

VARIACIÓN DEL TAMAÑO DE FRUTOS Y SEMILLAS EN SIETE ESPECIES DE ENCINO (*QUERCUS*, FAGACEAE)

Liliana Elizabeth Rubio-Licona, Silvia Romero-Rangel,
Ezequiel Carlos Rojas-Zenteno, Ángel Durán-Díaz y
Julio César Gutiérrez-Guzmán

Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos. Facultad de Estudios Superiores Iztacala (UNAM), Av. De los Barrios núm. 1. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, CP 54090.
Correo electrónico: sromero_2@hotmail.com

RESUMEN

Se hizo un estudio del peso fresco, largo y ancho de frutos y semillas de *Q. candicans*, *Q. crassipes*, *Q. germana*, *Q. greggii*, *Q. peduncularis*, *Q. polymorpha* y *Q. xalapensis*. Los datos se analizaron mediante una prueba de varianza (ANOVA). Se encontró que las siete especies difieren significativamente ($P < 0.05$) en peso fresco, largo y ancho de las semillas, así como en largo y ancho de los frutos; sin embargo, no se encontraron diferencias en el peso fresco de los frutos. De las siete especies analizadas en este trabajo, *Q. xalapensis* y *Q. crassipes* son las de menor variación en el peso y talla de frutos y semillas. El peso promedio (g) de los frutos y semillas en las diferentes especies fue de 3.78 y 1.67 en *Q. candicans*; 2.29 y 1.48 en *Q. crassipes*; 12.88 y 9.75 en *Q. germana*; 1.90 y 1.51 en *Q. greggii*; 1.12 y 0.88 en *Q. peduncularis*; 1.67 y 1.16 en *Q. polymorpha* y 1.81 y 0.90 en *Q. xalapensis*.

Palabras clave: *Quercus*, encinos, México, semillas, variación.

ABSTRACT

Fresh weight and length and thickness of fruits and seeds of *Q. candicans*, *Q. crassipes*, *Q. germana*, *Q. greggii*, *Q. peduncularis*, *Q. polymorpha* and *Q. xalapensis* were studied. The data were analyzed using a variance test (ANOVA). Significant differences were detected among the seven species ($P < 0.05$) in fresh weight and length and thickness of seeds, as well as length and thickness of the fruits, but no differences were found in fresh weight of the fruits. *Quercus crassipes* and *Q. xalapensis* show the least variation in weight and size of fruits and seeds. The average weight (g) of the fruits and seeds in the different species was 3.78 and 1.67 in *Q. candicans*; 2.29 and 1.48 in *Q. crassipes*, 12.88 and 9.75 in *Q. germana*; 1.90 and 1.51 in *Q. greggii*; 1.12 and 0.88 in *Q. peduncularis*; 1.67 and 1.16 in *Q. polymorpha*; and 1.81 and 0.90 in *Q. xalapensis*.

Key words: fruits, Mexico, oaks, *Quercus*, variation.

INTRODUCCIÓN

El fruto de los encinos es un fruto seco, unilocular y contiene una sola semilla; botánicamente se le denomina nuez y está asociada a un involucreo en forma de copa conocido como cúpula. En el fruto maduro la cúpula se encuentra alrededor de su base cubriéndolo total o parcialmente. La semilla carece de endospermo, posee dos cotiledones y un embrión recto (Bonner y Vozzo, 1987; Zavala y García, 1996).

Se sabe que el tamaño de las semillas tiene que ver con el estado sucesional de los individuos que las producen; se asevera que las especies sucesionales tempranas producen semillas más pequeñas con pocas reservas alimenticias, comparadas con las medias o tardías (Harper, 1977). Se considera que los encinos son especies tardías cuyas semillas son de gran tamaño y con buena cantidad de reservas energéticas (Rao y Singh, 1985; Rao, 1988).

La función primordial de la semilla es producir nuevos individuos (Camacho y Morales, 1992), por lo que su variación en el tamaño es importante debido a que puede proporcionar diferentes capacidades para establecerse en un mosaico de micrositios con condiciones bióticas y abióticas diferentes (Grubb, 1977). En encinos se ha estudiado el papel ecológico del tamaño de la semilla en relación con la germinación, el establecimiento de las plántulas y su crecimiento, así como con las características ambientales del sitio en el que se establecen. Las plántulas alcanzan un incremento inicial en altura sin tener que fotosintetizar debido a que sus cotiledones proveen una fuente de alimento (Bonfil, 1998); se asume que las semillas más

grandes podrán proveer nutrientes por más tiempo a la planta (Rao, 1988; Schupp, 1995). Algunos trabajos apuntan a que las reservas contenidas en los cotiledones son cruciales para el establecimiento de las plántulas principalmente en condiciones de estrés ambiental. Rice y cols. (1993) observaron que las poblaciones de *Q. douglasii* que habitan en sitios húmedos producen bellotas de menor peso que las poblaciones que crecen en sitios xéricos, además encontraron que el peso de la semilla influye positivamente en la emergencia de las plántulas pero sólo en el caso de las poblaciones xéricas. Kabeya y Sakai (2003) encontraron que cuando la plántula emergida sufre un daño mecánico en la parte aérea, los carbohidratos que se encuentran almacenados en los cotiledones son los que soportan el rebrote de la nueva plántula. Esta capacidad de regeneración ya había sido observada en plántulas obtenidas a partir de semilla reintroducidas en campo donde es frecuente que la parte aérea de la planta pueda morir en la época de secas y rebrotar durante la época de lluvias (Bonfil y Soberón, 1999). Una vez que las plántulas ya no poseen los cotiledones de la semilla es la raíz la que provee la energía necesaria para producir rebrotes.

