

# CONSIDERACIONES SOBRE LA DINÁMICA DE PLÁNTULAS DE ENCINOS EN LA SIERRA DE PACHUCA, HIDALGO, MÉXICO.

F. Zavala-Chávez<sup>1</sup>; E. García-Moya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C.P. 56230.  
<sup>2</sup> Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Montecillo México. C. P. 56230.

## RESUMEN

Se realizó un estudio con la finalidad de evaluar la incorporación, mortalidad y sobrevivencia de plántulas de los encinos más importantes en la vegetación de la Sierra de Pachuca, Hgo. Las plántulas fueron registradas, marcadas y revisadas periódicamente, se determinó su edad, las que murieron y las nuevas que aparecieron, en tres cuadros de 4 m<sup>2</sup> en cuatro tipos de vegetación. Los resultados mostraron plántulas de seis especies de *Quercus* de distintas edades y una proporción de individuos por especie también diferente en los tipos de vegetación analizados: *Q. mexicana* y *Q. rugosa* fueron las más abundantes. La segunda incorporó más plántulas por cada una que murió que las demás especies. La mortalidad fue mayor en plántulas de encinos de dos y tres años de edad, especialmente a causa de herbívoros (mamíferos y larvas de insectos) y escasez de humedad. Se concluye que la presencia de *Quercus* en la Sierra de Pachuca se debe principalmente a la regeneración de *Q. mexicana* y *Q. rugosa*, la cual parece depender de la sobrevivencia de sus plántulas especialmente de la segunda especie, misma que parece ser favorecida por las condiciones del sitio.

PALABRAS CLAVE: *Quercus*, mortalidad, sobrevivencia, sucesión, ecología.

## CONSIDERATIONS ON THE DYNAMICS OF OAK SEEDLINGS IN THE SIERRA DE PACHUCA, HIDALGO, MEXICO

### SUMMARY

A study was carried out to evaluate the production, recruitment, mortality and survival of the seedlings of the most important oak species of the vegetation of the Sierra de Pachuca, Hidalgo. Oak seedlings were registered, labeled and checked periodically for dead and new seedlings on three four-meter plots in four plant communities. Results revealed seedlings of six species of *Quercus* of differing ages, and the proportions of individuals of each species also differed in the types of vegetation analyzed: *Q. mexicana* and *Q. rugosa* were the most abundant. For the latter, the number of seedlings that were incorporated was higher than the number of those that died. Mortality was higher in two- and three-year-old seedlings, mostly caused by herbivores (mammals and insect larvae) and lack of humidity. It is concluded that the presence of *Quercus* in the Sierra de Pachuca is largely due to the regeneration of *Q. mexicana* and *Q. rugosa* whose existence appears to depend on the survival of their seedlings. The latter, particularly, appears to be favored by the prevailing environmental conditions of the area studied.

KEY WORDS: *Quercus*, seedlings, mortality, survival, recruitment.

## INTRODUCCIÓN

La fase de plántula es una de las etapas más importantes del ciclo de vida de las plantas, especialmente de aquellas leñosas que basan su regeneración en la producción de semillas. Además, las plántulas junto con las semillas son las etapas del ciclo de vida de árboles más susceptibles de algún daño (Silveryown, 1982). La producción de semillas y el crecimiento de plántulas están integrados, a su vez, en el proceso de regeneración, por lo cual requieren estudiarse para derivar los conocimientos básicos que permitan conocer y aprovechar de manera persistente los recursos forestales.

El conocimiento de las características y condiciones de la producción de plántulas de especies forestales es fundamental en las prácticas de recuperación y restauración de los ecosistemas forestales. En general, las plántulas son incorporadas en variadas cantidades y presentan tal mortalidad, que requiere ser evaluada. La información acerca de los encinos sobre estos temas es incipiente e incompleta (Lorimer, 1993; Momen *et al.*, 1994). Los estudios sobre plántulas de encinos de México son muy escasos (Sosa y Puig, 1987; Zavala y García, 1996), lo cual dificulta entender su dinámica y su papel en la regeneración. Los encinos, en general, han desarrollado diferentes mecanismos con los cuales pueden abatir los

efectos de los diversos factores causales de mortalidad (años belloterios, diferentes formas de regeneración) aunque suele variar entre especies. Esto se debe a que los encinos del país son diversos y se distribuyen en una amplitud de hábitats, encontrándose no pocas variantes y excepciones de los patrones generales de la biología de encinos. Entre las variadas características de los encinos se pueden mencionar la producción irregular de bellotas, la producción de rebrotes de varios orígenes, así como la prolongada inactividad (o crecimiento nulo) de las plántulas de encinos (Silvertown, 1982); esto último puede deberse a la escasez de luz en el sotobosque (Ramírez-Marcial *et al.*, 1996). Por su parte, la producción de plántulas de algunas especies arbóreas parece estar asociada a factores de disturbio (Ogden, 1985). Por ejemplo en Chiapas, *Quercus crispipilis* ha mostrado regeneración en áreas abiertas y moderadamente perturbadas por pisoteo y ramoneo (Quintana-Ascencio *et al.*, 1992).

