



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *QUERCUS*
GLAUCOIDES EN UN PASTIZAL DEGRADADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

GLORIA YADIRA GÓMEZ CIRILO



DIRECTOR DE TESIS:
DRA. MARÍA DEL CONSUELO BONFIL
SANDERS

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno

Gómez

Cirilo

Gloria Yadira

58 55 65 59

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Bióloga

099106614

2. Datos del Asesor

María del Consuelo

Bonfil

Sanders

3. Sinodal 1

Dra

Ana Elena

Mendoza

Ochoa

4. Sinodal 2

Dra

María de los Ángeles

Saldaña

Acosta

5. Sinodal 3

Dra

Silvia

Castillo

Argüero

6. Sinodal 4

M en C

Pedro Eloy

Mendoza

Hernández

7. Datos de la tesis

Establecimiento de plántulas de *Quercus glaucoides* en un pastizal degradado.

48 p.

2010

Agradecimientos

Esta parte de la tesis es la más difícil de escribir, pero lo intentaré.

Primeramente agradezco a la vida que me ha permitido llegar hasta este momento teniendo fortaleza física y, aunque en menor medida, equilibrio mental.

A mis padres, Gloria y Manuel, que con su apoyo logré superar la ignorancia secular y espiritual.

A mi hermana Liliana que con su ejemplo de fortaleza me ayudo a ser más fuerte.

A mi eterno amor, el Dr. Hugo, que me enseñó a tener confianza en mi misma y con quien tuve el privilegio de dar vida al maravilloso ser que es Harumy.

Agradezco a mi consejera, tutora y también amiga la Dra. María del Consuelo Bonfil Sanders por su guía en la elaboración de la tesis, en las salidas al campo y en las cosas personales.

Gracias a mis compañeros del Laboratorio de Ecología de Poblaciones por su apreciable ayuda en el campo y por las experiencias que tuvimos en el.

A la Dra. María de los Ángeles Saldaña, Dra. Ana Mendoza, Dra. Silvia Castillo y al M. en C. Pedro E. Mendoza por las valiosas aportaciones a este trabajo y por ser miembros del Jurado del mismo.

A los proyectos de investigación PAPIIT-DGAPA-IN231802-3 y Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano SDEI-PTID-02 por el apoyo económico para llevar a cabo esta tesis.

A todos los que con su apoyo formaron parte de este sueño.

ÍNDICE

Resumen	
Capítulo I. Introducción	2
I.1) La Restauración Ecológica	3
I. 2) El género <i>Quercus</i>	5
Capítulo II. Antecedentes	6
II. 1) El efecto de los pastos en la regeneración y establecimiento de plántulas de especies arbóreas	6
II. 2) Efecto de la sombra en el establecimiento de especies arbóreas	7
II. 3) Objetivos	10
Capítulo III. Métodos	11
III. 1) Descripción de la especie	11
III. 2) La zona de estudio	12
III.2.a) Localización	12
III.2.b) Suelos	12
III.2.c) Hidrología	13
III.2. b) Clima	13
III.2. c) Vegetación	14
III. 3) Diseño experimental y análisis de datos	16

Capítulo IV. Resultados	20
IV. 1) Supervivencia	20
IV.1.a) Supervivencia de las plántulas afectadas por el incendio	23
IV. 2) Crecimiento aéreo	23
IV.2.a) Área basal	23
IV.2.b) Altura	24
IV.2.c) Área basal y altura de las plántulas afectadas por el incendio	26
IV. 3) Biomasa por parcela	26
Capítulo V. Discusión y Conclusiones	27
V. 1) Supervivencia	27
V. 2) Crecimiento aéreo	29
V. 3) Supervivencia y crecimiento de las plántulas afectadas por el incendio	30
V. 4) Conclusiones	32
Literatura citada	34

Resumen

Las áreas degradadas pueden ser abandonadas para que la vegetación se restablezca por la sucesión natural o pueden ser restauradas mediante la reintroducción de plantas nativas que reduzcan la erosión del suelo e incrementen la diversidad biológica. En el presente trabajo se reintrodujeron 180 plántulas de *Q. glaucoides* sometidas a dos condiciones de radiación (expuesta y sombra), y dos tratamientos de eliminación de pasto (herbicida y eliminación manual), en un pastizal inducido del NO de Morelos, del cual se excluyó previamente al ganado. La supervivencia de las plántulas en una temporada de crecimiento no varió significativamente en ambas condiciones de radiación (54 y 50%, respectivamente). En cuanto al crecimiento, el área basal de las plántulas expuestas a la radiación fue ligeramente mayor que en las sombreadas (0.83 y 0.52 mm², respectivamente), sin que las diferencias debidas a los tratamientos fueran significativas. Se presentaron decrementos en la altura de las plántulas en todos los tratamientos, por la muerte de la porción superior del tallo. La presencia de un incendio accidental en la zona de estudio mostró que las plántulas tienen la capacidad de rebrotar en respuesta al fuego, pero la supervivencia de las plántulas que no fueron alcanzadas por el incendio fue superior a la de las plántulas afectadas por el mismo.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

En muchos ecosistemas terrestres, las actividades humanas han interferido con los procesos de regeneración natural de la vegetación. El uso agrícola, el establecimiento de potreros para el ganado y la extracción masiva de productos forestales –ya sea para uso local o con fines comerciales–, tanto en las selvas como en los bosques, han provocado una dramática reducción de su extensión. Actualmente, la superficie mundial de tierras degradadas debido a las actividades agrícolas se ha calculado en 12.4×10^6 km², la mayoría de las cuales han sido abandonadas después de algunos años debido a su baja productividad (FAO 2004).

En México, extensas superficies antes ocupadas por bosques y selvas han sido transformadas en pastizales para la cría de ganado vacuno. De hecho, la transformación ganadera es el principal factor asociado al cambio de uso de suelo del país, ya que cerca de 110 millones de hectáreas, en su mayoría en zonas áridas y semiáridas, se utilizan para la ganadería de forma permanente o estacional. Cerca de 107.8 millones corresponden a praderas, pastizales y matorrales y más de 2 millones son terrenos agrícolas dedicadas al cultivo de forrajes para animales. Estos cambios en el uso del suelo afectan sustancialmente algunos atributos del suelo esenciales para el desempeño de las plantas, tales como su estructura, capacidad de regulación del ciclo hídrico, la biodiversidad edáfica y los almacenes de carbono (Semarnat y PNUD 2005, Balvanera y Cotler 2009).

En el caso de los bosques tropicales secos del país se ha estimado una tasa de deforestación anual de 1.9% (Maser et al. 1997), mientras que a nivel mundial se calcula que se ha modificado 78% de su área original (Houghton et al., 1991). En México el bosque tropical seco de mayor extensión es la Selva Baja Caducifolia (SBC). Rzedowski (1978) reportó que ésta cubriría potencialmente el 14% del territorio nacional, sin embargo, a principios de la década de los 90, únicamente el 27% de la cobertura potencial permanecía sin alteraciones, otro

porcentaje igual correspondía a selvas considerablemente alteradas y fragmentadas y el resto estaba severamente degradado o tenía otro uso (Trejo y Dirzo 2000).

En el estado de Morelos los dos tipos principales de vegetación son los bosques templados y la SBC. Se ha estimado que esta última ocupaba originalmente 2843 km², pero ya en 1989 sólo permanecía el 38% de dicha superficie. De los 1096 km² cubiertos con vegetación, el 17% estaba perturbado y el 31% degradado, y la tasa de deforestación se calculó en 1.4% anual (Trejo y Dirzo 2000). En la actualidad la mayor parte de la vegetación persiste en forma de parches aislados con diversos estados de perturbación.

La Restauración Ecológica

Se han diferenciado tres formas de recuperar un ecosistema degradado: la restauración, la rehabilitación y la reclamación. La restauración busca retornar un ecosistema a su estado original o a uno parecido a éste, la rehabilitación intenta convertirlo en un ecosistema funcional aun cuando sea diferente al original, y por último, la reclamación modifica la composición y estructura del ecosistema perturbado para detener el deterioro y restablecer algunos atributos funcionales (Lamb 1998).