En la actualidad diversas poblaciones de encino están sometidas a cambios ambientales que pueden representar nuevas condiciones de estrés para ellas, ya que entre el 36 y 55% de los bosques de *Quercus* se consideran comunidades secundarias o bien, "bosques abiertos" (Morán-Villaseñor, 2002; Challenger, 2007; INEGI, 2005). Es importante estudiar la variación del tamaño de los frutos y semillas y su relación con las características ambientales en las que se producen, ya que la variación ambiental

lleva a la producción y selección de diferentes tamaños de semillas (Khurana y Singh, 2001).

Un problema al estudiar la variación de frutos y semillas en encinos es que al momento de definir tamaño se trabaja de manera indistinta con la talla o con el peso, o bien, no siempre es posible discernir si los datos presentados corresponden a los frutos o a las semillas; esto debido a que en muchos casos se nombra como semilla a la bellota sin cúpula, es decir a la nuez. Es por ello, que el objetivo del presente trabajo fue analizar la variación en peso y talla tanto del fruto como de la semilla; en tres especies de la sección *Lobatae* (*Q. candicans* Née, *Q. crassipes* Humb. & Bonpl. y *Q. xalapensis* Humb. & Bonpl.) y cuatro de la sección *Quercus* (*Q. germana* Cham. & Schlecht., *Q. greggii* (A. DC) Trel., *Q. peduncularis* Née y *Q. polymorpha* Cham. & Schlecht.).

MÉTODOS

Las bellotas de *Q. candicans* y *Q. crassipes* se recolectaron en el Estado de México y las de *Q. germana*, *Q. greggii*, *Q. peduncularis*, *Q. polymorpha* y *Q. xalapensis* en el estado de Querétaro (cuadro 1). La recolecta se hizo bajo la copa del árbol y en tres o más individuos. Cabe mencionar que en todas las comunidades donde se realizaron colectas dichas especies eran dominantes o codominantes, excepto en el caso de *Q. peduncularis* la cual se observó siempre como un elemento escaso en los bosques donde se presenta. Los frutos se transportaron al laboratorio en bolsas de plástico debidamente etiquetadas. Las cúpulas fueron retiradas y las nueces se lavaron con agua corriente, se sometieron a prueba de flotación para desechar los frutos dañados, se escurrieron

y colocaron en una superficie plana con papel secante para retirar el exceso de agua de la superficie. Se eligieron al azar 100 frutos frescos de cada especie para registrar su peso y talla (largo y ancho). Todos los frutos fueron escarificados manualmente para extraer las semillas; se eligieron al azar 100 semillas frescas de cada especie y se registraron las mismas variables que en los frutos. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico Minitab 1.5; se usaron diagramas de caja para ilustrar la variación del peso y talla de los frutos y semillas.

La disponibilidad de frutos permitió elegir al azar otras 100 nueces de *Q. greggii* (sección *Quercus*) y 100 de *Q. candicans* (sección *Lobatae*). Se registró el peso, largo y ancho de cada nuez; se escarificaron y se registró el peso, largo y ancho de la semilla contenida en cada nuez, existiendo así una correspondencia entre los datos del fruto con los de la semilla contenida en su interior; esto permitió también calcular para estas dos especies la relación peso semilla/peso fruto. Además de un análisis de varianza se realizó un análisis de correlación entre las variables medidas en los frutos y en las semillas.

RESULTADOS

El análisis mostró que las siete especies difieren significativamente ($P < 0.05$) en peso fresco, largo y ancho de las semillas, así como en largo y ancho de los frutos; sin embargo, no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en el peso fresco de los frutos (cuadro 2).

En los diagramas de caja se observa que cuando una especie presenta frutos y

Cuadro 1. Sitios de colecta de las especies estudiadas. (L)= sección *Lobatae*, (Q)= sección *Quercus*.

Especie	Localidad	Altitud m.s.n.m.	Latitud	Longitud	Tipo de vegetación	Fecha de colecta	Altura (m)
<i>Q. candicans</i> (L)	Rancho Las Isabeles, Villa del Carbón, Estado de México	2617	19°42'40.5"	99°27'43"	Bosque de encino	octubre 2009	13-18
<i>Q. crassipes</i> (L)	C. Las Ánimas, Chapa de Mota, Estado de México	2687	19°47'58.4"	99°30'57.6"	Bosque de encino	octubre 2009	15-20
<i>Q. germana</i> (Q)	Agua Zarca, Landa, Querétaro	1400	21°14'00"	99°05'00"	Bosque de encino	noviembre 2009	15-20
<i>Q. greggii</i> (Q)	Camino a Chavarría, Cadereyta, Querétaro	2750	20°24'00"	99°57'00"	Bosque de pino-encino	noviembre 2009	5-7
<i>Q. peduncularis</i> (Q)	Sierra del Doctor, Tequisquiapan, Querétaro	2450	20°51'11"	99°35'04"	Bosque de encino	noviembre 2009	8-10
<i>Q. polymorpha</i> (Q)	San Martín, Jalpan, Querétaro	1200	21°27'26"	99°14'33"	Bosque de encino	noviembre 2009	15-20
<i>Q. xalapensis</i> (Q)	Agua Zarca, Landa, Querétaro	1400	21°14'00"	99°05'00"	Bosque de encino	noviembre 2009	18-20

Cuadro 2. Valores de F y P (ANOVA) para las variables de talla y peso medidas en los frutos y semillas de las siete especies estudiadas.

Características del fruto y semilla	F	P
peso de fruto	1.47	0.137
largo de fruto	1188	<0.0001
ancho de fruto	927.4	<0.0001
peso de semilla	1091.79	<0.0001
largo de semilla	1659.97	<0.0001
ancho de semilla	925.99	<0.0001

semillas de mayor tamaño, se incrementa la dispersión de los datos respecto a la media; esto es más evidente en el peso que en la talla. Tal es el caso de *Q. germana* quien presentó los frutos y semillas de mayor tamaño, mostrando mayor variación en el peso (Figs. 1 y 2).