Diversos bosques de clima templado del país muestran varias especies de encinos como elementos importantes, pero aún se desconoce qué proporción de plántulas de las distintas especies. Con tal información se podrían entender los efectos de los factores de disturbio en los encinos y las posibilidades de éxito de una regeneración natural. También se podría contribuir a conocer la estrategia que los encinos utilizan para colonizar sitios anteriormente ocupados por otras plantas, como los pinos.

Con base en el trabajo de campo y registro de plántulas en sitios permanentes de observación durante un año, en cuatro tipos de vegetación, se estimó la incorporación, mortalidad y sobrevivencia de plántulas de las especies de encinos más importantes de la Sierra de Pachuca, Hgo. El principal objetivo fue generar información que permita sentar las bases para el conocimiento de la dinámica de plántulas de encinos del área y su importancia en el proceso de regeneración natural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Sierra de Pachuca, Hgo., ubicada en los  $20^{\circ} 03' 30''$  y  $20^{\circ} 13' 30''$  de latitud Norte y  $98^{\circ} 35'$  y a los  $98^{\circ} 50'$  longitud Oeste (Anónimo, 1982), dentro de las cotas altitudinales de 2 500 m en la vertiente norte y 2 700 m en la sur (Figura 1). El área tiene una superficie aproximada de 128 km<sup>2</sup> y se caracteriza por su topografía accidentada; la altitud varía de 2 500 a cerca de 3 200 m; las rocas son de origen volcánico, principalmente de los tipos dacitas y andesitas (Medina y Rzedowski, 1981); el clima es principalmente de los tipos templado subhúmedo en los extremos noroccidental y sudoriental y semifrío subhúmedo en el resto del área; los suelos son de los tipos regosol dístico, cambisol hú-

mico, luvisol vértico, andosol ártico y mólico y litosol (Anónimo, 1992); la vegetación es de bosque de encino, bosque de oyamel, bosque de oyamel-encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, pastizal inducido y algunos manchones de encinar con romerillo (*Quercus-Pseudotsuga*) (Medina y Rzedowski, 1981; Anónimo, 1992; Zavala, 1995).

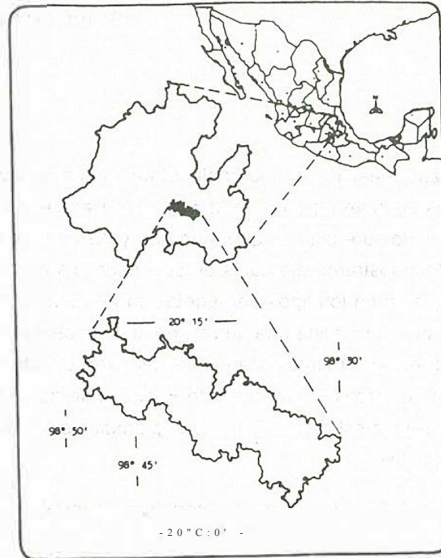


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

Se seleccionaron los tipos de vegetación leñosa con, al menos, una especie de encino con un valor de importancia de 20% del total, con base en la información obtenida mediante la aplicación del método de cuadrantes centrados en un punto (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Los tipos de vegetación seleccionados fueron el bosque de oyamel, bosque de oyamel-encino, bosque de encino y bosque de pino-encino; en conjunto cubren aproximadamente 65% del área de estudio. En cada uno de ellos se trazaron aleatoriamente tres cuadros de 4 m<sup>2</sup>. Ubicados dentro de otro de 250 m<sup>2</sup>; en los cuadros de 4 m<sup>2</sup> se registraron las plántulas de las especies de encinos presentes, así como su edad con base en las cicatrices de las yemas apicales. El concepto de plántula fue aplicado aquí para toda planta juvenil originada de una semilla (Font Quer, 1953) con una altura menor de 50 cm al momento de iniciar el estudio. Algunas plántulas cuya edad no se pudo determinar, debido a ruptura de la yema apical, pero que mostraron indicios de mayor edad que el límite superior de las demás, fueron agrupadas en una clase de edad mayor. Todas las plántulas fueron periódicamente registradas y marcadas aproximadamente cada 30 a 45 días, con una etiqueta de aluminio. También se registraron las causas de muerte de plántulas de encinos en los distintos tipos de vegetación, de manera general, en: a) arrancadas, b) defoliadas, c) desaparecidas, y d) secas. La información del número de plántulas por tipo

de vegetación, especie y edad fue analizada mediante comparación entre medias y análisis de varianza (Steel y Torrie, 1985).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Abundancia de plántulas**

El número total de plántulas de encinos registradas al final del estudio (unio de 1995) fue 157, las cuales pertenecieron a seis especies de cuatro tipos de vegetación; estos presentaron de tres a cuatro especies de encinos cada uno. Las especies con mayores proporciones de plántulas fueron *Q. mexicana* y *Q. rugosa* en los bosques de encino y de oyamel-encino, con 31 y 42 % del total, respectivamente. Dichas especies figuraron entre los encinos más importantes de la vegetación del área de estudio. La primera de ellas sólo se encontró en el bosque de encino (4.1 plántulas por m<sup>2</sup>), en tanto que *Q. rugosa* mostró mayor densidad (3.5 plántulas por m<sup>2</sup>) en el bosque de oyamel-encino (Cuadro 1).