La Sociedad para la Restauración Ecológica (Ehrenfeld-Joan 2000), incluyó estas tres definiciones en una sola, y estableció que la restauración es “el proceso de apoyar la recuperación de un sistema que ha sido degradado, dañado o destruido”. Para cumplir este objetivo es necesario tener conocimientos sobre las interacciones ecológicas entre los diferentes elementos de la vegetación y la fauna, cómo estos afectan al suelo, a los ciclos de nutrientes, la filtración y la captación de agua (van de Koppel et al. 1997).

En general, en los proyectos de restauración se emplean arbustos o árboles de especies nativas, ya que están adaptados a las condiciones climáticas y edáficas de la zona (Vázquez-Yañes y Batis 1996; Lamb y Gilmour 2003). Sin embargo, el establecimiento de estas especies resulta difícil ya que las condiciones de los sitios a restaurar difieren mucho de las que se encuentran en los sitios sin alteración donde ocurre la regeneración natural de la vegetación, por ejemplo, la radiación, la evaporación del agua del suelo, la variación de la temperatura y el banco de semillas de malezas son mucho mayores en los campos agrícolas o potreros abandonados recientemente (Aronson et al. 1998, Rey Benayas 1998, Rey Benayas et al. 2002). En los bosques tropicales secos, la marcada estacionalidad representa otra barrera para el establecimiento de la vegetación, ya que el periodo favorable para el establecimiento y crecimiento de plántulas se limita a la temporada de lluvias, mientras que en la temporada de secas se registra una alta mortalidad (Khurana y Singh 2001). Debido a que los esfuerzos de investigación y conservación se han centrado en los bosques tropicales húmedos (Meli 2003), es importante considerar que el restablecimiento de la vegetación en el contexto de la restauración requiere del estudio de la regeneración natural de la vegetación y de las condiciones que limitan el establecimiento de diversas especies arbóreas en los ecosistemas tropicales secos.

Como parte de los proyectos de restauración de ecosistemas tropicales secos, en 2003 se estableció en Morelos la Estación de Restauración Ecológica Barranca del Río Tembembe (EREBRT; Bonfil et al. 2004, 2009), ubicada en 90 ha de tierras comunales de la comunidad indígena de Cuentepec, en el noroeste del estado. En ella se pretende restablecer las comunidades vegetales originales, así como recuperar el funcionamiento del ecosistema y los servicios ambientales.

El encino *Quercus glaucoides* es una especie arbórea característica de las zonas de transición de bosque templado a SBC en muchas partes del país, y se encuentra presente en la estación de restauración (CETENAL 1976). Debido al

cambio del uso del suelo y a la extracción de madera en la zona, la superficie antes ocupada por esta especie se ha reducido, permaneciendo solamente manchones en lugares de difícil acceso y en pendientes pronunciadas (García-Flores 2008).

El género Quercus

Entre los géneros de la familia Fagaceae, *Quercus* es el de más amplia distribución, ya que se encuentra en todos los bosques templados del hemisferio norte, así como en algunas zonas tropicales y subtropicales del mismo. En los bosques templados, se encuentra formando comunidades puras o asociados con coníferas; sin embargo, también pueden presentarse en regiones de clima cálido, húmedo e incluso semiárido, formando parte del bosque mesófilo de montaña, el matorral xerófilo, los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios, pastizales y palmares (González-Rivera 1993).

Se reconocen dos centros de diversidad del género, uno en el sureste de Asia y el otro en México, y se estima que existen más de 600 taxa específicos en todo el mundo. El número de especies presentes en México varía entre 135 y 161 según el autor (González Rivera 1993, Nixon 1993, Valencia Ávalos 2004); el 68% de las especies de *Quercus* presentes en el país son endémicas (Rzedowski 1991). Esta gran diversidad se atribuye a tres factores: la compleja fisiografía de las cordilleras donde se distribuye; los cambios climáticos del Pleistoceno, que provocaron el desplazamiento y fragmentación de la biota y la gran variabilidad del género (Valencia Ávalos 2004).

En México se considera a los encinos el grupo forestal más importante después de las coníferas. Generalmente son aprovechados para obtener leña y carbón. Sin embargo, el cambio en el uso del suelo ha generado diferentes grados de perturbación, afectando considerablemente sus áreas de distribución y su abundancia. Los bosques de encinos caducifolios, como los que se presentan en

el noroeste de Morelos, son importantes tanto por su extensión y diversidad, como por su significancia ecológica para la sociedad, por ello es de suma importancia generar conocimientos que guíen las acciones de conservación y restauración de los mismos.

CAPITULO II. Antecedentes

Efecto de los pastos en la regeneración y el establecimiento de plántulas de especies arbóreas.

Holl (2000) sometió a revisión los resultados de cinco años de experimentos en pastizales abandonados en Costa Rica, con el fin de analizar qué factores limitan la recuperación del bosque tropical en campos abandonados, y cómo usar esta información en la planeación de estrategias efectivas de restauración. Sus resultados indican que los factores más importantes son la pérdida de agentes dispersores de semillas y la competencia de plántulas de especies nativas con los pastos exóticos. La alta depredación y la baja germinación de semillas, la pérdida de nutrientes, la alta radiación y la herbivoría por roedores también afectan la recuperación. Otros estudios, realizados en la selva Amazónica, han mostrado que el establecimiento, el crecimiento y la abundancia de plántulas nativas aumentan significativamente cuando los pastos son eliminados, lo que indica un efecto importante de competencia por recursos entre las plántulas y el pasto (Ganade y Brown 2002).

En estudios realizados en una selva tropical húmeda en Marqués de Comillas, Chiapas, se encontró que la eliminación del pasto aumentó significativamente la presencia de tallos de especies nativas de árboles y arbustos en campos ganaderos, situados a 500 m o menos de remanentes de selva madura (Rodríguez-Velázquez 2005). En la misma región García-Orth y Martínez Ramos (2009) encontraron una mayor supervivencia de plántulas del árbol pionero *Trema micrantha* en campos ganaderos cuando el pasto fue eliminado que cuando éste se mantuvo (control), y concluyen que el trasplantar las plántulas en la vecindad de árboles aislados y remover completamente el pasto puede incrementar el éxito en el establecimiento.

Sin embargo, el efecto del pasto en las plantas de especies arbóreas introducidas es un tema controvertido. Chapman et al. (2002) no encontraron diferencias en el número de tallos de especies nativas ni en el número de especies en sitios control y sitios con remoción de pastos en una plantación abandonada de pinos en Uganda, y concluyeron que la eliminación de pastos debe ser evaluada antes de hacer recomendaciones de manejo, ya que en este caso no sirvió para promover la regeneración de especies nativas. Entre los efectos positivos de los pastos se ha mencionado que pueden contribuir a mantener la humedad en el suelo, creando un microambiente favorable para el establecimiento de plántulas de especies nativas (Zimmerman et al. 2000). En aéreas abiertas el pasto proporciona sombra y reduce la evaporación, incrementa la capacidad de infiltración del suelo y la cantidad de materia orgánica (Valladares y Pugnaire 1999).

Para la eliminación de pastos pueden emplearse métodos manuales (corta con machete o azadón) o métodos químicos (herbicidas). Baer y Groninger (2004) reportan que el uso de herbicidas no dañinos para las plantas leñosas es una práctica que aumenta la diversidad y abundancia de especies nativas en las zonas templadas. El herbicida más comúnmente utilizado en los programas de control de pasto es el Glifosato (Roundup o Faena), el cual es un herbicida post-emergente, con baja toxicidad y actividad en el suelo (González Díaz 2002).