El coeficiente de variación (%) del peso de los frutos entre especies mostró lo siguiente: las especies que presentan mayor variación son *Q. germana* y *Q. peduncularis*, con coeficientes de 27.27 y 27.11 respectivamente; seguidas de *Q. polymorpha* con 24.37, *Q. greggii* y *Q. candicans* con 21.27 y 21.1; las especies con menor coeficiente de variación son *Q. crassipes* con 17.46 y *Q. xalapensis* con 14.86 % (cuadro 3). El coeficiente de variación permite comparar no sólo a las especies sino también a las variables; así, *Q. germana*, *Q. peduncularis* y *Q. polymorpha* presentan menor variación en el peso de la semilla que en el peso del fruto. En las otras especies, *Q. greggii*, *Q. candicans*, *Q. crassipes* y *Q. xalapensis* ocurre lo contrario (cuadro 3).

Las especies que presentan mayor variación porcentual en el peso de sus semillas son: *Q. peduncularis* (27.98), *Q. candicans* (25.54), *Q. germana* (24.21), *Q. polymorpha* (22.54) y *Q. greggii* (22.37); las especies con menor variación son *Q. xalapensis* y *Q. crassipes* con un coeficiente de 20.72 y 18.09%, respectivamente (cuadro 3).

Se observó una tendencia en las especies de encinos de la sección Lobatae a que el peso promedio de sus frutos corresponda al doble del peso promedio de sus semillas; es decir, que alrededor del 50% del peso del fruto corresponde al pericarpio. Lo anterior se corroboró al calcular la relación peso semilla/peso fruto en *Q. candicans* (Lobatae) y *Q. greggii* (*Quercus*) (cuadro 4) el cual indica que en la especie de la sección *Lobatae*, la proporción del peso del fruto que corresponde a la semilla es de 0.52, mientras que en la especie de la sección *Quercus* la proporción del peso del fruto que corresponde a la semilla es de 0.78.

Cuadro 3. Medidas descriptivas de las variables medidas en frutos y semillas de siete especies del género *Quercus* (Fagaceae).

Variable	Especie	n	Media	Error estándar	Desviación estándar	Coefficiente variación (%)	Mínimo	Mediana	Máximo
Peso fruto	<i>Q. candicans</i>	100	3.79	0.080	0.799	21.10	1.33	3.75	5.85
	<i>Q. crassipes</i>	100	2.29	0.040	0.400	17.46	1.45	2.31	3.36
	<i>Q. germana</i>	100	12.89	0.351	3.515	27.27	5.02	12.30	21.40
	<i>Q. greggii</i>	100	1.91	0.041	0.406	21.27	1.06	1.96	3.10
	<i>Q. peduncularis</i>	100	1.12	0.031	0.305	27.11	0.39	1.13	2.21
	<i>Q. polymorpha</i>	100	1.68	0.041	0.408	24.37	0.65	1.68	2.88
	<i>Q. xalapensis</i>	100	1.18	0.018	0.176	14.86	0.61	1.21	1.51
Largo fruto	<i>Q. candicans</i>	100	1.90	0.023	0.228	11.97	1.22	1.82	2.40
	<i>Q. crassipes</i>	100	1.79	0.015	0.145	8.10	1.21	1.81	2.07
	<i>Q. germana</i>	100	3.35	0.036	0.355	10.58	2.15	3.33	4.29
	<i>Q. greggii</i>	100	1.69	0.016	0.155	9.13	1.30	1.70	2.20
	<i>Q. peduncularis</i>	100	1.36	0.016	0.161	11.89	0.80	1.36	2.00
	<i>Q. polymorpha</i>	100	1.68	0.015	0.150	8.88	1.25	1.70	1.99
	<i>Q. xalapensis</i>	100	1.34	0.008	0.076	5.70	1.10	1.33	1.50
Ancho fruto	<i>Q. candicans</i>	100	1.88	0.018	0.183	9.71	1.20	1.86	2.32
	<i>Q. crassipes</i>	100	1.45	0.010	0.099	6.83	1.22	1.45	1.83
	<i>Q. germana</i>	100	2.32	0.028	0.276	11.88	1.63	2.30	2.97
	<i>Q. greggii</i>	100	1.29	0.010	0.100	7.76	1.09	1.30	1.50
	<i>Q. peduncularis</i>	100	1.08	0.013	0.131	12.13	0.70	1.10	1.64
	<i>Q. polymorpha</i>	100	1.14	0.012	0.119	10.44	0.80	1.12	1.60
	<i>Q. xalapensis</i>	100	1.12	0.007	0.068	6.08	0.90	1.12	1.26

Cuadro 3. Continuación.

Variable	Especie	n	Media	Error estándar	Desviación estándar	Coefficiente variación (%)	Mínimo	Mediana	Máximo
Peso semilla	<i>Q. candicans</i>	100	1.68	0.043	0.429	25.54	0.77	1.61	2.90
	<i>Q. crassipes</i>	100	1.48	0.027	0.268	18.09	0.88	1.48	2.21
	<i>Q. germana</i>	100	9.75	0.236	2.360	24.21	4.03	9.46	14.37
	<i>Q. greggii</i>	100	1.52	0.034	0.340	22.37	0.81	1.54	2.47
	<i>Q. peduncularis</i>	100	0.88	0.025	0.247	27.98	0.35	0.90	1.54
	<i>Q. polymorpha</i>	100	1.16	0.026	0.262	22.54	0.10	1.17	1.90
	<i>Q. xalapensis</i>	100	0.91	0.019	0.188	20.72	0.05	0.93	1.91
Largo semilla	<i>Q. candicans</i>	100	1.52	0.016	0.164	10.80	1.00	1.50	1.80
	<i>Q. crassipes</i>	100	1.46	0.012	0.116	7.93	1.20	1.46	1.75
	<i>Q. germana</i>	100	3.19	0.031	0.309	9.67	2.40	3.20	3.90
	<i>Q. greggii</i>	100	1.50	0.016	0.160	10.66	1.13	1.50	1.90
	<i>Q. peduncularis</i>	100	1.15	0.014	0.144	12.56	0.72	1.15	1.40
	<i>Q. polymorpha</i>	100	1.51	0.015	0.150	9.88	0.96	1.50	1.90
	<i>Q. xalapensis</i>	100	1.16	0.007	0.065	5.62	0.90	1.17	1.30
Ancho semilla	<i>Q. candicans</i>	100	1.47	0.014	0.144	9.83	1.19	1.42	1.80
	<i>Q. crassipes</i>	100	1.18	0.009	0.092	7.79	0.95	1.20	1.43
	<i>Q. germana</i>	100	2.11	0.021	0.209	9.91	1.50	2.10	2.56
	<i>Q. greggii</i>	100	1.18	0.014	0.139	11.76	0.45	1.20	1.76
	<i>Q. peduncularis</i>	100	0.96	0.011	0.112	11.60	0.70	1.00	1.30
	<i>Q. polymorpha</i>	100	1.00	0.010	0.102	10.27	0.70	1.00	1.45
	<i>Q. xalapensis</i>	100	1.06	0.009	0.087	8.28	0.80	1.05	1.60