**CUADRO 1. Promedio de plántulas por m<sup>2</sup> de las especies de Quercus registradas en cuatro tipos de vegetación de la Sierra de Pachuca, Hgo.**

Especie	BE	BO-E	BO	BP-E	Suma	$\sigma$
<i>Q. crassifolia</i>	0.08	-	0.33	0.75	1.16	8.87
<i>Q. crassipes</i>	0.42	-	-	-	0.42	3.21
<i>Q. glabrescens</i>	-	0.06	0.25	-	0.33	2.52
<i>Q. laurina</i>	-	0.75	0.67	0.17	1.59	12.16
<i>Q. mexicana</i>	4.08	-	-	-	5.08	31.19
<i>Q. rugosa</i>	0.83	3.50	0.42	0.75	5.50	42.05
Suma	5.41	4.33	1.67	1.67	13.08	99.99

BE = bosque de encino, BO-E = bosque de oyamel-encino, BO = bosque de oyamel y BP-E = bosque de pino-encino). (Los guiones significan que las especies no se registraron en los tipos de vegetación indicados).

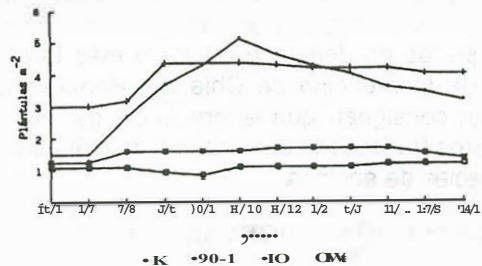
La cantidad de plántulas de encinos registradas en las fechas de recuento mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tipos de vegetación y entre especies (Cuadro 2). Los bosques de encino y de oyamel-encino mostraron fluctuación entre fechas de recuento, especialmente en el período de julio a septiembre que coincide con la época de lluvias (Anónimo, 1992); el segundo de ellos mantuvo cantidades de plántulas relativamente altas (Figura 2). En ambos tipos de vegetación se observó mayor número de plántulas de una especie de encino en cada caso (*Q. mexicana* y *Q. rugosa*, respectivamente), mismas que aumentaron considerablemente durante el período mencionado (Figura 3<sup>a</sup>, b). En cambio, el número de plántulas varió principalmente en el bosque de encino, que acusó un aumento pronunciado de agosto a octubre. Los bosques de oyamel y de pino-encino mostraron cantidades pequeñas de plántulas de encino, aunque más o menos constantes, entre fechas de recuento (Figura 3 c, d). En ambos tipos de vegetación, la escasez de plántulas de encinos se puede deber a la sombra excesiva en el primero (Ramírez-Marcial *et al.*, 1996) y al acentuado disturbio en el segundo. Sin embargo, Negi *et al.* (1996),

consignan mayores cantidades de plántulas de encino (*Q. floribunda*) en sitios soleados y alterados que en los sombreados e inalterados en encinares de Kumaun Himalaya. Esto parece indicar respuestas diferentes de las especies a las condiciones del sitio.

El análisis de la identidad de las plántulas registradas mostró que la mayoría (73 %) fueron de *Q. mexicana* y *Q. rugosa*. La producción de plántulas por pocas especies podría ser común en la vegetación de clima templado. Harmer *et al.* (1994) registraron 74 % de plántulas producidas por dos especies (*Betula* sp. y *Fraxinus* sp.) en un bosque mixto de 31 especies de latifoliadas del sur de Inglaterra. Sin embargo, a la fecha, no existe información que permita calificar el número de plántulas requeridas para la regeneración natural en el área de estudio (Cuadro 1). No obstante, Lorimer (1993) menciona entre 0.03 y 0.30 plántulas por m<sup>2</sup> como suficientes para la regeneración en encinares del sureste de E.U.; Harmer *et al.* (1994) consideran 0.11 plántulas por m<sup>2</sup> como mínimo para la regeneración; estos mismos autores registraron 0.39 plántulas de encino por m<sup>2</sup>. Esto parece indicar que las plántulas de encinos en el área de estudio (Cuadro 1) son suficientes, pero las condiciones del área de estudio pueden ser diferentes, al igual que las especies, lo cual dificulta una interpretación semejante, ya que las alteraciones antropógenas (incendios, pastoreo, tala) en el área son evidentes y frecuentes. La abundancia de plántulas también puede estar relacionada con otros factores, tales como la composición de especies del dosel, el mantillo y el disturbio (Mallik *et al.*, 1994).

