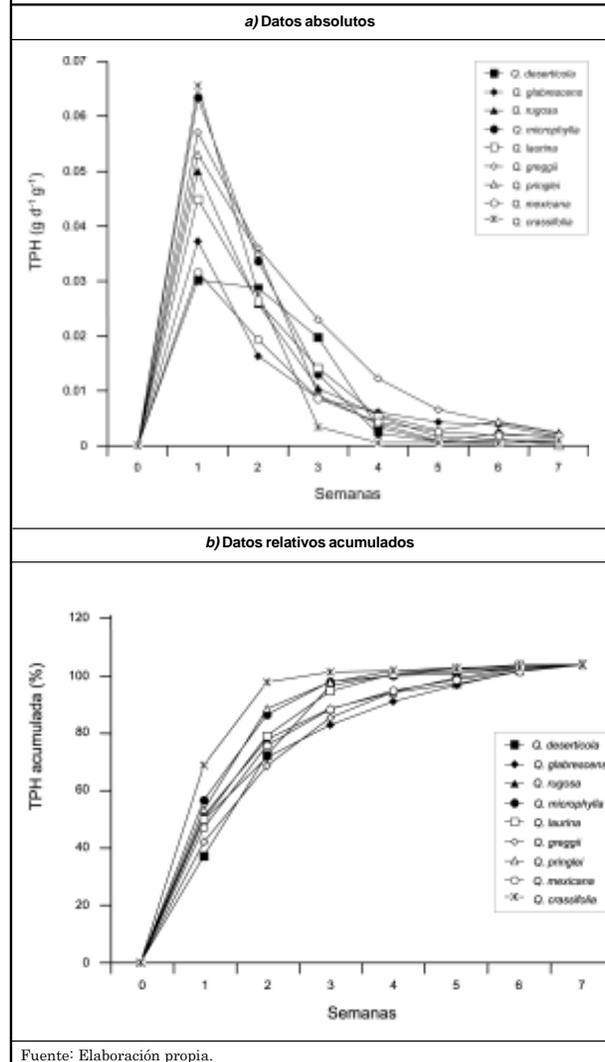
Los datos registrados de germinación de bellotas recién recolectadas (semana 0) mostraron porcentajes que variaron de 80% en *Q. crassifolia*, a 100% en la mayoría de las especies estudiadas. El tiempo de germinación, previa rehidratación de bellotas, varió de unos días a tres semanas, lo cual parece haber dependido del grado de deshidratación y de la especie.

En general, las especies estudiadas manifestaron pérdida de viabilidad al aumentar la desecación (cuadro 3), tal como podría esperarse de semillas recalcitrantes (Roberts, 1973: 501). Esto es común en encinos, como lo constatan Morgan y Brohaker (1986: 95) al exponer que la desecación provocó germinación de menos bellotas de *Q. virginiana*. Sin embargo, las especies responden de distinta manera ante la pérdida de humedad. En efecto, en el presente trabajo se registraron variadas respuestas en la germinación, según las cuales se identificaron tres grupos de especies: a) *Q. crassifolia* y *Q. microphylla*, que mostraron germinación sólo hasta la segunda semana; b) *Q. rugosa*, *Q. deserticola* y *Q. laurina*, con germinación hasta la tercera o cuarta semanas; y, c) *Q. pringlei* y *Q. glabrescens*, con germinación hasta la sexta semana, y *Q. greggii* y *Q. mexicana*, cuyas nueces germinaron aun en la séptima semana. Se proponen los tres grupos como sensibles, moderadamente sensibles y resistentes a la desecación, respectivamente (cuadro 3). Para el caso de la variación en semillas recalcitrantes, Ferrant *et al.* (1988: 160) proponen clasificarlas en alta, moderada y ligeramente recalcitrantes, pero las especies de encinos del tercer grupo no mostraron recalcitrancia.

Lo señalado antes muestra, además, que la resistencia a la desecación no depende del subgénero, como tampoco del tiempo involucrado en el desarrollo de las bellotas (anuales o bienales). Estos datos incrementan la gama de características con acentuada variabilidad en encinos mexicanos (Zavala, 1999).

