

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS PLANTAS NODRIZAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN DE *Quercus* L.

Consuelo Bonfil Sanders¹, Héctor Rodríguez de la Veга¹ y Víctor Peña Ramírez¹

RESUMEN

Se realizó una plantación experimental de encinos en un sitio con disturbio en el Ajusco, D. F., con el fin de evaluar: a) el efecto de las plantas nodrizas en términos de supervivencia y crecimiento de *Quercus rugosa* y *Q. castanea* de un año y, b) el efecto de la nodriza y la edad de *Q. rugosa* en las mismas variables. Se establecieron 250 plántulas de un año de cada especie en tres sitios similares; la mitad de ellas fueron colocadas en micrositos abiertos y el resto bajo nodrizas. El análisis del efecto de la edad se hizo con otras 250 plántulas de dos años de *Q. rugosa* que fueron introducidas en las mismas condiciones. En ambas especies se observó una mayor supervivencia de plántulas de un año como resultado de la presencia de plantas nodrizas. Las de dos años de *Q. rugosa* registraron una mayor supervivencia que las de un año y no se detectaron diferencias significativas entre aquellas bajo nodrizas y las que estaban en condiciones abiertas, por lo que se concluye que la dependencia de nodrizas disminuye con la edad. Transcurrido un año no se dio un incremento neto en la altura promedio de las plántulas en ningún caso, debido a los altos niveles de herbivoría durante el estiaje; el crecimiento en la temporada de lluvias siguiente no compensó la pérdida previa de altura.

Palabras clave: Ajusco, herbivoría, matorral xerófilo, plantas nodrizas, *Quercus*, Valle de México

ABSTRACT

Oak seedlings were planted on a disturbed site corresponding to the lava flow of the Xitle, in the piedmont of the Ajusco Hills in Mexico City, in order to

Fecha de recepción: 29 de noviembre de 2001.

Fecha de aceptación: 14 de julio de 2003.

¹ Laboratorio Especializado de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.. Correo e: cbs@fciencias.unam.mx

assess: a) the effect of shading by nurse plants on survival and growth of one year old seedlings of *Quercus rugosa* and *Q. castanea*, and, b) the effect of nurse plants and seedling age (one vs. two-year-old *Q. rugosa* seedlings) on the same variables. 250 one-year-old seedlings of each species were planted in three similar patches. Half of them were planted in the open, while the other half were planted under the shade provided by established nurse plants. The effect of seedling age was analyzed with 250 two-year-old seedlings of *Q. rugosa* that were planted in addition, under the same conditions. The beneficial effect of nurse plants on survival of one-year-old seedlings of both species was evident, with higher survival of both species under shade. Two-year-old seedlings of *Q. rugosa* had higher survival rates than one-year-old seedlings, and no differences between open and shaded conditions were detected, so it was concluded that the importance of nurse plants decreases with seedling age. In neither case was there a net increase in mean seedling height after a year, due to the high herbivory levels observed in the dry season. Regrowth during the following rainy season did not compensate for the previous loss in seedling height.

Key words: Ajusco Hills, herbivory, xeric shrubland, nurse plants, *Quercus*, Valley of Mexico.

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México, una de las más grandes del mundo, ha experimentado un rápido y desordenado crecimiento durante los últimos cincuenta años. Este fenómeno ha dado lugar a la pérdida acelerada de áreas naturales y rurales, lo que ha impactado a los bosques establecidos en las montañas aledañas a la Cuenca de México (Ezcurra, 1990). Los bosques remanentes han sufrido los efectos de la contaminación atmosférica, la lluvia ácida y el cambio en el uso de suelo. A pesar de lo anterior, muchas áreas naturales abrigan aún una alta biodiversidad y continúan prestando una serie de servicios ambientales, entre los que destaca su contribución a la recarga de los acuíferos que suministran una gran proporción del agua que se consume en la ciudad (Bonfil *et al.*, 1997; Velázquez y Romero, 1999). Por ello, una parte importante del sur y el poniente de la Cuenca de México han sido integradas a la llamada área de conservación ecológica del Distrito Federal.