**CUADRO 2. Análisis de varianza del número de plántulas de encinos entre (a) tipos de vegetación y (b) especies durante el período de estudio.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	"F" cale.	Pr. >F
(a)	3	939.00	313.00	46.24	0.000
Error	333	6 762.68	20.31		1
Total corregido	336	7 701.68			
(b)	5	889.43	177.89	43.48	0.000
Error	333	6 612.25	20.64		1
Total corregido	338	7 701.68			



**Figura 2. Plántulas de encinos registradas de Junio de 1994 a Junio de 1995: BE=bosque de encino, BO-E = bosque de oyamel-encino, BO = bosque de oyamel, BP-E = bosque de pino-encino.**

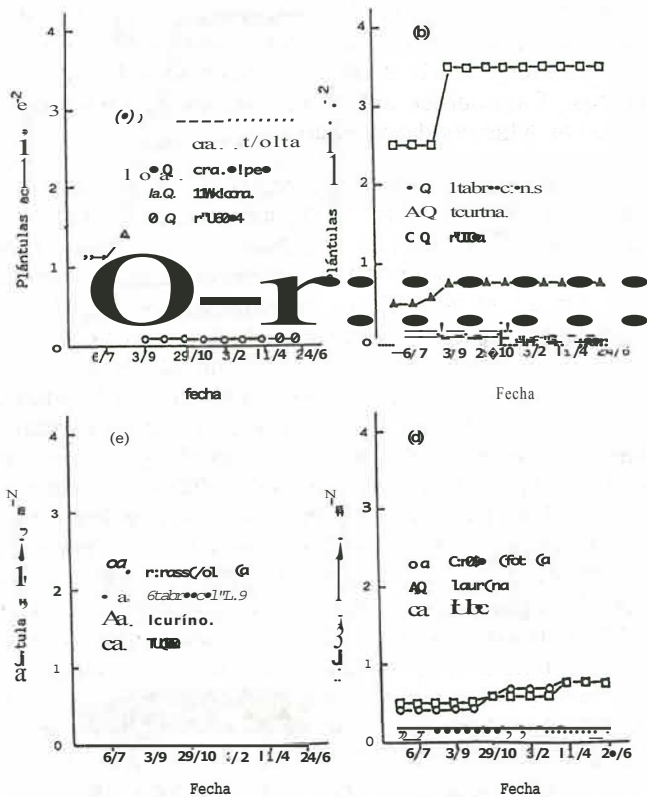


Figura 3. Plántulas de encinos registradas de junio de 1994 a junio de 1995: a = bosque de encino; b = bosque de oyamel-encino; c = bosque de oyamel; y d = bosque de pino-encino.

El bosque de pino-encino del área de estudio, que fue el de dosel más abierto, mostró evidencias de apacentamiento de caprinos y ovinos, así como de aprovechamiento de ramas y troncos para leña. El pisoteo por ganado y pastores puede provocar muerte de plántulas y destrucción de semillas en el piso del bosque, en tanto que los desperdicios dejados por los cortes durante el acopio de leña pueden dañar plántulas pequeñas o cubrir semillas y evitar su germinación. En consecuencia, la cantidad de plántulas y los sitios para la germinación de semillas pueden disminuir. Sin embargo, lo anterior difiere de lo señalado por Quintana-Ascencio *et al.* (1992), quienes registraron mayores cantidades de plántulas de encinos y pinos en áreas abiertas y de sucesión temprana que en las de densidad mayor o más tardías en un bosque de pino-encino de Chiapas. Ramlrez-Marcial *et al.* (1996) consignan que la presencia de alta densidad de arbustos favorece la abundancia de plántulas de algunas especies de encinos.

**INCORPORACIÓN Y MORTALIDAD DE PLÁNTULAS**

La incorporación y mortalidad de plántulas entre especies y tipos de vegetación mostraron algunas diferen-

cias. *Q. mexicana* fue la de mayor número de plántulas incorporadas en el encinar, en tanto que *Q. glabrescens* y *Q. laurina* no mostraron incorporación en los bosques de pino-encino y de oyamel, respectivamente; la mayor mortalidad también fue registrada para *Q. mexicana*. Sin embargo, el cociente resultante del número de plántulas incorporadas entre el de muertas puede mostrar las plántulas que al incorporarse sustituyen a las que mueren y contribuyen a la regeneración. Con esto, los cocientes mayores que 1.0 significan mayor incorporación que mortalidad y los menores que 1.0 indican mayor mortalidad (Cuadro 3). Así, *Q. mexicana* produjo mayor cantidad de plántulas que las demás especies de encino en el encinar. *Q. rugosa* mostró menor incorporación pero una mortalidad aún más baja que *Q. mexicana*. Esto puede favorecer la incorporación de una mayor proporción de plántulas con respecto a las que mueren y, por tanto, se esperaría una regeneración natural más importante en *Q. rugosa*.