Asimismo, se observó que hay encinos rojos que difieren de la manera en que se comporta la mayoría de las especies de este subgénero. Así sucedió con *Q. crassifolia*, de cuyas bellotas se esperaba mayor resistencia a desecación, tal como se señala en la literatura para el subgénero *Erythrobalanus* (Korstian, 1927, citado por Johnson *et al.*, 2002; Gosling, 1989; Young y Young, 1992). Por el contrario, dicha espe-

**Figura 1.** Dinámica de la tasa de pérdida de humedad (TPH) en datos absolutos (a) y relativos acumulados (b) de bellotas de nueve especies de encinos del centro de México.



cie se mostró como un encino blanco al perder rápidamente la viabilidad en sus bellotas. Esto sugiere que las diferencias en pérdida de viabilidad de bellotas pueden deberse a particularidades específicas y no a características subgenéricas.

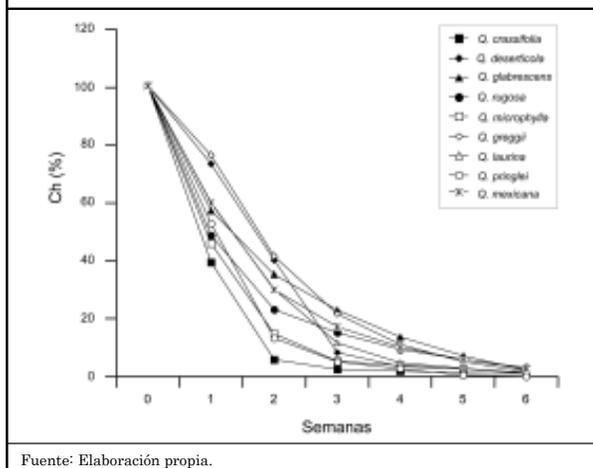
Las especies estudiadas mostraron similitud en el peso de las bellotas registrado en la semana en que ya no germinaron (cuadro 4). Se advirtió que, en general, las especies del primer grupo (*Q. crassifolia* y *Q. microphylla*) presentaron el menor peso relativo con respecto al Pi. Esto indica que en menos días las bellotas de estas especies habían perdido mayor humedad –y, con ello, su viabilidad– que las demás especies. En cambio, el segundo grupo tuvo un

**Cuadro 3.** Datos de germinación de semillas (%) en cada semana de exposición a desecación de nueces de nueve especies de *Quercus*.

Especie	Semanas							
	0	1	2	3	4	5	6	7
<i>Q. crassifolia</i> (n = 20 por semana)	80	51	15	0	0	0	0	0
<i>Q. microphylla</i> (n = 20 por semana)	100	85	35	0	0	0	0	0
<i>Q. rugosa</i> (n = 20 por semana)	95	70	25	10	0	0	0	0
<i>Q. deserticola</i> (n = 20 por semana)	100	55	50	45	0	0	0	0
<i>Q. laurina</i> (n = 50 por semana)	100	42	24	10	2	0	0	0
<i>Q. pringlei</i> (n = 10 por semana)	90	90	80	60	30	20	10	0
<i>Q. glabrescens</i> (n = 20 por semana)	100	85	65	55	45	45	30	0
<i>Q. mexicana</i> (n = 20 por semana)	95	55	35	15	5	5	35	30
<i>Q. greggii</i> (n = 10 por semana)	100	100	90	80	60	50	40	40

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.** Contenido de humedad (%) promedio semanal en bellotas de nueve especies de encinos del centro de México durante seis semanas de pérdida de humedad.



**Cuadro 4.** Días transcurridos hasta el momento de no germinación (mng) de nueces de encinos, peso relativo medio con respecto al peso inicial (P) y Ch de las nueces en el mismo período.