Cuadro 4. Medidas descriptivas de la relación peso semilla/peso fruto en *Quercus candicans* y *Quercus greggii*.

Especie	n	Media	Error estándar	Desviación estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
<i>Q. candicans</i>	100	0.52	6.4×10^{-4}	0.064	0.42	0.50	0.77
<i>Q. greggii</i>	100	0.78	4.8×10^{-4}	0.049	0.43	0.79	0.86

En *Q. crassipes*, *Q. greggii* y *Q. xalapensis* la variación en el ancho es menor en el fruto que en las semillas (cuadro 3, Figs. 3 y 4). Caso contrario a lo que se observa en *Q. germana* y *Q. peduncularis* donde la variación en el ancho es menor en las semillas. En *Q. polymorpha* y *Q. candicans* la variación en el ancho de frutos y semillas es muy semejante (cuadro 3).

Q. greggii, *Q. peduncularis* y *Q. polymorpha* presentan mayor variación en el largo de las semillas que en largo del fruto (Figs. 5 y 6), caso contrario a lo que ocurre en *Q. candicans*, *Q. crassipes*, *Q. germana* y *Q. xalapensis* (cuadro 3). De las siete especies analizadas en este trabajo, *Q. xalapensis* y *Q. crassipes* son las que muestran la menor variación en todas las variables (véase coeficiente de variación, cuadro 3).

Al analizar los datos obtenidos en *Q. candicans* y *Q. greggii* sobre la correspondencia entre el tamaño de los frutos y semillas se encuentra que en *Q. candicans* el peso del fruto se correlaciona positivamente con todas las variables medidas, mientras que el peso de la semilla sólo se correlaciona positivamente con el ancho de la misma así como con el peso del fruto (cuadro 5, Fig. 7). En *Q. greggii* el peso del fruto sólo se correlaciona con el peso de la semilla

y con el largo y ancho del fruto; mientras que el peso de la semilla se correlacionó positivamente con el peso y largo del fruto (cuadro 6, Fig. 7).

En diversos trabajos se utiliza el peso de fruto (bellota) como un indicador del peso de la semilla, que a su vez se emplea como indicador de la cantidad de reservas en la semilla, dichas variables están correlacionadas positivamente entre sí. Sin embargo, en las especies de la sección Lobatae el peso del pericarpo puede representar hasta la mitad del peso del fruto, tal como se observó en *Q. candicans*, *Q. crassipes* y *Q. xalapensis*. Es por ello que se construyó una ecuación para el cálculo del peso de la semilla a partir de las variables medidas en el fruto (cuadro 7).

DISCUSIÓN

El género *Quercus* es un taxa con gran variabilidad morfológica lo cual dificulta la delimitación fenotípica de las especies. Algunos trabajos han reportado cierta correspondencia entre tipos morfológicos y regiones geográficas. Esta variación fenotípica de las especies del género *Quercus* ha sido estudiada en sus caracteres foliares (por ejemplo: González-Rodríguez y Oyama, 2005; Uribe-Salas *et al.*, 2008

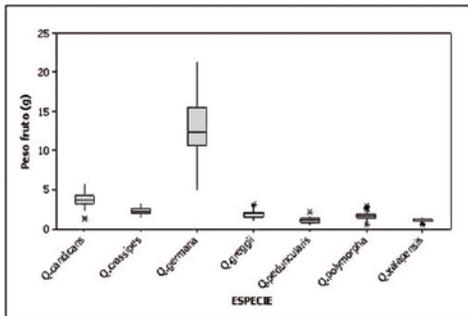


Fig. 1. Variación del peso fresco de los frutos de siete especies de *Quercus*. *desviaciones atípicas.

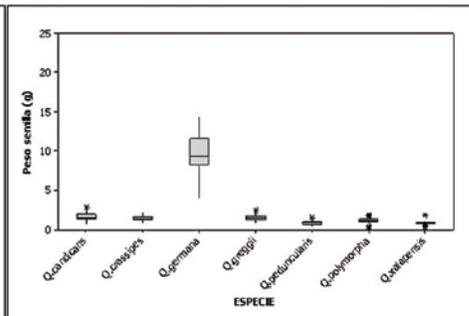


Fig. 2. Variación del peso fresco de las semillas de siete especies de *Quercus*. *desviaciones atípicas.

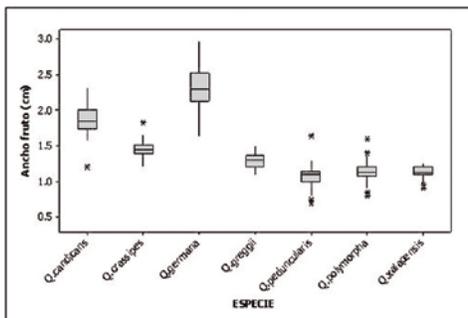


Fig. 3. Variación del ancho de los frutos de siete especies de *Quercus*. *desviaciones atípicas.