A partir de 1989 el Gobierno del Distrito Federal decretó como área sujeta a protección ecológica una superficie de 727 ha en las faldas del volcán Ajusco, a la que se le denominó Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM). Ahí se desarrollan bosques de pino-encino y de encino en las partes altas, mientras que hacia abajo, crece un matorral xerófilo dominado por encinos sobre un sustrato basáltico. Durante 1988 se estableció un asentamiento urbano irregular en esta zona, lo que llevó a que gran parte del matorral fuera eliminado y el

sustrato removido para usar las rocas como material de construcción. Por lo tanto, en 1990 se inició un programa de recuperación ecológica en la zona, que planteó como un objetivo importante la reintroducción de encinos en el matorral con disturbio, debido a que los encinos *Quercus rugosa* Née y *Q. castanea* Née eran las especies dominantes en amplias zonas del matorral antes de su alteración (Bonfil *et al.*, 1996, 1997). Aunque en la zona de estudio existen al menos otras dos especies de encinos (*Q. crassipes* Humb. et Bonpl. y *Q. laurina* Humb. et Bonpl.), éstas permanecen confinadas a sitios más húmedos y no forman parte del estrato arbóreo del matorral.

La primera plantación experimental realizada en 1992 con 1000 plántulas de *Q. rugosa* de alrededor de un año, registró una alta mortalidad particularmente durante el estiaje (enero - mayo), y los resultados sugirieron un posible efecto facilitador de la vegetación establecida, pues la supervivencia de las plántulas que estaban en sustrato rocoso bajo árboles de tepozán (*Buddleia cordata* HBK), fue un poco mayor que la de aquellas que se encontraban descubiertas (20% vs. 10%) después de un año (Cabrera *et al.*, 1998).

El fenómeno por el cual las plantas establecidas previamente, llamadas nodrizas, crean microambientes favorables para el crecimiento de otras especies, se ha citado en diversos taxa de zonas áridas (Franco y Nobel, 1988; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). En el área de estudio, que en el pasado formó un continuo con el Pedregal de San Ángel, no obstante que la precipitación es de alrededor de 1000 mm anuales (Álvarez, 1992), la vegetación enfrenta condiciones xéricas dadas por la poca capacidad de retención de agua del sustrato basáltico y el escaso desarrollo del suelo (Pisanty, 2000).

Si bien algunos estudios previos habían mostrado que en el matorral con disturbio la mortalidad de plántulas de *Q. rugosa* es alta (Cabrera *et al.*, 1998; Bonfil y Soberón, 1999), no se había investigado con detalle el efecto nodriza en el establecimiento y supervivencia de repoblaciones de *Quercus*. De comprobarse un efecto facilitador de la vegetación establecida, las nodrizas podrían utilizarse en los trabajos de repoblación de especies nativas de encino en la zona. Con este fin se emprendió el presente estudio, cuyos objetivos fueron:

- 1) Evaluar el efecto de las nodrizas en la supervivencia y el crecimiento de plántulas de un año de edad de las especies *Q. rugosa* y *Q. castanea*.
- 2) Analizar el efecto de la edad de la plántula y la presencia de nodrizas en la supervivencia y crecimiento de plántulas de *Q. rugosa*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de Estudio

El Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM) se localiza en las faldas del Ajusco, a la altura del km 6 de la carretera Picacho-Ajusco, entre las cotas altitudinales de 2450 y 2800 m. Prácticamente está cubierto por un sustrato basáltico formado a partir del derrame de lava del Volcán Xitle y conos adyacentes; también está presente otra unidad geológica constituida por andesitas y dasitas de mayor antigüedad. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura promedio anual de 15°C y precipitación anual de alrededor de 1000 mm, que se concentra entre los meses de mayo y octubre (Alvarez-Cruz, 1992).

En el parque se desarrollan tres tipos de vegetación: bosque de pino-encino hacia lo alto, bosque de encino en la parte media además de los lomeríos, y un matorral xerófilo en esa sección y hacia abajo. La composición de este matorral es muy similar a la del Pedregal de San Ángel, vegetación descrita como *Senecionetum praecosis* por Rzedowski (1954), debido al predominio de *Senecio praecox* (Cav.) DC. Como diferencia fundamental se observa que en grandes porciones del matorral conservado en el PECM domina un estrato arbóreo disperso constituido por encinos, mientras que en el Pedregal de San Ángel no existe un estrato arbóreo dominante, con excepción de algunos tepozanes (*Buddleia cordata* HBK. y *B. parviflora* HBK.) que han proliferado en los últimos años (Cano-Santana y Meave, 1996), así como eucaliptos introducidos, que se localizan principalmente en los bordes de la reserva (Segura-Burciaga y Martínez-Ramos, 1994).