Grupo de especies	Días transcurridos	P <sub>mng</sub> (%)	Ch <sub>mng</sub> (%)
<i>Q. crassifolia</i>	21	43	2.7
<i>Q. microphylla</i>	21	38	5.5
<i>Q. rugosa</i>	28	50	9.6
<i>Q. deserticola</i>	28	54	3.7
<i>Q. laurina</i>	35	51	3.1
<i>Q. pringlei</i>	49	37	0.2
<i>Q. glabrescens</i>	49	50	0.1
<i>Q. mexicana</i>	-	60	2.4*
<i>Q. greggii</i>	-	23	1.3*

El guión significa que aún había bellotas viables al término de siete semanas.  
\* Porcentaje de Ch con el cual todavía hubo germinación.  
Fuente: Elaboración propia.

peso medio mayor (50% o más), por lo que permaneció viable por más tiempo que en las especies del primer grupo. El tercer grupo fue heterogéneo en el peso registrado después de 49 días o más; las bellotas variaron de 23 a 60% respecto al Pi. Las de *Q. mexicana* perdieron menos peso que las de *Q. greggii*; éstas perdieron más peso pero mostraron mayor número de nueces germinadas (40%) ante una mayor desecación (cuadro 4). Ambas bellotas continuaron germinando previa rehidratación después de 49 días (siete semanas) de exposición a pérdida de humedad.

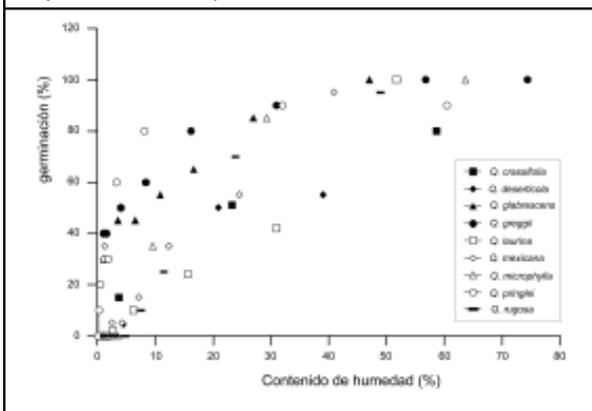
Los resultados revelan que bellotas de *Q. greggii* y *Q. mexicana* pueden perder más de 90% de su Ch y permanecer viables. Esto no parece ser lo usual en semillas recalcitrantes (Berjak y Pammenter, 1994: 263), por lo que se sugiere que las bellotas de ambas especies se consideren como no recalcitrantes.

La capacidad de germinación de las nueces de *Q. greggii* y *Q. mexicana*, después de siete semanas de exposición a pérdida de humedad, fue sobresaliente; puede asociarse con una estrategia regenerativa basada en producción de plántulas en ambas (Zavala y García, 1997; Zavala, 2000-2001) y con la presencia de una capa de hojarasca en el piso del bosque donde ambas crecen de manera natural. Dicha capa puede brindar una protección tal a las bellotas, que podrían permitirles evitar la desecación y germinar en la temporada de lluvias, unos cinco o siete meses después de la diseminación.

De acuerdo con lo anterior, se buscaron bellotas diseminadas de manera natural en las localidades de recolecta de ambas especies (Cadereyta, Queretaro, y Mineral del Chico, Hidalgo, respectivamente). Se encontraron nueces de *Q. mexicana*, con evidencias de senectud (pericarpio ennegrecido y agrietado, diseminadas el año anterior o antes), recién germinadas y con el epicotilo desarrollado. Por el contrario, no se registraron bellotas de *Q. greggii* ni de alguna otra especie. Esto apunta a que, al menos para *Q. mexicana*, las bellotas pueden permanecer cubiertas por la hojarasca en el piso del bosque por un tiempo relativamente largo (un año al menos) sin perder su viabilidad.

El patrón de regeneración natural de *Q. mexicana* se basa principalmente en la producción de bellotas (Zavala y García, 1997: 327). Si lo registrado en este trabajo es indicio de la resistencia de las nueces de esta especie a la

**Figura 3.** Correlación entre germinación y contenido de humedad de bellotas de nueve especies de encinos mexicanos (los datos de significancia estadística se presentan en el cuadro 5).