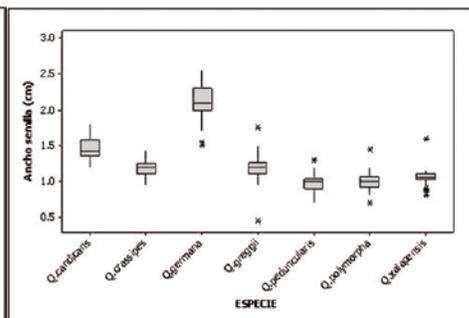


Fig. 4. Variación del ancho de las semillas de siete especies de *Quercus*. *desviaciones atípicas.

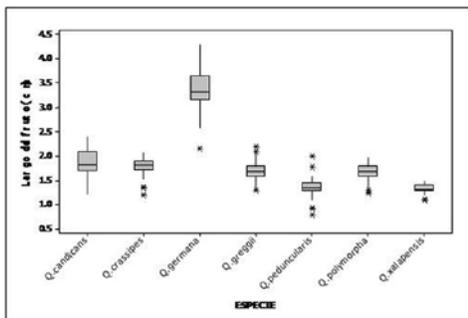


Fig. 5. Variación del largo de los frutos de siete especies de *Quercus*. *desviaciones atípicas.

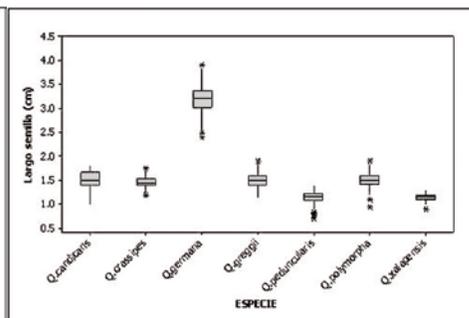


Fig. 6. Variación del largo de las semillas de siete especies de *Quercus*. *desviaciones atípicas.

Cuadro 5. Valores del coeficiente de correlación r (valor superior) y valores de p (valor inferior) para las variables de talla y peso de frutos y semillas de *Q. candicans*. PF = peso fruto, LF = largo fruto, AF = ancho fruto, PS = peso semilla, LS = largo semilla.

	PF	LF	AF	PS	LS
LF	0.838 <0.0001				
AF	0.932 <0.0001	0.788 <0.0001			
PS	0.888 <0.0001	0.789 <0.0001	0.783 <0.0001		
LS	0.80 <0.0001	0.797 <0.0001	0.733 <0.0001	0.775 <0.0001	
AS	0.814 <0.0001	0.693 <0.0001	0.782 <0.0001	0.882 <0.0001	0.689 <0.0001

Cuadro 6. Valores del coeficiente de correlación r (valor superior) y valores de p (valor inferior) de las variables de talla y peso de frutos y semillas de *Q. greggii*. PF = peso fruto, LF = largo fruto, AF = ancho fruto, PS = peso semilla, LS = largo semilla.

	PF	LF	AF	PS	LS
LF	0.840 <0.0001				
AF	0.804 <0.0001	0.565 <0.0001			
PS	0.953 <0.0001	0.813 <0.0001	0.752 <0.0001		
LS	0.722 <0.0001	0.800 <0.0001	0.509 <0.0001	0.709 <0.0001	
AS	0.691 <0.0001	0.530 <0.0001	0.542 <0.0001	0.677 <0.0001	0.501 <0.0001