Efecto de la sombra en el establecimiento de especies arbóreas

La radiación directa puede limitar la supervivencia y el crecimiento de las plántulas en ambientes secos o estacionalmente secos, por la reducción del agua contenida en el suelo a través de la evaporación y la transpiración. Por ello, la sombra puede tener un efecto positivo directo en el establecimiento de las plántulas (Rey Benayas et al. 2005).

En California se ha reportado que las plántulas de *Q. douglasii* no sobreviven en áreas totalmente abiertas en un clima mediterráneo, mientras que en microambientes con pasto y arbustos la supervivencia se favorece (30-50% anual; Callaway y D'Antonio 1991). Otros estudios han mostrado que la sombra aumenta el éxito en el establecimiento y la supervivencia de plántulas de *Quercus* (Bonfil y Soberón 1999, Bonfil y Peña-Ramírez 2000). Tlapa (2005), encontró también un efecto positivo de la sombra en plántulas de *Quercus glaucooides*, al reducir la temperatura y el estrés hídrico. Sin embargo, las condiciones de sombra pueden ser inapropiadas para el crecimiento posterior de las plántulas, una vez superadas las etapas iniciales del establecimiento (Quintana- Ascencio et al. 1992, Davis et al. 1999).

Puerta-Piñero et al. (2007) mostraron que la radiación afecta significativamente la supervivencia y el crecimiento de plántulas de *Quercus ilex* (a mayor radiación menor supervivencia), mientras que el crecimiento se favorece con niveles intermedios de radiación. En el mismo sentido, Castro et al. (2004) mostraron que los arbustos que actúan como nodrizas favorecen el establecimiento de plántulas de dos especies de pinos en la zona mediterránea, y argumentan que el efecto benéfico de las plantas nodriza se debe a que modifican los factores abióticos, al brindar sombra y mejorar el estatus hídrico de las plántulas, reduciendo la mortalidad en la época de mayor calor y escasez de agua (Cabrera et al. 1998).

Las investigaciones al respecto en bosques tropicales secos de México son aún escasas. Huante y Rincón (1998) encontraron que en Chamela las especies de lento crecimiento resultan favorecidas cuando disminuyen los niveles de radiación, mientras que las especies de rápido crecimiento responden positivamente a la exposición total a la radiación solar.

El estudio de los factores que influyen en la regeneración y el establecimiento de las plántulas de especies nativas es esencial para dirigir las

acciones de restauración y conservación de los ecosistemas. Los estudios sobre biología, taxonomía, ecología, manejo y conservación del género *Quercus* en México son escasos, por lo que resulta indispensable conocer los requerimientos necesarios para la supervivencia y el crecimiento de las plántulas de diferentes especies de este género, lo que permitirá implementar estrategias exitosas para su reintroducción en programas de restauración ecológica en áreas perturbadas (Bonfil y Soberón 1999).

Con base en lo anterior, en este trabajo se consideró importante conocer qué efectos tienen la sombra parcial y la eliminación del pasto en la supervivencia y el crecimiento de plántulas de *Quercus glaucoides*, al ser reintroducidas en un pastizal degradado, con la finalidad de contribuir al diseño de estrategias para la restauración y manejo de la vegetación en la Estación de Restauración Ecológica Barranca del río Tembembe.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de distintos tratamientos de eliminación del pasto y dos diferentes niveles de radiación en la supervivencia y el crecimiento aéreo de plántulas de *Quercus glaucoides* introducidas en un pastizal en Cuentepec, Morelos, para aportar conocimientos que contribuyan al éxito en la reintroducción de ésta y otras especies arbóreas en la EREBRT.

Objetivos Particulares

1. Evaluar el efecto de la sombra parcial en la supervivencia y el crecimiento aéreo de plántulas de *Q. glaucoides*.
2. Analizar el efecto de la eliminación de pasto de forma manual y química en la supervivencia y el crecimiento aéreo de las plántulas *Q. glaucoides*.
3. Contribuir al conocimiento de la reintroducción de *Q. glaucoides* en ecosistemas degradados, tales como la EREBRT.

CAPITULO III. MÉTODOS

Descripción de la especie

Quercus glaucoides es una especie característica de las zonas de transición de bosques templados hacia el bosque tropical caducifolio. Su intervalo altitudinal va de 930 a 2500 m s.n.m. Se distribuye en las montañas del centro y sur de México y se ha registrado su presencia en 17 estados de la República Mexicana (González-Rivera 1993; Nixon 1993)

Se puede encontrar en climas cálidos y secos, ocasionalmente húmedos y expuestos; en suelos calizos, pedregosos y arcillosos, la mayoría de las veces con poco humus. Se encuentra asociado con otros encinos, frecuentemente con *Q. acutifolia*, *Q. laeta*, *Q. conspersa*, *Q. magnolifolia* y *Q. resinosa*. Especies de los géneros *Bursera sp.*, *Opuntia sp.*, *Acacia sp.*, *Brahea dulcis*, *Ipomoea arborea* y otros elementos de las familias *Bignoniaceae*, *Gramineae*, *Umbelliferae* y *Rubiaceae*, también están asociados a los encinares secos (Valencia Ávalos 1992, Vázquez 1992). Los árboles son deciduos, de entre 3 y 4 m, aunque llegan a medir hasta 15 m de altura. Florece de marzo a mayo y fructifica de junio a noviembre; presenta frutos anuales solitarios o en grupos de 2-4 cúpulas hemisféricas (Valencia Ávalos 1992, Vázquez 1992) (Figura 1).



Figura 1. Individuos adultos y frutos de *Q. glaucoides* localizados en parches de vegetación remanente en la Estación de Restauración Ecológica Barranca del Rio Tembembe (EREBRT).

La zona de estudio

Localización

La zona de estudio se localiza en el norponiente de Morelos, en los límites con el estado de México ($18^{\circ} 51' 0''$ Norte, $99^{\circ} 20' 0''$ Este). La EREBRT se ubica en terrenos comunales del poblado de Cuentepec, en el municipio de Temixco (Figura 2), y tiene una extensión aproximada de 97 ha. La altitud varía entre 1555 m en el extremo sur de la estación y 1745 m en la parte norte.

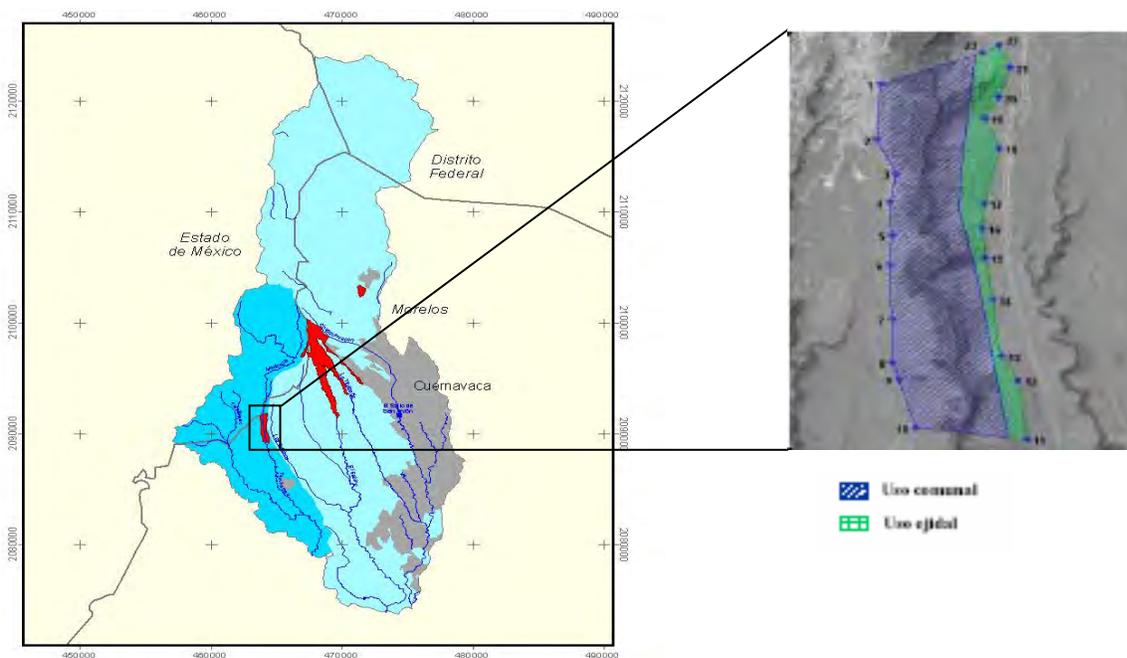


Figura 2. Mapa de localización de la EREBRT.