La eliminación de la vegetación original del parque durante 1988-89 favoreció el establecimiento de numerosas especies de plantas herbáceas y arbustivas propias tanto de sitios con deterioro ecológico, como del matorral original, con gran abundancia de tepozanes (*Buddleia cordata*), comunidad que será denominada como matorral con disturbio. Una descripción más completa de la zona de estudio puede revisarse en Bonfil *et al.* (1997) y Cabrera *et al.* (1998).

Plantación Experimental

El material vegetal experimental que se utilizó para realizar la repoblación en septiembre de 1996, se produjo con semillas procedentes de árboles nativos en un vivero rústico instalado en la zona de estudio. Las bellotas germinaron en suelo contenido en bolsas de polietileno de 22 x 15 cm y se mantuvieron en el vivero bajo sombra parcial y riego. Al menos tres meses antes de la fecha de trasplante, las plántulas se colocaron a cielo abierto y sin riego, excepto por la

precipitación. Al cumplir un año, las de dos años fueron colocadas en bolsas más grandes (de 27 × 27 cm aproximadamente) para facilitar el desarrollo de la raíz.

La plantación se realizó en tres sitios del matorral con disturbio, con sustrato similar, orientación, grado de perturbación y sin pendiente significativa, de modo que cada sitio funcionara como una repetición para la evaluación de la supervivencia. La distancia entre los sitios era de alrededor de 1 km. En cada uno de ellos se eligieron con anticipación dos tipos de microhábitat o condición: 1) expuesta, en la cual las plántulas recibían de manera directa la radiación solar y, 2) bajo nodrizas, las que proveían sombra durante la mitad del día, al menos. Se trasplantaron alrededor de 250 plántulas de *Q. rugosa* y 275 de *Q. castanea* de un año de edad, se acomodó 50% de cada especie en condiciones expuestas y el otro 50% bajo la sombra de nodrizas. La altura promedio inicial de las plántulas fue de 18.7 cm para *Q. castanea* y 15.4 cm para *Q. rugosa*. Se eligieron como nodrizas a los arbustos o árboles cercanos de 1 m de altura, como talla mínima, y copa superior a los 100 cm de diámetro. Las especies más comunes para este efecto fueron *B. cordata*, *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. y *Q. rugosa*.

Con el fin de probar el efecto de la edad, de forma simultánea y bajo las mismas condiciones ecológicas descritas, se plantaron 250 plántulas más de *Q. rugosa* de dos años de edad con altura promedio inicial de 27 cm; *Q. castanea* no fue incluida en este experimento, porque no hubo disponibilidad de plántulas mayores de un año.

Dado que algunas de las plantas nodriza elegidas se secaron durante el siguiente estiaje, el microhábitat o condición "sombreada" no siempre persistió, por lo que una proporción de las plántulas bajo este tratamiento fue reasignada en un censo posterior. Por lo tanto, una proporción ligeramente mayor de plántulas quedó expuesta (alrededor del 55% en todos los casos). La supervivencia y el crecimiento de las plántulas fueron evaluados cada tres meses durante un año: el crecimiento mediante la altura del tallo (cm) y la cobertura de la copa (cm²) se calculó con la fórmula de un círculo (πr^2), cuyo radio promedio se obtuvo a partir de los datos de dos diámetros de la copa (el mayor y el perpendicular a éste).

Se aplicó análisis de varianza para la evaluación estadística de los datos experimentales. Los porcentajes de supervivencia final fueron previamente transformados (arcoseno). En un primer análisis se evaluó el efecto de la condición nodriza / no nodriza además de la especie, en la supervivencia final; en otro análisis, la presencia o ausencia de nodrizas y la edad de la plántula al momento del trasplante. Para evaluar el efecto de estas variables en el crecimiento, se realizaron análisis de varianza con medidas repetidas, en virtud de contar con la información de cuatro censos consecutivos, usando como

variables de respuesta la altura y la cobertura de las plántulas a lo largo del año de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia

La comparación entre especies no mostró diferencias significativas en la supervivencia final de plántulas de *Q. rugosa* y de *Q. castanea* de un año de edad. Sin embargo, el efecto de la condición (bajo nodriza o sombreada vs. expuesta) fue muy significativo (Cuadro 1a), con una proporción mayor de plántulas vivas bajo nodriza después de un año para ambas especies (Cuadro 1b). A lo largo del periodo de estudio el comportamiento de la supervivencia fue similar para ellas, ya que se presentaron mayores tasas de muerte inicial y durante el estiaje en la condición expuesta (Figura 1). La mortalidad se debió sobre todo a la sequía (37% de las muertes), seguida por la herbivoría de roedores y conejos.