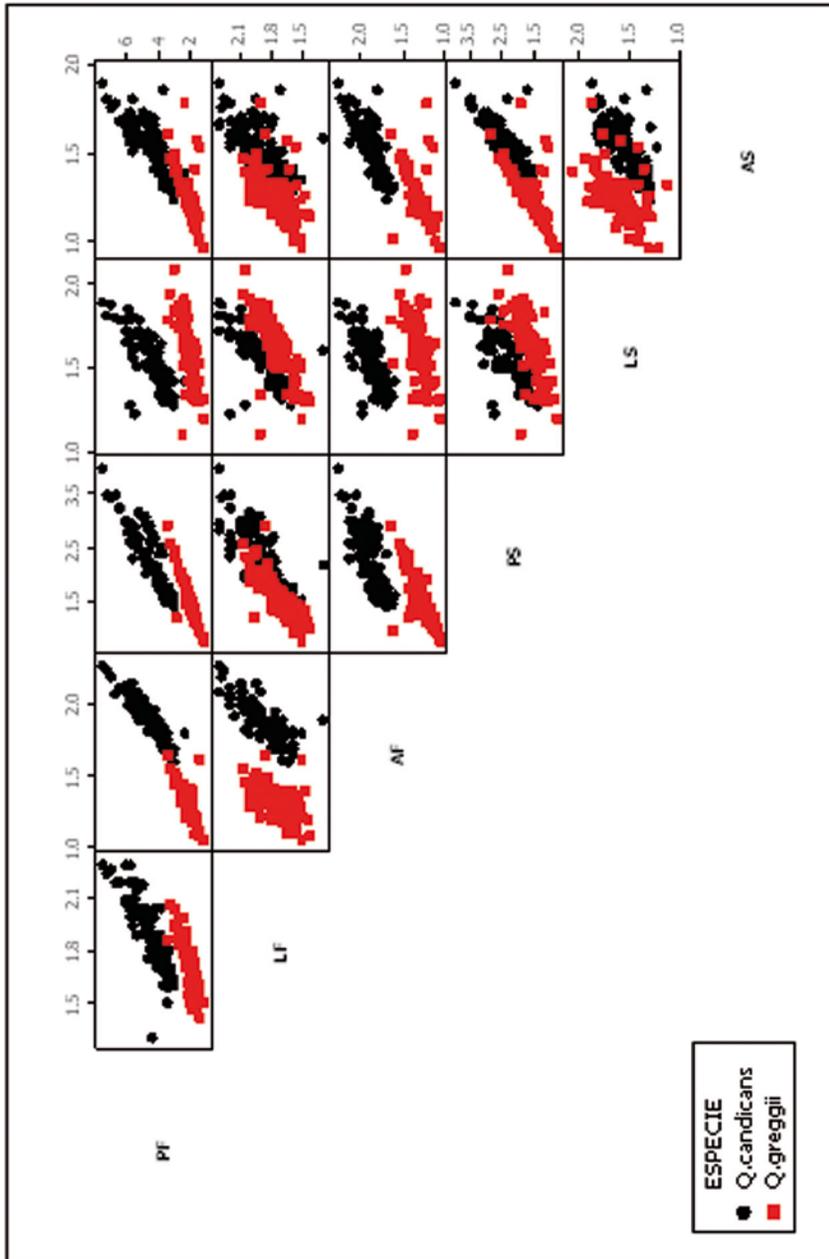


Fig. 7. Dispersión de las variables de talla y peso medidas en los frutos y semillas de *Q. candicans* (sección *Lobatae*) y *Q. greggii* (sección *Quercus*). PF= peso fruto, LF= largo fruto, AF= ancho fruto, PS= peso semilla, LS= largo semilla, AS= ancho semilla.

Cuadro 7. Ecuaciones para el cálculo del peso de la semilla de *Q. candicans* y *Q. greggii*.
PS = peso semilla, PF = peso fruto, LF = largo fruto, AF = ancho fruto.

Especie	Ecuación	R ²
<i>Quercus candicans</i> (Sección <i>Lobatae</i>)	PS= 1.43 + 0.599(0.599) – 1.40(AF) + 0.44(LF)	80.66
<i>Quercus greggii</i> (Sección <i>Quercus</i>)	PS= -0.053 + 0.811(PF)	90.65

e Ito, 2009) pero no en frutos y semillas. Al respecto, algunos trabajos que han explorado la variación morfológica foliar en relación a la variación genética de los individuos, han encontrado que la mayor proporción de la variación genética se encuentra dentro de las poblaciones y que existe una baja diferenciación genética entre las poblaciones. Aún así se ha detectado una correspondencia entre ciertos patrones geográficos y las subdivisiones genéticas de poblaciones (González-Rodríguez *et al.*, 2005).

Actualmente se desconoce cómo operan los factores y procesos que originan la variación morfológica observable a diferentes niveles (entre especies, entre poblaciones, entre individuos e incluso dentro del mismo individuo); se sugiere que es el resultado de la plasticidad fenotípica, flujo de genes, hibridación y selección natural (González-Rodríguez y Oyama, 2005). Es evidente que dichos procesos son influenciados por fuerzas ecológicas que actúan localmente, y que aspectos tales como la dispersión de polen y semillas, densidad de adultos y variaciones microambientales, entre otros, (Epperson, 1993; Hamrick *et al.*, 1993; Kalisz *et al.*, 2001; Gugerli *et al.*, 2007) juegan un papel de suma importancia en

la amplia variación genética encontrada dentro de una población. Nakanishi y cols. (2009) observaron en una población de *Quercus salicina* la existencia de una fuerte estructura de medios hermanos maternos cercanos a la madre, lo que atribuyeron a la limitada dispersión espacial de los frutos y a la baja densidad de adultos en la población; observaron también que los medios hermanos paternos tuvieron una distribución más amplia debida al flujo de polen (polinización anemófila). En *Quercus oleoides* se ha encontrado que el nivel de variación en peso y talla de frutos y semillas es distinto en poblaciones que difieren en altitud (Márquez-Ramírez *et al.*, 2005); esto quiere decir que la variación en los frutos es una respuesta de las plantas a las variaciones ambientales a las que se encuentran sometidos los progenitores. Hasta el momento se sabe del importante efecto del peso de los frutos en la emergencia, crecimiento y supervivencia de las plántulas de encino (Longe y Jones, 1996; Bonfil, 1998; Bonfil y Soberón, 1999; Seiwa, 2000; Rubio-Licon, 2009) pero se desconoce la manera en que se produce el efecto del genotipo y del ambiente materno en el peso de la semilla (Rice *et al.*, 1993). Es probable que si el estudio de la variación en peso y talla de los frutos y semillas de

especies de *Quercus* se estudiara con un enfoque geográfico se encontrarían patrones morfológicos como ocurre en el caso de la variación foliar. Por ejemplo, Uribe-Salas y cols. (2008) hallaron que el tamaño de las hojas de *Q. rugosa* disminuye de sur a norte en función de la disminución en los niveles de precipitación. Lo anterior es importante porque quiere decir que es muy probable que los resultados aquí expuestos en cuanto al valor promedio de las variables medidas (peso, largo y ancho) en las siete especies de encino estudiadas difieran si se realizan colectas en otras poblaciones. El estudio de los patrones geográficos de la variación morfológica de las poblaciones puede contribuir a identificar taxas localmente adaptados; la identificación de estos grupos puede ser útil para incrementar la probabilidad de éxito de los programas de reforestación al introducir genotipos adecuados al ambiente.

Habitualmente se describe el peso y/o talla de las semillas de distintas especies o poblaciones en forma general a través de medidas promedio, lo que enmascara la variación (Jiménez, 1997). El promedio es muy útil para comparar con otros trabajos debido a que ha sido la medida usada en muchas investigaciones en las que generalmente se analiza la tendencia de los encinos blancos (sección *Quercus*) a generar bellotas más grandes y con un contenido de humedad mayor que los encinos rojos (sección *Lobatae*); tal es el caso de Zavala (2004) quien analiza las nueces de nueve especies de encinos del centro del país y corrobora dicha tendencia. En este estudio sólo se evaluó el peso fresco de los frutos y semillas debido a que estas últimas fueron empleadas para la producción de plantas, sin embargo es necesario evaluar también

el peso seco debido a que el contenido de humedad en el pericarpo debe ser más variable que el de la semilla, esto en función de las características ambientales del sitio.