Suelos

El área de estudio pertenece a la formación Cuernavaca, que consiste en afloramientos de rocas ígneas intrusivas y extrusivas (Fries 1960), cuya edad abarca del Plioceno superior al Cuaternario (Ortiz 1978). De acuerdo con el sistema de clasificación de la FAO/UNESCO (1970), modificado por CETENAL

(1976), la EREBRT presenta como unidad dominante al feozem háplico, suelo con una capa superficial blanda de color oscuro, rica en materia orgánica y nutrimentos (Aguilera 1989). Se encuentra lecho rocoso entre los 10 y 50 cm de profundidad. También se presentan Leptosoles, suelos que se caracterizan por tener una profundidad menor a 25 cm, seguida de una capa continua cementada, de tipo duripán, un alto contenido de fragmentos gruesos y poca capacidad de retención de humedad.

Hidrología

La cuenca hidrológica en que se ubica la zona de estudio es de tipo exorreica y pertenece a la Región Hidrológica No. 18 Río Balsas, en la cuenca río grande de Amacuzac 18FF (subcuenca intermedia, Río Alto Amacuzac); la corriente principal es un afluente derecho del Río Balsas y se origina en el Nevado de Toluca a una altitud de 2,600 m. (Gómez 2003). El río Mexicapa (nombre que recibe el río Tembembe en la parte que corresponde al Estado de México) desciende de la Sierra de Ocuilan, cambiando a Tembembe en el contacto litológico de las formaciones de Tepoztlán y Cuernavaca; este río es el que separa a las laderas de la EREBRT. En la parte occidental del glacis de Buenavista, se une al río Chalma después de cruzar Mazatepec, para posteriormente internarse en la cuenca del Alto Amacuzac (Aguilar 1990).

Clima

En la estación meteorológica del poblado de Ahuatenco (al norte de la EREBRT), se registra una temperatura media anual de 17.5°C y una precipitación anual de 1,166 mm, clima templado subhúmedo (el más húmedo de los subhúmedos) Cb(w2)(w)(i)g; en la de Cuentepec (al sur de la EREBRT) se registra una temperatura media anual de 21.6°C, una precipitación anual de 961 mm y clima semicálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos A(C)wo(w)w'(i)g (Camacho-Rico 2004). En ambos sitios se presenta una estacionalidad de lluvias marcadas con una época de secas de noviembre a mayo. Es de suponerse que

tanto la temperatura como la precipitación tengan valores intermedios a la altura de la EREBRT, situada entre ambas.

Vegetación

La zona del glacís de Buenavista está surcada por numerosas barrancas, que descienden en paralelo desde la sierra de Zempoala hasta la sierra de Xochicalco; en la parte norte de este espacio se encuentran bosques templados y en su parte sur selva baja caducifolia. La subcuenca media alta del río Tembembe está compuesta de tres comunidades vegetales: Bosque de Coníferas, Bosque de *Quercus* y remanentes de Selva Baja Caducifolia. En las laderas de las cañadas se conserva mejor esta última asociación vegetal y en los fondos se conservan algunos bosques ribereños (Aguilar 1999, Camacho-Rico et al. 2006). La flora registrada en la EREBRT consiste de 42 familias, 98 géneros y 153 especies, siendo Leguminosae la familia representativa con 25.5% de las especies, seguida de Asteraceae con el 15 %. Las especies con mayor valor de importancia son: *Chiococca alba*, *Ateleia pterocarpa*, *Bursera fagaroides*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Lantana hispida*, *Quercus glaucooides*, *Salvia sessei* y *Acacia farnesiana* (García-Flores 2008).



Figura 3. Vista de la Barranca del Río Tembembe, con parches remanentes de vegetación arbórea, incluyendo bosques de *Quercus glaucooides*.

Los terrenos de la estación y sus alrededores han sido utilizados para el pastoreo de ganado vacuno por muchos años. Algunas fuentes indican que desde el siglo XVII prácticamente la totalidad del territorio de Cuentepec estaba repartido en estancias ganaderas, y se describe que las tierras “son pedregosas y lomas que no se puede sembrar en ellas, que sólo para pastos sirven” (Alavez-Vargas 2010). Actualmente la mayor parte de la estación está cubierta por pastizales inducidos, y existen algunos parches de vegetación bien conservada que se encuentran en sitios de difícil acceso (Bonfil et al. 2004; Camacho-Rico et al. 2006).

Diseño experimental y análisis de datos

La plantación experimental se llevó a cabo en tres parcelas de la EREBRT excluidas del ganado. Cada una tiene una superficie de aproximadamente 2000 m². Dos de éstas (denominadas P1 y P2) se encuentran ubicadas en el pie de ladera de la barranca, donde el suelo es profundo (aprox. 80 cm), poco permeable y con alta cantidad de arcillas. La tercera parcela (P3), ocupa parte del hombro de ladera, relativamente plano, y con una porción convergente a ladera convexa. Tiene un suelo menos profundo, entre 30 y 40 cm, y mejor drenaje del agua (Ayala 2008; Figura 4).

Cabe mencionar que estas características de las topoformas en cada parcela, son meramente ilustrativas y no fueron tomadas en cuenta como un factor en los análisis, aunque podrían estar relacionadas con la supervivencia de las plántulas en cada parcela.

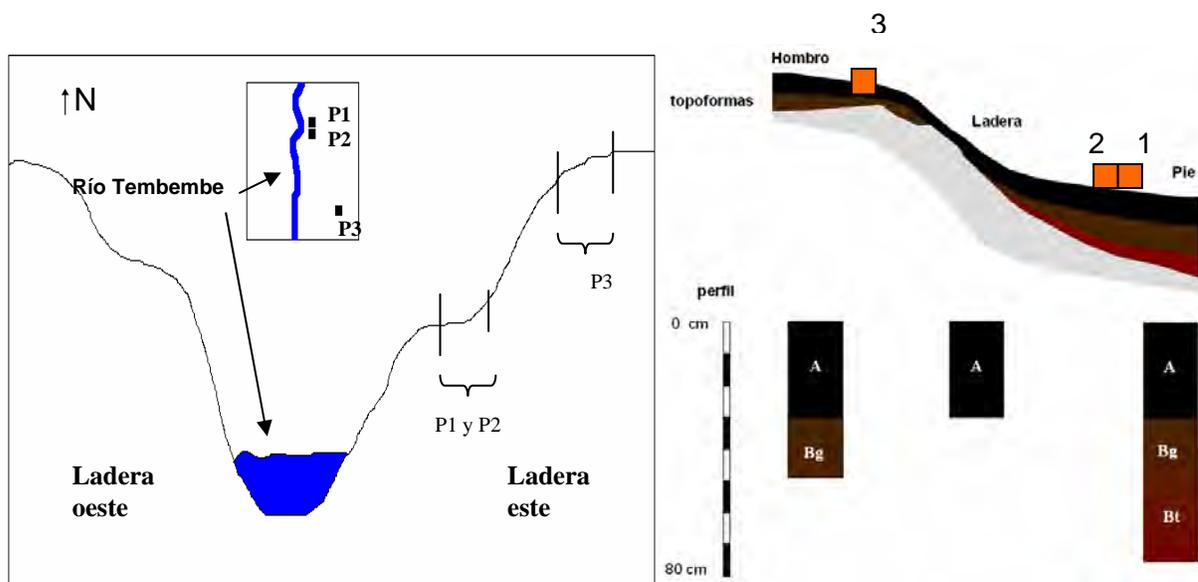


Figura 4. Ubicación de las parcelas de estudio (P1, P2 y P3) en la barranca del río Tembembe. Representación esquemática del perfil del suelo en tres topoformas de la EREBRT (hombro, ladera y pie de ladera; tomado de Ayala 2008).