La escasa incorporación de plántulas de encinos en los bosques de oyamel y de pino-encino (Cuadro 3) puede deberse a la escasa luz que llega al estrato rasante en el primero y a la acentuada alteración antropógena en el segundo. Sin embargo, Ogden (1985) señala que la incorporación de plántulas de especies propias del dosel generalmente está restringida a claros formados por la caída de árboles o a las áreas alteradas más grandes.

CUADRO 3. Plántulas por m<sup>2</sup> incorporadas (i), muertas (m) y cociente i/m de especies de Quercus registradas en cuatro tipos de vegetación.

Especie	BE		BO-E		BO		BP-E	
	i	m	i	m	i	m	i	m
<i>Q. crassifolia</i>	0.08	0.08	---	---	0.08	0.17	0.33	0.25
<i>Q. crassipes</i>	0.42	0.42	---	---	---	---	---	---
<i>Q. glabrescens</i>	---	---	0.08	0.08	0.00	0.00	---	---
<i>Q. laurina</i>	---	---	0.25	0.08	0.25	0.08	0.00	0.00
<i>Q. mexicana</i>	3.01	1.67	---	---	---	---	---	---
<i>Q. rugosa</i>	0.50	0.08	1.00	0.08	0.08	0.08	0.25	0.17
<b>Suma</b>	<b>4.01</b>	<b>2.25</b>	<b>1.33</b>	<b>0.24</b>	<b>0.41</b>	<b>0.33</b>	<b>0.58</b>	<b>0.42</b>
<b>Cociente i/m</b>	<b>1.78</b>		<b>5.54</b>		<b>1.24</b>		<b>1.38</b>	

BE=bosque de encino; BO-E=bosque de oyamel-encino; BO=bosque de oyamel; BP-E=bosque de pino-encino).

Las especies con mayor incorporación de plántulas fueron *Q. mexicana* y *Q. rugosa*, las cuales fueron más importantes en la vegetación del área de estudio (Cuadro 1). Ninguna de las especies registradas mostró un número de plántulas muertas mayor que el de incorporadas, lo que parece indicar que, al menos durante el período de estudio, predominó la incorporación (Cuadro 3).

En general, en los cuatro tipos de vegetación analizados hubo baja mortalidad de plántulas de encino, particularmente en el bosque de oyamel (Figura 4c). Asimismo, al nivel de especies sólo *Q. mexicana* mostró una mortalidad comparativamente alta, la cual se acumuló mayormente en la época seca (a partir de noviembre) (Figura 4). Esto parece indicar que, si dicho fenómeno se repitiese cada año bajo las mismas condiciones, tal vez habría plántulas que aumentarían la regeneración natural en el área de estudio. El bosque de encino mostró plántulas incorporadas en mayor número que los demás tipos de vegetación, pero lo mismo ocurrió en el de muertas. Por su parte, el bosque de oyamel presentó un número de plántulas muertas e incorporadas menor que los demás. Sin embargo, se obtuvo el mayor cociente de incorporación entre muertas en el bosque de oyamel-encino y el menor en el bosque de oyamel. En el encinar quedaron 1.8 plántulas de encino por cada una muerta por m<sup>2</sup> al final del período de recuento, en tanto que en el bosque de oyamel-encino quedaron 5.5 (Cuadro 3).

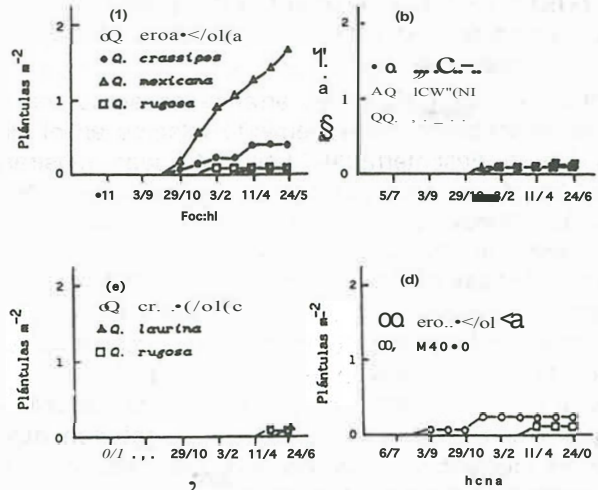


Figura 4. Distribución de plántulas de encino por edad en diferentes tipos de vegetación y especies.