Fuente: Elaboración propia.

pérdida de humedad, entonces una capa de hojarasca podría evitar notablemente la incidencia de rayos solares de manera directa sobre las bellotas y reducir la pérdida de humedad durante la época seca del año. Estos aspectos significarían que las condiciones para almacenamiento de bellotas de *Q. mexicana* deben asemejarse a las del piso del bosque durante la época de invierno-primavera (humedad relativa moderada y temperatura baja a moderada). Entre tanto, para almacenar bellotas de *Q. greggii* y las demás especies, habrá que investigar experimentalmente.

El análisis de correlación entre porcentaje de germinación y contenido de humedad en bellotas de las especies estudiadas mostró una correlación positiva estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre ambas variables (figura 3). Esto lleva a pensar que la germinación depende notablemente de su Ch, al señalar que la variación en la germinación de bellotas de las especies estudiadas se explica mediante la variación en su contenido de humedad en más de 80% en la mayoría de los casos, con base en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) (cuadro 5).

Los resultados de las pruebas de germinación de nueces sometidas a desecación sugiere que la humedad perdida por nuez tuvo efectos en la germinación, lo que es usual en semillas recalcitrantes (Berjak *et al.*, 1989; Gosling, 1989). Además, si las condiciones en las cuales se indujo la desecación de bellotas para este trabajo representan el efecto de factores de disturbio (fuego, tala) en la eliminación de la capa de hojarasca del piso del bosque y la apertura de éste, que provocan suelos desnudos y áreas o bosques abiertos, respectivamente, entonces las bellotas recién diseminadas pierden su humedad relativamente rápido (al

**Cuadro 5.** Datos del análisis de correlación entre las medias de las variables germinación (%) y contenido de humedad (%) semanal en bellotas de nueve especies mexicanas de *Quercus* (n = 8, en todos los casos; coeficiente de determinación  $R^2$  obtenido a partir del coeficiente de correlación de Pearson desde la hipótesis nula de cero correlación entre ambas variables, de acuerdo con Anónimo, 1985).

Especie	$R^2$	Nivel de significancia
<i>Q. deserticola</i>	0.9745	0.0100
<i>Q. rugosa</i>	0.9444	0.0100
<i>Q. greggii</i>	0.9372	0.0001
<i>Q. glabrescens</i>	0.8804	0.0006
<i>Q. mexicana</i>	0.8699	0.0007
<i>Q. crassifolia</i>	0.8069	0.0024
<i>Q. microphylla</i>	0.8060	0.0025
<i>Q. laurina</i>	0.8019	0.0026
<i>Q. pringlei</i>	0.5455	0.0364

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 6.** Datos de viabilidad y germinación de nueces de *Q. rugosa* durante tres periodos de almacenamiento en refrigeración de 5 a 7 °C.

Tiempo de almacenamiento	Viabiles (sin germinar)	Germinadas	Inviabiles (sin germinar)
4 meses	170 (67 %)	85 (33 %)	0
11 meses	57 (34 %)	75 (44 %)	38 (22 %)
19 meses	0	57 (100 %)	0

Fuente: Elaboración propia.

menos la mayor parte), en unas dos o tres semanas. Esto podría dificultar la regeneración natural en caso de que las especies analizadas dependan sobre todo de bellotas. De no cumplirse esta última premisa, las especies tal vez dependan principalmente de producción de rebrotes para fines regenerativos (Zavala y García, 1997: 327).