El diseño experimental consideró dos factores: la radiación y la presencia de pastos. El primer factor incluyó dos niveles (sombra parcial y expuesto) y el segundo nivel consideró tres (eliminación con herbicida, eliminación manual y presencia de pasto). La combinación de cada factor con sus diferentes niveles dio como resultado seis tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos usados en el experimento de reintroducción de plántulas de *Q. glaucoides* en la EREBRT. Los seis tratamientos se formaron por la combinación de los niveles de cada factor (radiación y sombra).

Radiación	Eliminación de pasto		
	Herbicida	Chaponeo	Pasto
sombra	SH	SCH	SP
expuesto	EH	ECH	EP

En julio de 2006, en cada una de las tres parcelas se establecieron aleatoriamente 12 cuadros de 2 X 2 m para montar los seis tratamientos y su respectiva réplica. En cada uno se trasplantaron cinco plántulas (60 plántulas por parcela, 180 para todo el experimento). La disposición de las plántulas en cada cuadro se muestra en la Figura 5. Cabe señalar que el término plántulas en este trabajo no tiene ninguna connotación fisiológica, sino únicamente de tamaño, ya que a pesar de que eran plantas de casi dos años de edad registraban una talla muy baja (15.7 ± 7.5 cm de altura y 2.4 ± 1.03 mm de diámetro, promedio \pm d. e.). Las plántulas fueron producto de bellotas recolectadas en la zona de estudio dos años antes del inicio del presente trabajo.

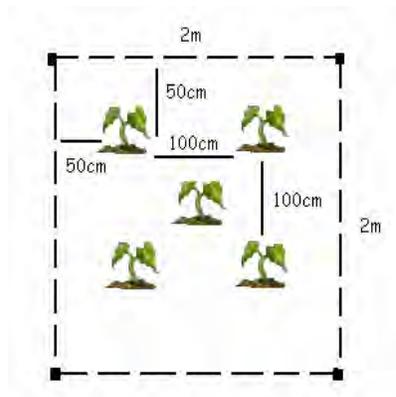


Figura 5. Disposición de las plántulas en cada cuadro.

Para evaluar el efecto de la eliminación química de los pastos se utilizó el herbicida Faena (Roundup), un herbicida sistémico sin actividad residual sobre el suelo que, por su alta adherencia y afinidad con las partículas del sustrato, evita la lixiviación (González Díaz 2002). Para aplicar el herbicida, primeramente se cortó el pasto a 15 cm del nivel del suelo, posteriormente se realizó una única aspersión del herbicida. El pasto extraído de estos cuadros (4 m² por cuadro), fue colectado y llevado al laboratorio para evaluar su biomasa después de ser secado por 48 horas a 80° C. Para la eliminación manual, en los cuadros destinados a este tratamiento se cortó el pasto cerca del nivel del suelo con ayuda de un azadón común.

Por otra parte, para la condición de exposición total a la radiación las plantas se dejaron al descubierto, mientras que para la condición de sombra se colocó una malla negra con un porcentaje de sombra de 50%. La altura a nivel del suelo de la malla fue de 80 cm y fue sujeta por estacas (varillas) en cada esquina del cuadro.

Una vez establecidos los tratamientos, durante el periodo de septiembre de 2006 a abril de 2007, se realizaron registros bimestrales de la supervivencia y el crecimiento aéreo. Los datos de supervivencia fueron utilizados para elaborar curvas de supervivencia de las plántulas en las diferentes condiciones de

radiación y manejo de los pastos. En estas curvas se expresa la supervivencia en función del tiempo, es decir la supervivencia es de 100% en el tiempo cero y disminuye hasta el nivel de 100-b en tiempo largos, siendo b una medida de la mortalidad. También se realizó un ANOVA para analizar si existían diferencias significativas en la supervivencia entre los tratamientos.

Por otra parte, para evaluar el crecimiento aéreo se registró el diámetro en la base del tallo y la altura desde la base hasta el ápice vivo dominante en cada plántula. Los datos de diámetro se utilizaron para calcular el área basal aplicando la siguiente formula:

$$Ab= \pi d^2/4$$

donde Ab= área basal y d= diámetro a la base.

Se realizaron ANOVAs para detectar las diferencias (incrementos o decrementos) en las dos variables de crecimiento entre los tratamientos.

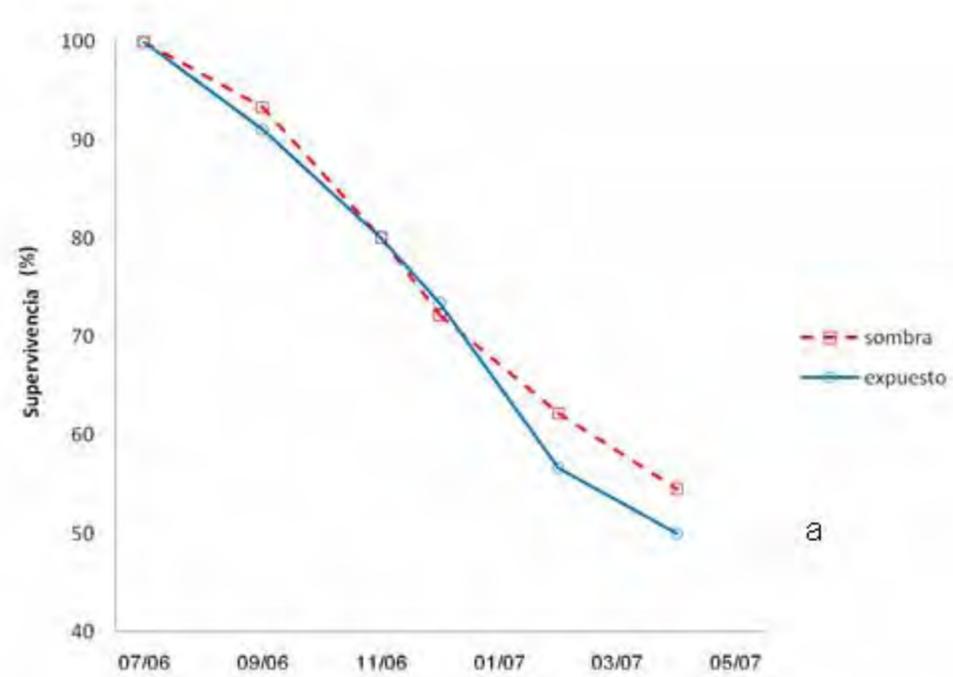
CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Supervivencia