Cuadro 1a. Efecto de la especie y la condición en la supervivencia final de *Q. rugosa* y *Q. castanea*.

Variable	C. M	g. l.	F	P
Especie	61.05	1	3.55	0.096
Condición	726.82	1	42.22	0.0002
Especie x Condición	25.46	1	1.48	0.258
Error	17.21	8		

Cuadro 1b. Supervivencia final (promedio \pm error estándar) por condición.

Condición	(%)
<i>Q. rugosa</i> , expuesta	6.0 \pm 4.1
<i>Q. castanea</i> , expuesta	14.6 \pm 2.4
<i>Q. rugosa</i> , con nodriza	29.7 \pm 3.2
<i>Q. castanea</i> , con nodriza	32.5 \pm 2.7

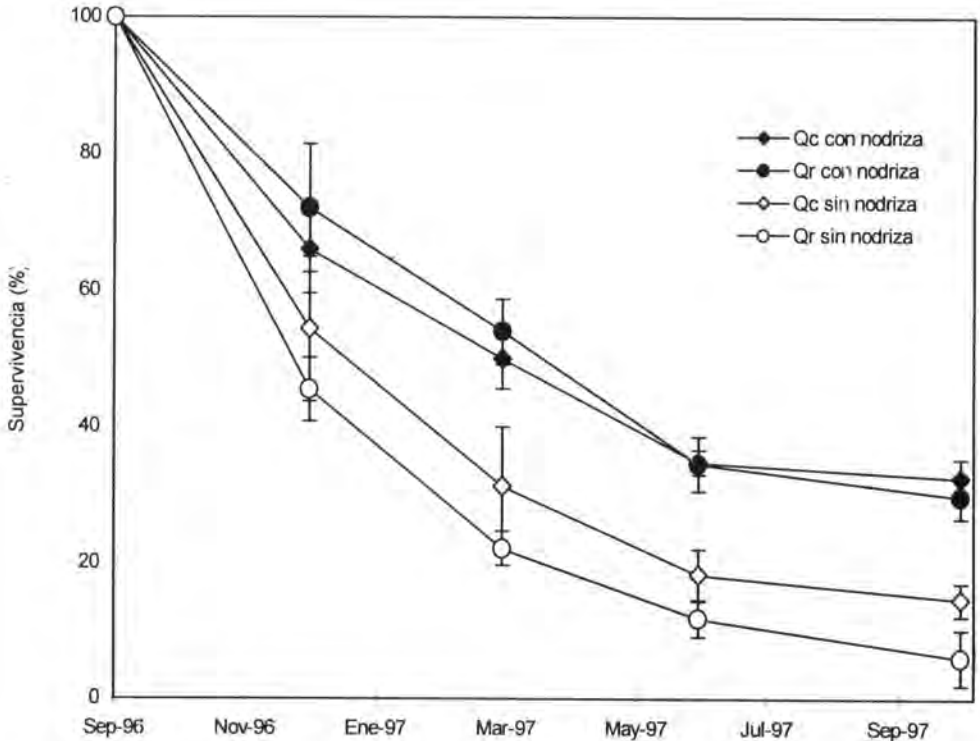


Figura 1. Supervivencia porcentual de plántulas de *Q. rugosa* (Qr) y *Q. castanea* (Qc) de un año de edad por condición.

El análisis del efecto de la edad y la condición en las plántulas de *Q. rugosa* mostró un resultado significativo de la edad y de la interacción edad por condición en la supervivencia final (Cuadro 2a), mientras que la condición (expuesta o con nodriza) no lo tuvo. La interacción significativa se debió a una mayor supervivencia de las plántulas de un año bajo nodriza en relación a las colocadas en condición expuesta; en las plántulas de dos años esta diferencia fue mínima (5%) e incluso fue ligeramente mayor en la condición expuesta que bajo nodriza (Cuadro 2b).

El número de plántulas secas durante los primeros tres meses, que puede considerarse como una medida del impacto del trasplante, presentó la misma tendencia: entre 22 y 25% de las de dos años se secaron en esta etapa inicial y se obtuvo un porcentaje similar en las de un año bajo nodriza (28%); en las de un año en condición expuesta la mortalidad fue mayor (50%). En el periodo de estiaje (diciembre 96 - abril 97), la mortalidad fue de entre 30 y 40% en las plántulas de dos años; de 52% de las de un año bajo nodriza y de

Cuadro 2a. Efecto de la edad de la plántula y de la condición en la supervivencia final de *Q. rugosa*.