En cuanto a las bellotas almacenadas de *Q. rugosa*, se registró el mayor porcentaje de viabilidad a los cuatro meses, en tanto que el número de bellotas germinadas en este periodo fue menor. La viabilidad de bellotas disminuyó notablemente hasta 34% en menos de un año; el porcentaje de las germinadas aumentó con el tiempo de almacenamiento (cuadro 6). Estos datos implican que con las condiciones usadas en este estudio es imposible conservar bellotas de *Q. rugosa* viables durante 19 meses o más. La nula cantidad de bellotas inviabiles a los 11 meses de almacenamiento (cuadro 6) no significa que todas fueron viables, sino que ya no hubo bellotas almacenadas, pues todas habían perdido su viabilidad o germinado antes y con radículas emergidas y deshidratadas sin supervivencia de alguna. Es difícil valorar estos resultados ante la carencia de estudios referente a bellotas de encinos mexicanos. King y Roberts (1979, citados por Bewley y Black, 1994), en un estudio acerca de *Q. borealis* Michaux de Norteamérica, lograron mantener la viabilidad de bellotas

por más de 20 meses con 50% de germinación al haberlas almacenado a 5 °C en latas selladas. Esto resulta interesante ante la frecuente resultante de pérdida de viabilidad de bellotas almacenadas. Por ejemplo, las de *Q. macrocarpa* Michaux de Norteamérica mostraron menor germinación por almacenamiento (Schroeder y Walker, 1987: 23).

Por otra parte, las nueces germinadas de *Q. rugosa* en los cuatro meses de almacenamiento (33%) sólo presentaron radícula. Ocho de las 75 germinadas durante el siguiente periodo (cuadro 6) mostraron además un epicotilo bien desarrollado pero ahilado (anomalía causada por el desarrollo en oscuridad). Del total de las germinadas, 15 presentaron doble, y siete de ellas triple radícula, lo cual representó semillas con más de un embrión o bellotas con más de una semilla.

Los datos del cuadro 6 evidencian la dificultad para almacenar bellotas, pero no pueden ser evaluados ante la ausencia de estudios similares sobre encinos mexicanos. Podrían obtenerse más datos con bellotas de las mismas y de otras especies durante varios periodos y con distintas temperaturas de almacenamiento, así como de humedad relativa. Esto podría generar bases para calcular la viabilidad de almacenamiento de bellotas de distintas especies de encinos en México y contribuir con información para fines de conservación de material genético *in situ* o *ex situ*.

## Conclusiones

Las bellotas de las especies estudiadas podrían perder la mayor parte de su Ch al encontrarse en condiciones ambientales de suelo desnudo en el interior de un bosque, principalmente en las tres primeras semanas. *Q. crassifolia* destacó porque sus bellotas mostraron mayores tasas de pérdida de humedad y perdieron más rápidamente su viabilidad. La desecación de bellotas mermó su viabilidad de manera diferencial en las especies estudiadas; hubo porcentajes decrecientes de germinación en los que se distinguieron tres grupos de especies; las bellotas de *Q. crassifolia* y *Q. microphylla* fueron las más sensibles a la desecación, al perder totalmente su viabilidad después de tres semanas. Las del resto de las especies presentaron mayor resistencia, particularmente las de *Q. mexicana* y *Q. greggii*, que mostraron viabilidad después de siete semanas y con 90% menos de su Ch inicial. Por su parte, las de *Q. crassifolia* y *Q. microphylla* se comportaron como recalcitrantes típicas, y las de *Q. greggii* y *Q. mexicana* no mostraron tal carácter, en tanto que las demás manifestaron recalcitrancia en grado moderado. Las bellotas frescas de *Q. rugosa* pueden ser almacenadas durante cuatro meses con más de 80% de viabilidad a temperaturas de 5 a 7 °C, pero en casi un año la viabilidad se reduce a cerca de 30%.