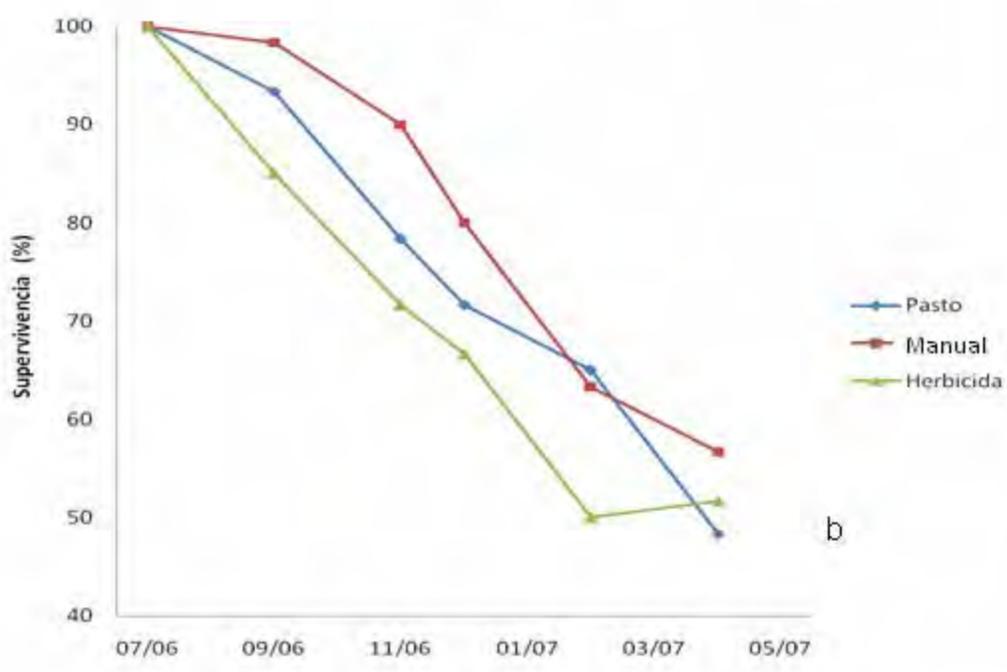
Los datos de la supervivencia de plántulas fueron analizados durante el periodo de julio de 2006 a abril de 2007 (nueve meses), debido a que poco después del censo de abril se presentó un incendio accidental en la zona, que provocó la muerte de algunas plántulas y eliminó la parte aérea de otras, y como este factor no formó parte del diseño experimental, no se consideró adecuado incluirlo. Al momento del incendio ya había transcurrido la mayor parte de la temporada seca, por lo que puede considerarse que los resultados ya incluyen la mortalidad asociada con la misma.

La supervivencia global de las plántulas fue de 52.2% (N=180). La diferencia entre los tratamientos con sombra y los expuestos a radiación total fue muy pequeña (valores finales 54.4% y 50% respectivamente). Las diferencias en la supervivencia debidas a la presencia o eliminación de pasto fueron también pequeñas en general (Figura 6 a y b).

El análisis de varianza realizado sobre la proporción de plantas vivas al final del período (abril) mostró que los factores experimentales (sombra y eliminación de pastos) no tuvieron un efecto significativo en la supervivencia (Cuadro 2).



a



b

Figura 6. Supervivencia de plántulas de *Q. glaucooides* sometidas a: (A) dos condiciones de radiación (sombra y expuesto), y (B) dos tratamientos de eliminación de pasto (manual y herbicida), más un control (pasto).

Cuadro 2. Resultados del ANOVA del efecto del pasto y la sombra en la supervivencia de las plántulas de *Q. glaucooides*.

	CM	g. l.	F	P
Sombra	0.019	1	0.248	0.622
Pasto	0.045	2	0.579	0.567
Sombra*Pasto	0.088	2	1.144	0.332
Error	0.077	30		

En cuanto a los tratamientos bajo sombra, la mayor supervivencia se presentó con la eliminación manual de pasto (chaponeo), mientras que bajo radiación total se presentó en la eliminación de pasto con herbicida (60%). Cabe notar que la supervivencia en el tratamiento control en ambas condiciones de radiación varió entre 46 y 50% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Supervivencia final (%) de las plántulas de *Q. glaucooides* en cada tratamiento experimental. Entre paréntesis el número final de plantas vivas.

	Herbicida	Chaponeo (manual)	Pasto (control)
Sombra	43.3 (13)	70.0 (21)	50.0 (15)
Expuesto	60 (18)	43.3 (13)	46.6 (14)

Se presentaron también algunas diferencias debidas al sitio (parcela), la supervivencia final fue de 63.3% en la parcela uno, 53.3% en la dos y 46.6% en la

tres. En la parcela 1 la mortalidad se incrementó a partir de diciembre, mientras que en las otras dos disminuyó de manera constante a partir de septiembre.

Supervivencia de las plántulas afectadas por el incendio

En agosto se realizó un censo, para registrar la supervivencia y crecimiento de las plántulas afectadas por el incendio (parcelas 1 y 2); también se analizó en la parcela tres, que no fue alcanzada por el incendio. Considerando el total de plantas vivas en abril como el 100%, la supervivencia de plántulas quemadas fue de 17.6%, ya que 6 de 34 plántulas rebrotaron, mientras que las que no se quemaron registraron una supervivencia menor, de 5% (2 de 38 plántulas). En cambio, la supervivencia fue relativamente alta (91.6%) en los cuadros ubicados en la parcela que no se quemó en el periodo entre abril y agosto, y de 25% en el periodo total del estudio, de julio de 2006 a agosto de 2007.

Cuadro 4. Incremento en área basal (mm^2) de las plántulas en cada tratamiento (promedio \pm d. e.). Periodo julio 2006 - abril de 2007.

	Herbicida	Chaponeo (manual)	Pasto (control)
sombra	0.34 ± 0.64	0.72 ± 1.37	0.50 ± 0.87
expuesto	0.59 ± 1.23	0.87 ± 2.63	1.03 ± 2.07

Crecimiento aéreo

Área basal - Las plántulas crecieron muy poco durante el periodo analizado, aunque con exposición total el incremento en área basal fue ligeramente mayor que bajo sombra (promedio 0.83 y 0.52 mm^2 , respectivamente); en ambas condiciones de radiación los menores incrementos correspondieron a los

tratamientos con herbicida. En el grupo control (pasto en condición expuesta), se registró el mayor incremento; sin embargo no se encontró un efecto significativo de los factores analizados sobre el incremento en área basal, debido probablemente a la alta variación en los datos al interior de cada tratamiento (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 5. Resultados del ANOVA del efecto del pasto y la sombra en el incremento en el área basal de plántulas de *Q. glaucooides*.

	CM	g. l.	F	P
Sombra	2.18	1	0.88	0.35
Pasto	1.02	2	0.41	0.66
Sombra* pasto	0.28	2	0.11	0.89
Error	2.48	88		

Altura - En ambas condiciones de radiación y tratamientos de pasto se presentaron decrementos en la altura de las plántulas entre julio de 2006 y abril de 2007. El mayor decremento promedio se presentó en las plántulas de los tratamientos con pasto, tanto con sombra como sin ella (-3.3 y -4.5 cm, respectivamente; Cuadro 6).

Cuadro 6. Cambio (promedio \pm d. e.) en altura (cm) de las plantas en cada tratamiento Periodo julio 2006-abril de 2007.

	Herbicida	Chaponeo (manual)	Pasto (control)
sombra	-0.3 \pm 3.83	-2.12 \pm 4.94	-3.3 \pm 7.4
expuesto	-1.36 \pm 4.81	-1.8 \pm 6.30	-4.5 \pm 6.42

En la Figura 7 se aprecia una ligera tendencia a que el decremento en altura aumente con la presencia de pasto, sin embargo la gran variación de los cambios en la altura no permitió detectar un efecto significativo de los factores experimentales (Cuadro 7).