Variable	C. M.	g. l.	F	p
Edad	642.4	1	15.83	0.004
Condición	175.96	1	4.33	0.07
Edad x Condición	351.21	1	8.65	0.018
Error	40.58	8		

Cuadro 2b. Supervivencia final (promedio \pm error estándar) por edad y condición.

Condición	(%)
<i>Q. rugosa</i> 1 año expuesta	6.0 \pm 4.1
<i>Q. rugosa</i> 1 año con nodriza	29.7 \pm 3.2
<i>Q. rugosa</i> 2 años expuesta	41.8 \pm 6.6
<i>Q. rugosa</i> 2 años con nodriza	37.1 \pm 7.3

73% de las de un año en condición expuesta (tomando como base el número total de plantas vivas en diciembre de 1996).

Una vez iniciadas las lluvias, la mortalidad disminuyó en todos los tratamientos, por lo que la proporción de plántulas vivas al final del estudio (octubre de 1997) fue similar a la de junio de 1997 para el caso de las plántulas de un año (Figura 1). En la época de sequía también hubo consumo del material experimental por herbívoros, un fenómeno poco común en la temporada de lluvias. La proporción de plántulas muertas por herbivoría fue mayor para las de *Q. rugosa* de un año (42%) que para las de dos años (14%).

Los resultados anteriores confirman algunos comportamientos de las repoblaciones de encinos en la zona, en particular, la alta vulnerabilidad de las plántulas a la desecación durante el estiaje y los bajos porcentajes de supervivencia final en el matorral con disturbio (Cabrera *et al.*, 1998; Bonfil y Soberón, 1999). Asimismo, demuestran que la presencia de nodrizas resulta decisiva para el establecimiento de las plántulas de un año, ya que bajo

su dosel se incrementa significativamente la supervivencia (Cuadro 1b). Otros autores como Muick (1991) y Callaway (1992) han citado un efecto facilitador de la sombra artificial y de los arbustos en plántulas del género *Quercus* en localidades con clima mediterráneo, que se caracteriza por un periodo de sequía prolongado. En este caso, el efecto de las nodrizas fue muy claro y similar para las dos especies de encinos estudiadas.

La influencia de nodrizas pierde relevancia al aumentar la edad de las plántulas, lo que sucedió con *Q. rugosa*, probablemente porque la mayor talla de las plántulas les permite enfrentar mejor las difíciles condiciones en el periodo de secas. Dado que una alta proporción de la biomasa de las plántulas de encino se destina al desarrollo radicular (Grime y Jeffrey, 1965; Robledo, 1997; Bonfil, 1998), la raíz más larga de las plántulas de dos años, debe traducirse en una captación de agua más exitosa en el sustrato rocoso. Esto explicaría, al menos parcialmente, el que la sombra ya no resulte determinante para la supervivencia de las plántulas. A esto mismo podría atribuirse también una resistencia más alta en las plántulas de dos años al ataque de los herbívoros, pues es a partir de las reservas almacenadas en la raíz que las plántulas de encino rebrotan y producen un nuevo vástago después de la pérdida de la parte aérea (Matzuda y McBride, 1986; Crow, 1988; Bonfil, 1998).

Crecimiento

La altura de las plántulas de un año de ambas especies no difirió, ni fue tampoco significativo el efecto de la condición expuesta / con nodriza sobre esta variable, misma que se redujo a lo largo del estudio (Figura 2), lo que indica el efecto del factor tiempo (Cuadro 3a). No obstante, al inicio del periodo de observación la altura media era un poco mayor para las plántulas de *Q. castanea* (17.9 cm vs. 15.6 cm en *Q. rugosa*), la diferencia no era significativa, y al final del estudio se registraron cifras de 11 cm para *Q. castanea* y de 7.5 para *Q. rugosa*. La reducción fue notoria entre enero y marzo (Figura 2), y respondió tanto a la muerte parcial o total de la parte aérea (que en muchos casos se secó), como al consumo de tallos por los herbívoros, lo que si produce una reducción importante de la biomasa aérea, aunque no necesariamente ocasiona la muerte de las plántulas, debido a la capacidad de rebrotar que poseen los encinos. Durante la siguiente temporada de crecimiento no se advirtió un incremento importante en la altura promedio, lo que puede sugerir cierto debilitamiento de las plántulas por la pérdida previa de la parte aérea (Figura 2). Bonfil (1998) menciona que las plántulas de *Q. rugosa* no recuperan su altura seis meses después de la pérdida parcial de biomasa aérea en condiciones de vivero.