## Bibliografía

- Anónimo (1985). "International Rules for Seed Testing", *Seed Science and Technology*. Vol. 13, Núm. 2.
- Berjak, P.  
 \_\_\_\_\_; J. M. Ferrant y N. W. Pammenter (1989). "The Basis of Recalcitrant Seed Behavior", en Taylor, R. B. (ed.). *Recent Advances in the Development and Germination of Seeds*. Plenum Press, New York.
- \_\_\_\_\_ y W. Pammenter (1994). "Recalcitrance is not an All-or-Nothing Situation", *Seed Science Research*. Vol. 4, Núm. 3: 263-264.
- Bewley, J. D. y M. Black (1994). *Seeds Physiology of Development and Germination*. 2ª ed. Plenum Press, New York.
- Ferrant, J. M.; N. W. Pammenter y P. Berjak (1988). "Recalcitrance—a Current Assessment", *Seed Science and Technology*. International Seed Association, Dinamarca. Vol. 16, Núm. 1: 155-166.
- Finch-Savage, W. E. y H. A. Clay (1995). "Water Relations of Germination in the Recalcitrant Seeds of *Quercus robur* L.", *Seed Science Research*. Vol. 4, Núm. 3.
- Gosling, P. G. (1989). "The Effect of Drying *Quercus robur* Acorns to Different Moisture Contents, Followed by Storage, Either with or without Imbibition", *Forestry*. Vol. 62, Núm. 1.
- Johnson, P. S.; S. R. Shifley y R. Rogers (2002). *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CABI Publishing, New York.
- Leishman, M. R.; M. Westoby y E. Jurado (1995). "Correlates of Seed Size Variation: A Comparison Among Five Temperate Floras", *Journal of Ecology*. Núm. 83.
- McVaugh, R. (1974). "Flora Novo-Galiciana (*Quercus*)", *Contribution from the University of Michigan Herbarium*. Vol. 12, Part 1. Núm. 3: 1-93.
- Morgan, D. L. y D. S. Brohaker (1986). "Dehydration Effect on Germination of Livoak Seeds", *Journal of Environmental Horticulture*. Núm. 4.
- Olson, D. F., Jr. (1974). "Seeds of Woody Plants in the United States", *U. S. Dep. Agric., Forest Service. Agricultural Handbook*. Núm. 490.
- Rice, K. J.; D. R. Gordon; J. L. Hardison y J. M. Welker (1991). "Intraspecific Phenotypic Variation and Ecological Genetics of Blue Oak

- (*Quercus douglasii* Hook. & Arn.)”, en Standiford, R. B. (coord.). *Proceedings of the Symposium on Oak Woodlands and Hardwood Rangeland Management*. Davis, CA. Gen. Tech. Rep. PSW-126. Berkeley, CA. Pacific Southwest Research Station, Forest Serv., U. S. Dept. Agr.
- Roberts, E. H. (1973). “Predicting the Storage Life of Seeds”, *Seed Science and Technology*. Vol. 1, Núm. 3. International Seed Testing Association, Dinamarca.
- SAS Institute Inc. (1989). *SAS Procedures Guide*. Versión 6.04. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Schroeder, W. R. y D. S. Walker (1987). “Effects of Moisture Content and Storage Temperature on Germination of *Q. macrocarpa* Acorns”, *Journal of Environmental Horticulture*. Vol. 5, Núm. 1: 22-24.
- Young, J. A. y C. G. Young (1992). *Seed of Woody Plants in North America*. Revised and Enlarged Edition. Dioscorides Press, Portland, Oregon.
- Zar, J. H (1999). *Biostatistical Analysis*. 4a ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Zavala Ch., F.
- \_\_\_\_\_ (1989). *Identificación de encinos de México*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- \_\_\_\_\_ (1995). *Encinos hidalgenses*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- \_\_\_\_\_ (1999). “Variabilidad y riqueza de encinos mexicanos”, *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Vol. 5, Núm. 2. Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- \_\_\_\_\_ (2000-2001). “El fuego y la presencia de encinos”, *Ciencia Ergo Sum*. Vol. 7, Núm. 3. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.
- \_\_\_\_\_ (2001). *Introducción a la ecología de la regeneración natural de encinos*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- \_\_\_\_\_ y E. García M. (1996). *Frutos y semillas de encinos*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- \_\_\_\_\_ y E. García M. (1997). “Plántulas y rebrotes en la regeneración de encinos en la Sierra de Pachuca, Hidalgo”. *Agrociencia*. Vol. 31, Núm. 3. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.