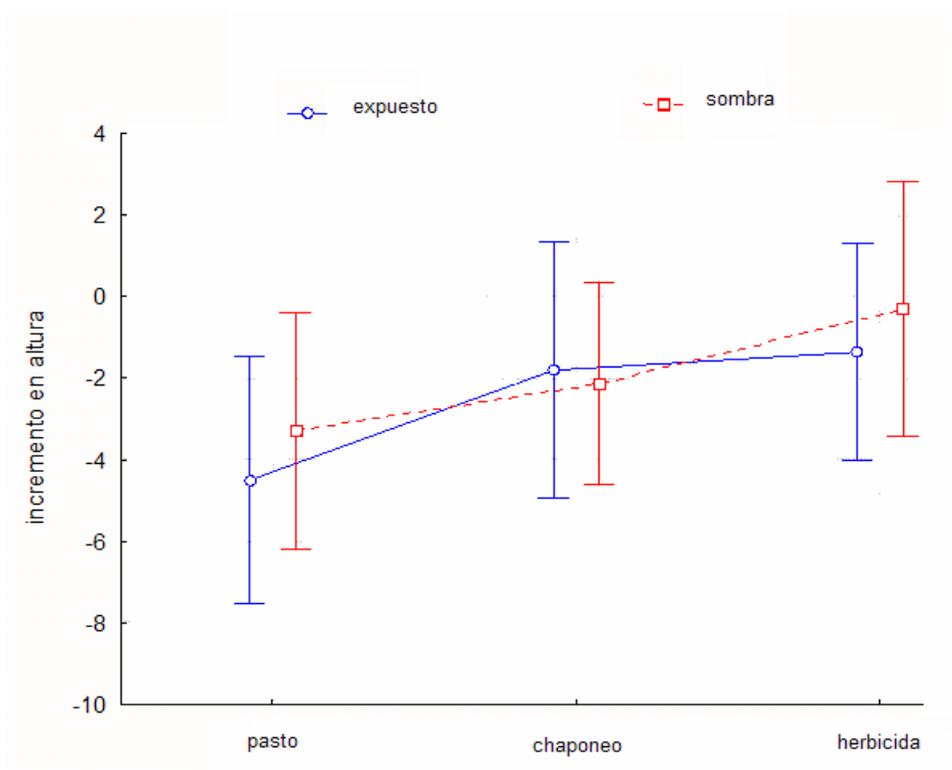


Figura 7. Cambio (promedio \pm d. e.) en altura (cm) de las plántulas de *Q. glaucooides* en cada tratamiento.

Cuadro 7. Resultados del ANOVA del efecto del pasto y la sombra en el cambio en altura de las plántulas de *Q. glaucooides*.

	CM	g. l.	F	P
Sombra	9.52	1	0.29	0.58
Pasto	142.05	2	2.20	0.11
Sombra*Pasto	11.01	2	0.17	0.84
Error	2842.35	88		

Área basal y altura de plántulas afectadas por el incendio - En general, no se registraron incrementos en el área basal y en la altura de las plántulas, tanto de las quemadas como de las que no fueron afectadas por el incendio en las parcelas 1 y 2. En el caso de las quemadas se registraron decrementos mayores en la altura debido a la muerte del tallo original y la formación de un nuevo por rebrote, sin embargo, debe notarse que la variación en los datos (desviación estándar) es muy superior al valor del promedio en todos los casos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Cambio en el área basal y la altura (promedio \pm d. e) de las plántulas quemadas y no quemadas. Periodo de abril-agosto 2007.

	cambio en área basal (mm ²)	cambio en altura (cm)
quemadas	-0.22 \pm 1.20	-9.03 \pm 12.02
no quemadas	0.11 \pm 0.93	-0.84 \pm 9.4

Biomasa de pastos

Como una forma indirecta de evaluar si existían diferencias en la “calidad de sitio” entre parcelas, se calculó la biomasa promedio de pasto por metro cuadrado en cada parcela. Los resultados se muestran en el Cuadro 9. Es de notarse la alta variación al interior de cada parcela (excepto en la uno), lo que podría reflejar que las variaciones mas importantes se presentan a una escala menor a la parcela, por ejemplo a nivel de microsítio.

Cuadro 9. Biomasa de pastos (promedio \pm d. e) en cada parcela experimental

	muestras por parcela	biomasa de pasto (g/m ²)
parcela 1	16	103.04 \pm 11.87
parcela 2	16	279.31 \pm 104.40
parcela 3	16	234.14 \pm 81.7

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

Supervivencia

El tratamiento que registró mayor supervivencia de plántulas fue el de sombra con eliminación manual de pastos, el cual tuvo en promedio una supervivencia 20% mayor que el promedio global (70 vs. 52%). Es probable que la sombra redujera la evaporación del agua y que el pasto (que volvió a crecer, aunque con menor altura) contribuyera a regular la temperatura en la superficie del suelo (Zimmerman et al. 2000). Rey Benayas et al. (2005) obtuvieron resultados similares, ya que mostraron que las plántulas de tres especies de *Quercus* (*Q. coccifera*, *Q. ilex* y *Q. faginea*) tuvieron una alta supervivencia en condiciones de sombreado y remoción manual de la vegetación herbácea. Sin embargo, en nuestro caso, a pesar de esta diferencia de 20%, los factores evaluados no tuvieron un efecto significativo, probablemente por la gran variación en la supervivencia registrada al interior de los tratamientos.

En general, se esperaba que la sombra mantuviera un ambiente favorable para las plántulas debido a la reducción de la radiación, pues en otros trabajos se ha mostrado que la sombra parcial, proporcionada por rocas o plantas nodriza, favorece la supervivencia inicial de las plántulas de *Quercus* (Callaway 1992, Bonfil y Soberón 1999, Bonfil et al. 2000). Ramírez y Rodríguez (2004) mostraron que plántulas *Q. rugosa* plantadas en orientación NE (sombra) y junto a una roca, tuvieron mayor supervivencia que aquéllas que recibían mayor radiación, es decir, con orientación al SO y sin roca (45 y 16%, respectivamente).

El resto de los tratamientos no registraron diferencias tan grandes respecto al promedio global, pues todas fueron de ~10% o menores (Cuadro 3). Por otra parte, el hecho de que en el grupo control (i.e., con presencia de pastos), en ambas condiciones de radiación, no se presentara una supervivencia significativamente menor muestra que los pastos, a pesar de que presentaron un

crecimiento notable (muy superior al de las plántulas de *Quercus*) durante la temporada de lluvias, no representaron un factor que se tradujera en una mayor mortalidad de las plántulas. Sin embargo, es necesario realizar un estudio a mediano plazo que permita determinar consistentemente el efecto de los pastos, pues en este caso el incendio que se presentó poco después no permitió hacer una evaluación por un periodo de un año, como se había planeado originalmente.

En el único estudio previo sobre la regeneración de *Q. glaucooides*, Tlapa (2005) obtuvo una mortalidad del 100% en plántulas de ~4 meses de edad trasplantadas en condiciones de exposición total a la radiación y sin exclusión de herbívoros. En contraste la supervivencia anual se incrementó un 20% en las trasplantadas en las mismas condiciones de radiación con exclusión de herbívoros. Sin embargo, las curvas de supervivencia de los tratamientos con sol y sombra no difirieron significativamente, al igual que en el presente estudio. A pesar de esto, sus resultados apuntan, al igual que en el presente caso, a una cierta tolerancia de las plántulas de *Q. glaucooides* a la exposición a la radiación. No existe otro trabajo que haya evaluado el efecto de la presencia de pastos en la regeneración natural o el establecimiento artificial de esta especie.

El estudio citado de Rey Benayas et al. (2005) mostró que con exposición total a la radiación, la presencia/ausencia de pasto (por chaponeo o eliminación manual) no tuvo un efecto significativo en la supervivencia de plántulas de *Quercus*, lo que puede significar que los pastos no afectan la supervivencia o que eliminar tan sólo la parte aérea de los mismos no disminuye significativamente la competencia. Davis et al. (1999) reportan que en plántulas de *Q. macrocarpa* expuestas a la radiación la supervivencia fue mayor cuando el pasto fue eliminado (ya fuera manualmente o usando herbicida), que cuando la radiación era menor y había presencia de pasto. Esto sugiere que en estas condiciones la remoción de la vegetación herbácea redujo la competencia y resultó favorable para las plántulas de *Quercus*. Incorporando los resultados del presente trabajo y los antes citados se concluye que no existe un efecto único de la presencia de

pastos en todas las situaciones, aún tratándose de plantas del mismo género, por lo que es necesario en cada caso evaluar su efecto antes de hacer una recomendación de manejo en un sitio particular.