Con respecto a la cobertura, tanto la especie como el factor tiempo y las interacciones especie-tiempo y especie-condición-tiempo resultaron significativas (Cuadro 3b). La cobertura de *Q. castanea* fue ligeramente mayor que la de

Cuadro 3a. Efecto de la especie y la condición en la altura de dos especies de encino.

Variable	g. l.	C. M	g. l error	C. M. error	F	p
Especie	1	127.7	71	69.43	1.84	0.18
Condición	1	98.38	71	69.43	1.41	0.24
Tiempo (t)	3	539.00	213	24.37	22.11	<0.001
E x C	1	4.09	71	69.43	0.059	0.81
E x t	3	30.52	213	24.37	1.25	0.29
C x t	3	11.32	213	24.37	0.46	0.71
E x C x t	3	14.56	213	24.37	0.60	0.62

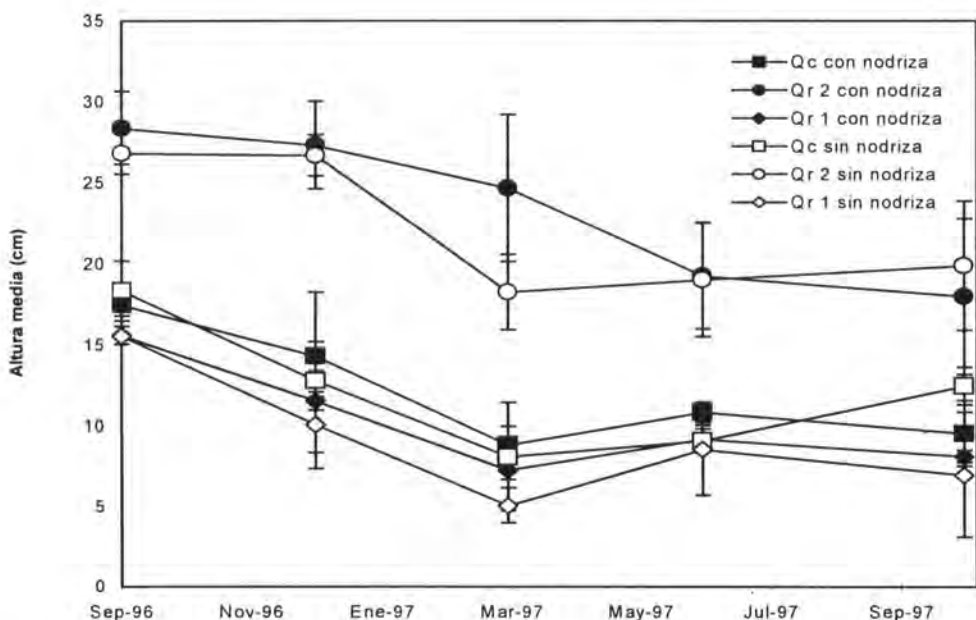


Figura 2. Altura ($\bar{x} \pm e. e.$) de plántulas de *Q. rugosa* y *Q. castanea* de un año (1) y de dos años (2) de edad.

Q. rugosa en casi todo el periodo de estudio y ambas especies presentaron una disminución del follaje durante el estiaje, así como una recuperación importante en la temporada de lluvias (junio-octubre). Sin embargo, ésta no compensó la reducción que se verificó en el estiaje y al final del periodo de observación, pues la cobertura media fue ligeramente menor a la inicial en todos los casos, excepto *Q. castanea* bajo nodriza, lo que explicaría de manera parcial las interacciones significativas (Cuadro 4).

Cuadro 3b. Efecto de la especie y la condición en la cobertura.

Variable	g. l.	C. M.	g. l. error	C. M. error	F	p
Especie	1	67609.78	33	6783.8	9.97	<0.001
Condición	1	5724.90	33	6783.8	0.84	0.36
Tiempo (t)	3	13539.00	99	2279.3	5.94	<0.001
E x C	1	1573.50	33	6783.8	0.23	0.63
E x t	3	6612.70	99	2279.3	2.90	0,04
C x t	3	3176.70	99	2279.3	1.38	0.25
E x C x t	3	19795.20	99	2279.3	8.68	<0.001

Cuadro 4. Cobertura promedio (cm²) de plántulas de *Quercus* de un año de edad.