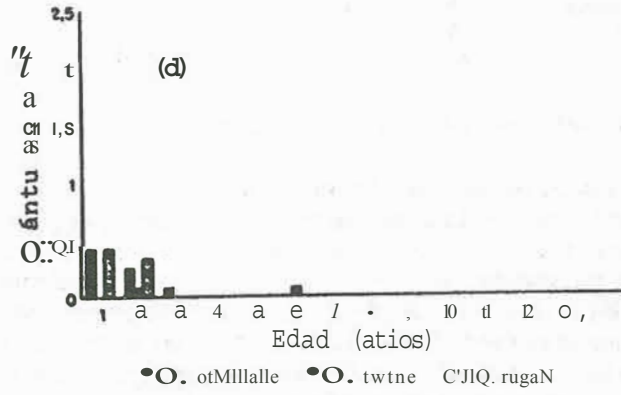
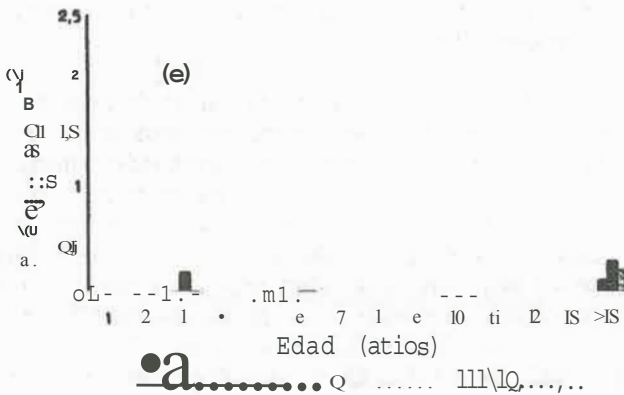
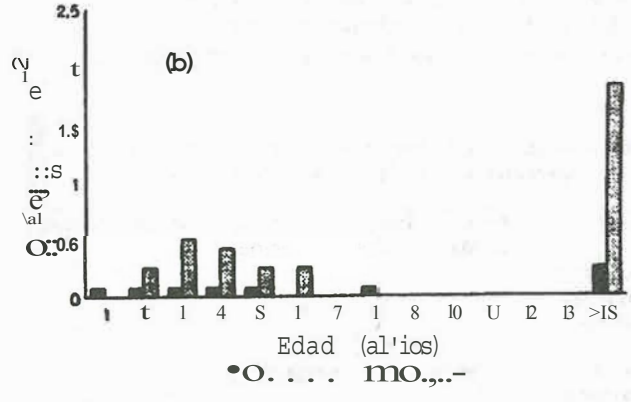
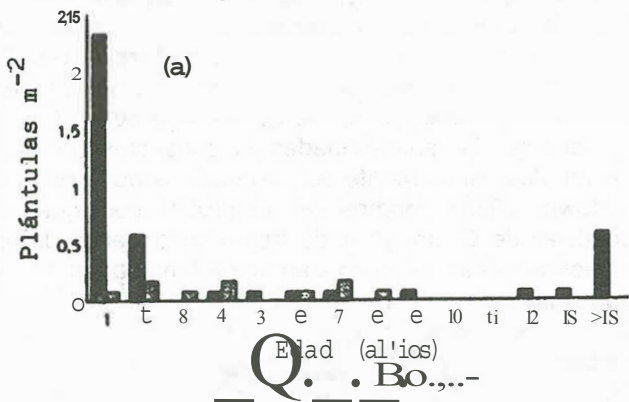


FIGURA 5. Distribución de plántulas de encino por edad: a) bosque de encino; b) bosque de oyamel-encino, c) bosque de oyamel, y d) bosque de pino-encino.

## FACTORES DE DAÑO Y MORTALIDAD DE PLÁNTULAS DE ENCINOS

Las plántulas que fueron arrancadas agruparon las que se encontraron aparentemente intactas en el sitio, pero fueron desenterradas. Las defoliadas mostraron evidencias de ramoneo por herbívoros, ya sea mamíferos o larvas de insectos, pero se encontraron sin hojas y aparentemente muertas; esta categoría mostró 23% del total de plántulas muertas (Cuadro 4). Las desaparecidas comprendieron plántulas que no se encontraron en el sitio donde habían sido registradas y marcadas previamente: en ocasiones sólo se encontró la etiqueta y en otras ni rastro de ésta. Las plántulas secas estuvieron comprendidas por aquellas que se encontraron deshidratadas totalmente y muertas, sin otro daño aparente. Los resultados parecen indicar que la mayoría de las plántulas de encino que murieron (60 %) se debió a la escasez de humedad {plántulas secas}, lo cual ocurrió con mayor frecuencia de diciembre a mayo que coincidió con la época más seca del año {Cuadro 4}. Así, plántulas defoliadas y secas comprendieron 83% de las muertas, lo cual concuerda con Christensen y Müller (1975) y Cook (1979), quienes consignan que el daño por herbívoros y por estrés hídrico, respectivamente, son las principales causas de muerte de plántulas en especies arbóreas.