Es necesario indagar si las diferencias entre encinos rojos y blancos radican solamente en el peso de la semilla o también del pericarpo, ya que tanto en las especies como en las secciones se encontraron diferencias significativas en el peso de las semillas pero no en el peso de los frutos. Nuestros resultados parecen indicar que en los encinos de la sección *Lobatae* una parte importante del peso del fruto se debe al pericarpo (+50%) y que en la sección *Quercus* dicha estructura es más delgada por lo que al menos el 75% del peso del fruto pertenece a la semilla. Estas conclusiones preliminares deberán corroborarse con otros trabajos donde se incluyan frutos del mayor número posible de especies de ambas secciones, además de incluir diversas poblaciones representativas de su área de distribución. La correspondencia entre los datos de los frutos y las semillas contenidas en su interior es necesaria para calcular la relación peso semilla/peso fruto y obtener así datos confiables sobre la proporción del peso de la semilla respecto al peso del fruto. Debido al método empleado que consistió en elegir frutos y semillas al azar es que no fue posible calcular dicha relación para las siete especies estudiadas. Trabajos de este tipo conllevarán también a averiguar similitudes y diferencias en la estructura, grosor y función del pericarpo entre subgéneros de encinos. Al respecto, algunos trabajos de microscopía electrónica arrojan diferencias estructurales en el pericarpo de encinos rojos y blancos, que se piensa están relacionados con la velocidad y cantidad de humedad que pueden perder las semillas (Olvera, 2004).

En muchos casos la variable tamaño, medida en peso o talla, no se evalúa en la semilla, sino en los frutos; sin embargo, se debe tener presente que las reservas energéticas están contenidas en los cotiledones de las semillas y éstas pueden ser considerablemente más pequeñas que el fruto, como ocurrió en este estudio con *Q. candicans*, *Q. crassipes* y *Q. xalapensis*. No obstante, el peso fresco de las bellotas es un buen indicador de la cantidad de reservas disponibles para el crecimiento de plántulas (Bonfil, 1998); de acuerdo a nuestros resultados, esta condición parece ser más precisa en los encinos de la sección *Quercus* cuyo peso de la semilla puede representar hasta una proporción del 0.75 del peso del fruto, tal como ocurrió con *Q. greggii*.

El análisis de correlación entre variables efectuado en *Q. candicans* y *Q. greggii* mostró que en las dos especies la variable peso del fruto está altamente correlacionada con el peso de la semilla ($r = 0.88$ y 0.93 respectivamente). Sin embargo debido a que en *Q. greggii* más del 75% del peso del fruto corresponde a la semilla, fue posible elaborar una ecuación para calcular el peso de la semilla sólo a partir del peso del fruto. En *Q. candicans* cuyo peso de la semilla representa en promedio sólo el 50% del peso del fruto, fue necesario incluir a otras variables como el largo y ancho del fruto para poder calcular el peso de la semilla. La importancia de dichas ecuaciones radica en que algunas especies de encino presentan un pericarpo grueso lo que dificulta la escarificación del fruto y extracción de la semilla, generalmente es en estas especies donde el peso del fruto está fuertemente influenciado por el peso del pericarpo. Si no se puede obtener la semilla para conocer su peso, éste se puede calcular a partir de

las variables medidas en el fruto (bellota sin cúpula). Cabe señalar que dichas ecuaciones pueden ser precisas sólo para frutos provenientes de las mismas poblaciones, ya que algunos trabajos han demostrado que frutos de otras angiospermas provenientes de diversas poblaciones difieren significativamente en peso y talla (por ejemplo Márquez-Ramírez *et al.*, 2003, Vargas *et al.*, 2003 y Garrido *et al.*, 2005).

Tanto en el trabajo de Zavala (2004) como en el presente, no se encontraron coeficientes de variación del fruto superior al 30% en ninguna especie. Además se infiere también que el porcentaje de variación en el peso de los frutos no es una característica que defina a las secciones; de tal manera que en éstas hay especies cuyos coeficientes de variación pueden superar o no al 20%.

El papel ecológico de la semilla como fuente de reservas y el de los frutos como unidad de dispersión debe estudiarse más ampliamente, correlacionando el peso del fruto y semilla, así como grosor, estructura y función del pericarpo con la viabilidad, germinación, emergencia y el establecimiento de las plántulas. Además debe considerarse también la necesidad de evaluar la variación en un mismo individuo, entre individuos y entre poblaciones de cada especie.

CONCLUSIONES

Se confirma la tendencia de las especies de la sección *Quercus* a producir frutos de mayor tamaño y pericarpo delgado, ya que en las especies de dicha sección la proporción del peso del fruto que corresponde al peso de la semilla fue de +0.75 mientras que en Lobatae fue de +0.50. *Quercus germana* fue la especie cuyos frutos y semillas fueron

de mayor tamaño y con más variación en el peso. *Quercus crassipes* y *Quercus xalapensis* fueron las especies con menor variación en el peso y talla de frutos y semillas.

AGRADECIMIENTOS

A la FES Iztacala-UNAM por el apoyo recibido a través del proyecto PAPCA 2009-2010.