Especie /tratamiento	Septiembre 1996	Diciembre 1996	Junio 1997	Octubre 1997
<i>Q. rugosa</i> expuesta	73.2	52.5	59.7	63.7
<i>Q. rugosa</i> con nodriza	82.1	58.8	33.3	72.5
<i>Q. castanea</i> , expuesta	147.6	114.7	55.2	93.5
<i>Q. castanea</i> con nodriza	142.7	104.5	73.4	156.6

El análisis de plántulas de *Q. rugosa* de 1 a 2 años mostró un efecto significativo de los factores edad y tiempo en la altura, pero ni la condición ni las interacciones afectaron significativamente a esta variable (Cuadro 5a). Desde el inicio del experimento existieron las diferencias esperadas en esta característica por la edad de las plántulas, lo que continuó siendo significativo en el periodo de vigencia, aunque al igual que en el caso anterior la altura media disminuyó para ambos grupos de edad (Figura 2).

Este decremento fue de 9 cm en promedio para las plántulas de dos años y se debió sobre todo al ataque de los herbívoros, que en su mayoría fueron conejos (*Sylvilagus floridanus* J. A. Allen) y ratones (*Peromyscus* spp.). Su impacto puede visualizarse si se considera que fueron atacadas 200 plantas, lo que equivale a 78%. Algo similar ocurrió con las de un año, con 76% de plántulas afectadas. Estos resultados indican que pese a que el ataque inicial de los herbívoros fue mayor en las plántulas más jóvenes, los tallos gruesos de las plantas de dos años no lograron detenerlos; sin embargo, causó una mayor proporción de muertes en las plántulas de un año.

Cuadro 5a. Efecto de la edad de la plántula y la condición en la altura.

Variable	g. l.	C. M.	g. l. error	C. M. error	F	p
Edad	1	9440.6	116	237.7	39.72	<0.001
Condición	1	104.12	116	237.7	0.44	0.51
Tiempo (t)	3	584.76	348	38.5	15.17	<0.001
E x C	1	543.41	116	237.7	2.28	0.13
E x t	3	54.51	348	38.5	1.41	0.24
C x t	3	1.82	348	38.5	0.05	0.99
E x C x t	3	32.13	348	38.5	0.83	0.48

La cobertura registró la misma tendencia, ya que sólo el efecto de los factores edad y tiempo resultaron significativos (Cuadro 5b). La disminución proporcional en cobertura fue ligeramente mayor para las plántulas de dos años, ya que pierden más follaje por sequía parcial y/o por herbivoría, si bien tuvieron una mejor recuperación del mismo durante la temporada de crecimiento, y una cobertura final promedio de alrededor de 220 cm² contra el promedio de 68 cm² de las de un año. Para ambos grupos de edad, la cobertura promedio al final

del estudio fue menor a la inicial (12 y 16% para las de uno y dos años, respectivamente) aunque la variación aumentó con el tiempo.

Cuadro 5b. Efecto de la edad de la plántula y la condición en la cobertura.

Variable	g. l.	C. M.	g. l. error	C. M. error	F	p
Edad	1	1047790	55	46927.6	22.33	<0.001
Condición	1	17665	55	46927.6	0.38	0.54
Tiempo (t)	3	55895	55	13503.7	4.14	0.01
E x C	1	73759	165	46927.6	1.57	0.21
E x t	3	18544	55	13503.7	1.37	0.25
C x t	3	1442	65	13503.7	0.11	0.96
E x C x t	3	22392	165	13503.7	1.66	0.18

En resumen, los resultados de la comparación del crecimiento de plántulas de *Q. rugosa* de distinta edad mostraron que las diferencias preferentemente, tanto en altura como en cobertura, se debieron más a la edad inicial de las plántulas y a los cambios que estas variables experimentaron a través del tiempo, que a la condición (bajo nodriza o expuesta) en que estuvieron. Las disminuciones observadas en estas variables fueron causadas sobre todo por la remoción parcial o total de la parte aérea ocasionada por los herbívoros; es muy probable que al proteger a las plántulas de dichos ataques, el crecimiento sea mayor (mismo que pudo observarse en los ejemplares que permanecieron intactos), y simultáneamente se logren mejorar los porcentajes de supervivencia de las plantaciones.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten llegar a las siguientes conclusiones, de las que se derivan algunas recomendaciones puntuales:

La sombra que brindan las nodrizas aumentó el éxito en el establecimiento y la supervivencia de las plántulas de *Q. rugosa* y *Q. castanea* de un año, que fueron transplantadas al matorral con disturbio ecológico. De lo anterior se desprende que hay que evitar colocar plántulas de un año o menos en condiciones abiertas,

y que debe realizarse una cuidadosa selección de plantas nodriza que proporcionen una sombra consistente a lo largo del año.