**CUADRO 4. Causas aparentes de mortalidad de plántulas de *Quercus* registradas en la Sierra de Pachuca, Hgo.**

Especie	Arran-cadas	Defolia-das	Desapa-recidas	Secas	Suma
<i>Q. crassifolia</i>	2	0	1	4	7
<i>Q. crassipes</i>	1	0	0	4	5
<i>Q. glabres-cens</i>	0	0	0	0	0
<i>Q. laurina</i>	1	2	0	2	5
<i>Q. mexicana</i>	1	6	3	17	27
<i>Q. rugosa</i>	0	4	0	5	9
<b>Suma</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>53</b>
<b>%</b>	<b>9.4</b>	<b>22.6</b>	<b>7.5</b>	<b>60.4</b>	<b>100.0</b>

## DISTRIBUCIÓN DE PLÁNTULAS POR EDAD

La edad de las plántulas de encinos registradas varió de uno a más de 13 años. De acuerdo con su distribución por edad, se encontraron diferentes proporciones en los tipos de vegetación analizados, de manera semejante que en el nivel de especies (Figura 5). Esto parece indicar una prevalencia de variadas condiciones ambientales para las plántulas de encinos, entre las cuales destacan factores de mortalidad en diferentes edades. El bosque de encino presentó plántulas de más edades (Figura 5<sup>a</sup>), pero buen número de ellas parecen morir en los primeros dos años de edad. En cambio, el bosque de oyamel

mostró menor número de edades representadas, lo cual podría indicar una sobrevivencia pobre de plántulas de encino (Figura 5c). Sin embargo, queda la duda si las plántulas establecidas de *Nothofagus fusca* de menos de 50 cm de altura comúnmente alcanzan 25 años de edad.

De acuerdo con lo antes dicho, las plántulas de los primeros dos o tres años de edad parecen ser las más susceptibles a factores de mortalidad que las de mayor edad. Por tanto, la sobrevivencia de plántulas de encino parece ser dependiente de la edad. Según Silvertown (1982), la mortalidad de plántulas de la mayoría de las especies arbóreas disminuye con la edad, pero hay especies en las cuales la mortalidad no está distribuida homogéneamente en plántulas de distintos grupos de edad, además de que podría ser diferencial (Mulcahy, 1975). Sosa y Puig (1987) encontraron mayor mortalidad en plántulas de alrededor de tres años de edad en *Q. germana* y de un año en *Q. sartorii* de Tamaulipas.

La menor mortalidad (o mayor sobrevivencia) en plántulas de encinos de mayor edad pueden tener una explicación en las características morfológicas y fisiológicas propias de cada grupo de edad y especie. Las plántulas de encinos se caracterizan por tener un desarrollo radical relativamente rápido (Zavala y García, 1996), de tal modo que la capacidad de absorción de la humedad del suelo aumenta conforme aumenta la edad. Además, se sabe que las enfermedades y los insectos que atacan los árboles comúnmente son específicos de la edad (Silvertown, 1982). Momen *et al.* (1994) consignan que plántulas de *Q. douglasii* de tres a cuatro años de edad muestran raíces que alcanzan tal profundidad en el suelo que reducen la competencia con especies del sotobosque o del estrato rasante. De esa manera abaten los efectos por competencia por algún recurso, aunque algunas especies reducen la actividad y permanecen en reposo aparente por varios años ("síndrome de Oskar") (Silvertown, 1982).

Lo anterior concuerda con lo registrado en el presente estudio, pues plántulas de los primeros años de edad parecen representar una de las fases más críticas en la regeneración de encinos en el área de estudio, debido a que en esas edades hay mayor número de muertes; el riesgo de muerte puede disminuir con la edad. Es posible que las plántulas desarrollen rebrotes a partir de raíz, lo cual podría contrarrestar el efecto de mortalidad en la regeneración. Plántulas del encino azul (*Q. douglasii*) han mostrado rebrotes al perder completamente el vástago, lo cual ha sido reiterativo después de muertes sucesivas de tal parte aérea (Swiecki *et al.*, 1991). Esto fue observado en el área de estudio, en la cual fueron registrados rebrotes de raíz de plántulas de *Q. rugosa* (Zavala y Gar-

cia, 1997). Swiecki *et al.* (1991). Sugieren que dicha respuesta es una adaptación que permite a plántulas de encino persistir por años bajo los árboles maduros y así constituirse en una fuente importante de regeneración. Esta propuesta puede ser considerada como una hipótesis que permite explicar la regeneración de encinos en áreas cuyas condiciones aparentemente son inadecuadas para ellos, la cual podría complementar o ser otra alternativa del "síndrome de Oskar" (Silvetown, 1982).

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. *Q. mexicana* y *Q. rugosa* fueron las dos especies de encinos que destacaron por la alta producción de plántulas en el área de estudio.
2. La incorporación de plántulas fue el proceso prevalente en los tipos de vegetación estudiados, en tanto que la mortalidad fue, en general, baja en plántulas de encino.
3. La mortalidad de plántulas de encino ocurrió en las de menor edad, lo cual corrobora los resultados obtenidos por otros autores.
4. La escasez de humedad en el suelo y la presencia de herbívoros (mamíferos y larvas de insectos) son los causales aparentes de la mortalidad de plántulas de encinos en el área de estudio, evidenciados por la presencia de plántulas secas y la de plántulas defoliadas, respectivamente.
5. El estudio tendiente al conocimiento de la dinámica de plántulas de encino podría basarse en una metodología que incluya mayor superficie de muestreo y un tiempo más prolongado.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma Chapingo el apoyo otorgado para el presente trabajo mediante los proyectos 9201019, 49901005 y 5901001, y al Colegio de Postgraduados por el apoyo complementario. Se agradece especialmente a los hermanos Juan José y José Alberto Mata Prieto, del Rancho San Felipe, Real del Monte, Hgo., las facilidades al proporcionar su predio, sin lo cual no hubiese sido posible efectuar este trabajo.

### LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1982. Carta topográfica F14D81 (Pachuca) Escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D. F.
- ANÓNIMO. 1992. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. Instituto

Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. 134 p. + Apéndices.

- COOK, R. E. 1979. Patterns of juvenile mortality and recruitment in plants. In: Solbrig, O. T.; S. Jain, G. Johnson; P. H. Raven (eds.). Topics in plants population biology. Columbia University Press. New York. Pp. 207-231.
- CRISTENSEN, N. L.; MÜLLER, C.H.. 19975. Relative importance of factors controlling germination and seedling survival in *Ade-nostoma* chaparral. American Naturalist 93: 71-78.
- FONT QUER P. 1953. Diccionario de Botánica. Labor. Barcelona. 1244 p.
- HARMER, R.; KERR, G.; FISHER, D. 1994. The potential for natural regeneration of broadleaves forests in Central Southern England. Quarterly Journal of Forestry 84 (4): 297-302.
- LORIMER, C. G. 1993. Causes of the oak regeneration problem. In: Loftis, D. y C. E. McGee (eds.). Oak regeneration: serious problems, practica recomendations. Symposium Proceedings; 1992 September 8-10; Knoxville, Tennessee. Center for Oak Studies. Gen. Tech. Rep. SE-84. Asheville, NC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Pp. 14-39.
- MALLIK, A. U.; ROBERTS, B.A. 1994. Natural regeneration of *Pinus resinosa* on burned and unburned siles in Newfoundland. Journal of Vegetation Science 5: 179-186.
- MEDINA, J.M.; RZEDOWSKI, J. 1981. Guía botánico-forestal de la parte alta de la Sierra de Pachuca. In: Anónimo (ed.) guías botánicas de excursiones en México IV. Sociedad Botánica de México, A. C. México, D. F. pp. 1-19. 1-vi.
- MOMEN, B.; MENKE, W.; WELKER, J.M.; RICE, K.J.; CHAPIN 111, F.S. 1994. Blue-oak regeneration and seedling water relations in *tour* siles within a California oak savanna. International Journal of Plant Sciences 155 (6): 744-749.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H.E. 1974. Aims and methods of vegetation ecology John Wiley and Sons. New York. 376 p.
- MULCAHY, D. L. 1975. Differential mortality among cohorts in a population of *Acer saccharum* (Aceraceae) seedlings. American Journal of Botany 62 (4): 422-426.
- NEGI, A. S.; NEGI, G.C.S.; SINGH, S.P. 1996. Establishment and growth of *Quercus floribunda* seedlings after a mast year. Journal of Vegetation Science 7:559-564.
- OGDEN, J. 1985. Past, present and futura; studies on the population dynamics of some long-lived trees. In: White, J. (ed.). Studies on plant demography. Academic Press. Florida. Pp. 3-16.
- QUINTANA-ASCENCIO, P; GONZÁLEZ-ESPINOSA, F. M.; RAMÍREZ-MARCIAL, N. 1992. Acom removal, seedling survivorship, and seedling growth, of *Quercus crispipilis* in successional forest of the highlands of Chiapas, México. Bulletin of the Torrey Botanical Club 119 (1): 6-18.
- RAMIREZ-MARCIAL, N.; GONZÁLEZ-ESPINOSA, M; GARCIA-MOYA, E. 1996. Establecimiento de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. en matorrales y pastizales de Los Altos de Chiapas, Mexico. Agrociencia 30: 249-257.

- SILVERTOWN, J. W. 1982. Introduction to plant population ecology. Longman. New York. 209.p.
- SOSA, V.J.; PUIG, H. 1987. Regeneración del estrato arbóreo en el bosque mesófilo de montaña. *In:* Puig, H. Y R. Bracho (eds.). El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. pp. 107-131.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill Bogotá 420 p.
- SWIECKI, J. S.; BERNHARDT, E.A.; ARNOLD, R.A. 1991. Insect and disease impacts on blue oak acorns and seedlings. *In:* Standiford, R. B. (tech. Coord.). Proceedings of the Symposium on oak woodlands and hardwood rangeland management. October 31- November 2, 1990; Davis, California. Gen. Tech. Rep. PSW-126. Berkeley, C.A.; Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Pp. 149-155.
- ZAVALA CH., F. 1995. Encinos hidalguenses. Dirección de Difusión Cultural, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 133 p.
- ZAVALA CH., F.; GARCIA-MOYA, E. 1996. Frutos y semillas de encinos. Dirección de Difusión Cultural, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 p.
- ZAVALA CH., F. y GARCIA-MOYA, E. 1997. Plántulas y rebrotes en la regeneración de encinos en la Sierra de Pachuca, Hidalgo. *Agrociencia* 31 (3): 323-329.