LITERATURA CITADA

- Bonfil, C., 1998. "The effects of the seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fagaceae)". *American Journal of Botany*, **85**: 79-87.
- Bonfil, C. y J. Soberón, 1999. "*Quercus rugosa* seedling dynamics in relation to its re-introduction in a disturbed Mexican landscape". *Applied Vegetation Science*, **2**: 189-200.
- Bonner, F.T. y J.A. Vozzo, 1987. *Seed biology and technology of Quercus*. U.S.D. A. Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 21 pp.
- Camacho, M., F. y V.G. Morales, 1992. *Métodos para el análisis del efecto de la germinación*. INIFAP. Campo experimental Coyoacán, México, DF. pp: 282-290.
- Challenger, A., 2007. "Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación". pp. 17-44. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.). *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. INE-SEMARNAT. México, DF. 1a. reimp.
- Epperson, B.K., 1993. "Recent advances in correlation studies of spatial patterns of genetic variation". *Evolutionary Biology*, **27**: 95-155.
- Garrido, J.L., P.J. Rey y C.M. Herrera, 2005. "Fuentes de variación en el tamaño de la semilla de la herbácea perenne *Helleborus foetidus* L. (Ranunculaceae)". *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **62**(1): 115-125.
- González-Rodríguez, A. y K. Oyama, 2005. "Leaf morphometric variation in *Quercus affinis* and *Quercus laurina* (Fagaceae), two hybridizing Mexican red oaks". *Botanical Journal of the Linnean Society*, **147**: 427-435.
- Grubb, P., 1977. "The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration Niche". *Biological Review*, **52**: 107-145.
- Gugerli, F., J.C. Walser, K. Dounavi, R. Holderegger y R. Finkeldey, 2007. "Coincidence of small-scale spatial discontinuities in leaf morphology and nuclear microsatellite variation of *Quercus petraea* and *Q. robur* in a mixed forest". *Annals of Botany*, **99**: 713-722.
- Hamrick, J.L., D.A. Murawski y J.D. Nason, 1993. "The influence of seed dispersal mechanisms on the genetic structure of tropical tree populations". *Vegetation*, **107/108**: 281-297.

- Harper, J.L., 1977. *Population Biology of plants*. Academic Press. London. 892 pp.
- INEGI, 2005. "Información Forestal: Comunidades primarias y secundarias". En: <http://www.inegi.org.mx>
- Ito, M., 2009. "Variation in leaf morphology of *Quercus crispula* and *Quercus dentata* assemblages among contact zones: a method for detection of probable hybridization". *Journal of Forest Research*, **14**: 240-244.
- Jiménez, A., 1997. "Germinación y crecimiento de cuatro especies de encinos del Ajusco DF. Efecto del tamaño de las semillas". Tesis Licenciatura Biol. FES-Zaragoza, UNAM. México. 74 pp.
- Kabeya, D. y S. Sakai, 2003. "The role of roots and cotyledons as storage organs in early stages of establishment in *Quercus crispula*: a quantitative analysis of the nonstructural carbohydrate in cotyledons and roots". *Annals of Botany*, **92**: 1-9.
- Kalisz S., J.D. Nason, F.M. Hanzawa y S.J. Tonsor, 2001. "Spatial population genetic structure in *Trillium grandiflorum*: the roles of dispersal, mating, history, and selection". *Evolution*, **55**: 1560-1568.
- Khurana, E. y J.S. Singh, 2001. "Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review". *Environmental Conservation*, **28**: 39-52.
- Longe, T.J. y R.H. Jones, 1996. "Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats". *Trees*, **11**: 1-8.
- Márquez-Ramírez, J., L. del C. Mendizabal-Hernández y C.I. Isaias-Flores. "Variación en semillas de *Quercus oleoides* Schl. et. Cham. de tres poblaciones del centro de Veracruz, México". *Foresta Veracruzana*, **7**: 31-36.
- Morán-Villaseñor, J.A., 2002. *Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la deforestación en México*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental A.C. México, DF. 50 pp.
- Nakanishi, A., N. Tomaru, H. Yoshimaru, T. Manabe y S. Yamamoto, 2009. "Effects of seed- and pollen-mediated gene dispersal on genetic structure among *Quercus salicina* saplings". *Heredity*, **102**: 182-189.
- Olvera, M.G., 2004. "Factores que participan en la viabilidad de semillas de *Quercus rugosa* y *Quercus crassipes*". Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala, UNAM. México. 100 pp.
- Rao, P.B. y S.P. Sing, 1985. "Response breadths on environmental gradients of germination and seedling growth in two dominant forest tree species of central Himalaya". *Annals of Botany*, **56**: 783-794.
- Rao, P.B., 1988. "Effects of environmental factors on germination and seedling growth in *Quercus floribunda* and *Cupressus tortulosa*, trees species of

- Central Himalaya”. *Annals of Botany*, **61**: 531-540.
- Rice, K.J., D.R. Gordon, J.L. Hardison y J.M. Welker, 1993. “Phenotypic variation seedlings of a “keystone” tree species (*Quercus douglasii*): the interactive effects of acorn source and competitive environment”. *Oecologia*, **96**: 537-547.
- Rubio-Licona, L.E., 2009. “Reintroducción experimental de *Quercus candicans* Née (Fagaceae) en Chapa de Mota, Estado de México”. Tesis Licenciatura Maestría. FES-Iztacala, UNAM. México. 135 pp.
- Schupp, E.W., 1995. “Seed-seedling conflicts, habitat choice, and patterns of plant recruitment”. *American Journal of Botany*, **82**: 399-403.
- Seiwa, K., 2000. “Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints”. *Oecologia*, **123**: 208-215.
- Uribe-Salas, D., C. Sáenz-Romero, A. González-Rodríguez, O. Téllez-Valdés y K. Oyama, 2008. “Foliar morphological variation in the White oak *Quercus rugosa* (Fagaceae) along a latitudinal gradient in Mexico: Potential implications for management and conservation”. *Forest Ecology and Management*, **256**: 2121-2126.
- Zavala Ch., F., 2004. “Desecación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos”. *Ciencia ergo sum*, **11**: 177-185.
- Zavala Ch., F. y E. García, 1996. *Frutos y semillas de encinos*, Universidad Autónoma Chapingo. México. 51 pp.