La presencia de plantas nodrizas no afectó significativamente la supervivencia de las plántulas de *Q. rugosa* de dos años, a causa de su mayor resistencia a la sequía y a que soportan mejor la pérdida de biomasa aérea causada por los herbívoros. Por lo tanto, en las plantaciones de encinos en la zona con disturbio debe preferirse usar plántulas mayores de un año y no colocarlas bajo nodriza.

Las condiciones del sitio resultan restrictivas para el crecimiento de las plántulas, debido al efecto combinado de la sequía y el ataque de los herbívoros. Para incrementar el éxito de futuras plantaciones se podría establecer algún tipo de protección para los estados iniciales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Jorge Soberón y al Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por el apoyo económico brindado para financiar esta investigación, y a la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) del Gobierno del Distrito Federal por aportar el personal que realizó la plantación. Igualmente, a las personas que contribuyeron al mismo fin, así como al mantenimiento de las plántulas en el vivero: Alejandro Peña, Edith Vieyra, Enrique Mota y Victoria Cuellar.

REFERENCIAS

- Álvarez C., E. M. 1992. Condiciones de temperatura y precipitación en el SW del Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México. 133 p.
- Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85 (1): 79-87.
- Bonfil, C., L. Cabrera, A. Hernández y J. Soberón. 1996. Restauración ecológica en el Ajusco Medio. In: Rivero Serrano, O. y G. Ponciano Rodríguez (Eds.): *La Situación Ambiental en México*. PUMA-UNAM. pp: 676-681.
- Bonfil, C., I. Pisanty, A. Mendoza y J. Soberón. 1997. Investigación y restauración ecológica: el caso del Ajusco Medio. *Ciencia y Desarrollo* 135: 15-23.
- Bonfil, C. y J. Soberón. 1999. *Quercus rugosa* seedling dynamics in relation to its reintroduction in a disturbed Mexican landscape. *Applied Vegetation Science* 2: 189-200.
- Cabrera, L., P. Mendoza, V. Peña, C. Bonfil y J. Soberón. 1998. Evaluación de

- una plantación de encinos (*Quercus rugosa*) en el Ajusco Medio, D. F. *Agrociencia* 32: 149-156
- Callaway, R. M. 1992. Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73: 2118-2128.
- Cano-Santana, Z. y J. Meave. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. *Revista Ciencias* 41: 58-68.
- Crow, T. R. 1988. Reproductive mode and mechanisms for self-replacement of northern red oak (*Quercus rubra*) – a review. *Forest Science* 34: 19-40
- Ezcurra, E. 1990. De las chinampas a la megalópolis: el medio ambiente en la cuenca de México. Fondo de Cultura Económica. Colección La Ciencia desde México. México D. F. 117 p.
- Franco, A. C. y P. S. Nobel. 1988. Effect of the nurse plant on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology* 77: 870-886.
- Grime, J. P. y D. W. Jeffrey. 1965. Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *Journal of Ecology* 53: 621-642.
- Matzuda, K. y J. R. McBride. 1986. Difference in seedling growth morphology as a factor in the distribution of three oaks in central California. *Madroño* 33: 207-216.
- Muick, P. C. 1991. Effects of shade on blue oak and coast live oak regeneration in California annual grasslands. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PSW 126: 21-24.
- Pisanty, I. 2000. Ecosistemas y áreas verdes urbanas. In: Gustavo Garza (Coord.). La Ciudad de México en el fin del segundo milenio. Gobierno del Distrito Federal - El Colegio de México. pp: 475-481.
- Robledo, A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, D. F. Efecto del Tamaño de Semilla. Tesis profesional (Biología), ENEP Zaragoza, UNAM. 74 p.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN* 8 (1-2): 59-129.
- Segura-Burciaga, S. y M. Martínez-Ramos. 1994. La introducción de especies a comunidades naturales: el caso de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la reserva "El Pedregal" de San Angel. In: Rojo, A. (Comp.): Reserva ecológica "El Pedregal de San Angel": ecología, historia natural y manejo. UNAM, México D. F. pp: 177-186.
- Valiente-Banuet, A. y E. Ecurra. 1991. Shade as cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, México. *Journal of Ecology* 79: 961-971.
- Velázquez, A. y F. J. Romero. 1999. Biodiversidad de la región de montaña del sur de la cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico. Universidad Autónoma Metropolitana y Secretaria del Medio Ambiente, D. F. 352 p.