Algunas observaciones realizadas durante el trabajo de campo muestran que la supervivencia probablemente estuvo afectada por las condiciones del relieve y del suelo. En las parcelas 1 y 2, ubicadas en el pie de ladera, el suelo es más profundo y muy poco permeable, por su alto contenido de arcillas; por ello una causa importante de mortalidad de las plántulas fue el anegamiento (36.7% y 46.7% de las muertes, respectivamente). Esto es consistente con los resultados de plantaciones experimentales de otras especies introducidas en la estación de restauración, los que muestran que en condiciones que favorecen el anegamiento (topoformas como el pie de ladera, o micrositos cóncavos), la mortalidad de las plántulas es mayor que en sitios con un mejor drenaje (Ulloa 2006, Ayala 2008). Así, en la parcela situada en el hombro de ladera (parcela 3), con mejores condiciones de suelo, la principal causa de mortalidad (53.3%) fue la herbivoría por ganado vacuno que se introdujo accidentalmente a la parcela, además de algunos casos de herbivoría por hormigas, otros insectos no identificados y larvas de coleópteros (gallinas ciegas) que consumen las raíces.

Crecimiento aéreo

En condiciones de radiación total (independientemente de la presencia de pastos) se registró un área basal ligeramente mayor que en condiciones de sombra, pero las diferencias no fueron significativas (Cuadros 4 y 5). En otras especies de *Quercus* se ha reportado una baja supervivencia bajo radiación total, pero las plántulas que sobreviven presentan un mayor crecimiento que las que permanecen en condiciones de sombra parcial (Welander y Ottosson 1998, Bonfil y Soberón 1999). El incremento en el área basal en condiciones expuestas también se ha reportado en estudios donde las plantas colonizan claros recién abiertos; por ejemplo, las plántulas de *Fagus sylvatica* tienen un mayor

crecimiento y asignan mayor biomasa al área basal que a la altura, en comparación con plántulas ubicadas bajo el dosel del bosque (Madsen 1995, Collet 2002).

En este trabajo se observó también una ligera tendencia a que el incremento en área basal fuera menor cuando se aplicó herbicida, pero las diferencias no fueron significativas. Sin embargo, convendría analizar en el futuro si el uso de estos agroquímicos afecta el crecimiento de las plántulas de ésta y otras especies de *Quercus*.

En cuanto a la altura, en todos los tratamientos se presentaron decrementos, y a pesar de que las diferencias no fueron significativas, puede observarse que el decremento promedio fue ligeramente mayor con presencia de pastos en ambas condiciones de radiación. De Steven (1991) reportó mayor altura en plántulas de especies leñosas cuando se encontraban en ausencia de competencia directa con pastos y la radiación fue relativamente baja. En otro estudio también se ha encontrado que en el periodo posterior al trasplante de plántulas de *Q. castanea* y *Q. rugosa* en un sitio perturbado, no se incrementó la altura, sino más bien disminuyó, tanto en las expuestas a la radiación total como en las protegidas por la sombra de plantas nodriza (Bonfil et al. 2000).

En nuestro caso la pérdida de altura de las plántulas pudo incrementarse por factores bióticos o antropogénicos, ya que el ápice de muchas de ellas estaba trozado, ya sea por algún machetazo o por la acción de pequeños mamíferos, lo que no pudo esclarecerse. En el futuro podría evaluarse si la mayor altura del pasto interfiere con el crecimiento de las plántulas, aunque no cause una mayor mortalidad.

Supervivencia y crecimiento de las plántulas afectadas por el incendio

En el periodo posterior al incendio y en la zona afectada por el mismo, las plántulas quemadas presentaron una mayor supervivencia que las no quemadas

(17.6 y 5%, respectivamente). Algunos estudios han mostrado resultados similares en plántulas de otras especies de *Quercus*, que son resistentes al fuego de baja intensidad debido a su capacidad de rebrotar (Bonfil y Peña-Ramírez 2000). Sin embargo, la supervivencia fue mucho mayor en las plántulas que no resultaron alcanzadas por el fuego, por encontrarse en un área que no fue afectada por el incendio superficial. Por lo tanto, al parecer las plántulas de *Q. glaucoides* pueden resistir el fuego en cierta medida, pero no resultan beneficiadas por el mismo. En otros casos, por ejemplo en plantas de *Dodonea viscosa* introducidas en la Estación de Restauración, la supervivencia se incrementó significativamente cuando fueron afectadas por un incendio que cuando no se quemaron (64-14%); sin embargo otras especies como *Swietenia humilis* sí resultaron afectadas por el fuego, ya que disminuyó significativamente su supervivencia (Ulloa 2006).

En cuanto al crecimiento, las dos variables evaluadas presentaron decrementos, principalmente en la altura, debido a que el fuego consumió la mayor parte del tallo, lo que provocó que el área basal y la altura siempre fueran superiores en las plántulas no quemadas que en las quemadas, a pesar del rebrote de la parte aérea de éstas últimas.

CONCLUSIONES

- La supervivencia global promedio durante los primeros meses fue de 52% y no resultó afectada significativamente por la presencia de sombra o la eliminación del pasto. Las plántulas de *Q. glaucoides* no toleran el anegamiento y son susceptibles a la herbivoría por mamíferos pequeños, que fueron las dos principales causas de muerte.
- Las plántulas de *Q. glaucoides* presentaron una buena capacidad de rebrotar en respuesta a un incendio superficial, que no causó la muerte de la raíz. Sin embargo, globalmente el fuego sí causó una disminución de la supervivencia de las plántulas.
- Se registraron incrementos muy modestos en el área basal en las plántulas en todos los tratamientos en una temporada de crecimiento, sin diferencias significativas entre ellos, aunque con una tendencia a un mayor aumento en condiciones de radiación total.
- La altura de las plántulas disminuyó en todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre ellos, aunque se observó una tendencia a que el decremento fuera mayor en presencia de pasto.
- En las plántulas que rebrotaron después del incendio se registraron decrementos mayores que en las que no se quemaron, tanto en el área basal como en la altura.
- Se recomienda hacer ensayos de reintroducción de esta especie usando plántulas de mayor edad/tamaño, evitando los micrositos cóncavos o aquéllos que favorezcan el anegamiento, y protegiendo a las plántulas de los herbívoros y del fuego, en especial durante la temporada seca. También es necesario

continuar con estudios a largo plazo para explorar a detalle el efecto del herbicida en el crecimiento de las plántulas de ésta y otras especies arbóreas.

Literatura citada

- Aguilar, S. 1990. Dimensiones ecológicas del estado de Morelos. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. UNAM, México. 235 p.
- Aguilar, S. 1999. Ecología del Estado de Morelos, un enfoque geográfico. Praxis. México. 469 p.
- Aguilera, H. 1989. Tratado de edafología de México. Tomo I. México. Ed. Facultad de Ciencias. UNAM. 222 p.
- Alavez-Vargas, M. 2010. El paisaje histórico como referencia para la restauración ecológica de Cuentepec, una comunidad nahua de Morelos. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Instituto de Ecología. UNAM.
- Aronson, J., E. LeFloc'h., J. David, S. Dhillion, M. Abrams, J. Guillermin y A. Grossmann. 1998. Restoration ecology studies at Cazarils (southern France): Biodiversity and ecosystem trajectories in a Mediterranean landscape. *Landscape and Urban Planning* 41: 273-283.
- Ayala, J. 2008. Desempeño de plantas de tres especies arbóreas en tres unidades de ladera de la estación de restauración "Barranca del río Tembembe, Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) Facultad de Ciencias. UNAM.
- Baer, S. y J. Groninger. 2004. Herbicide and tillage effects on volunteer vegetation composition and diversity during reforestation. *Restoration Ecology* 12: 258-267.
- Balvanera, P. y H. Cotler. 2009. Estado y tenencia de los servicios ecosistémicos. En: Capital natural de México, vol. II: *Estado de conservación y tenencias del cambio*. CONABIO. pp: 185-245

- 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
- Bonfil, C. y V. Peña-Ramírez. 2000. El efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de dos especies de encinos (*Quercus liebmanii* Oerst y *Quercus magnoliifolia* Née) en la región de la Montaña (Guerrero). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 5-20
- Bonfil, C., H. De la Vega y V. Peña. 2000. Evaluación del efecto de las plantas nodrizas en el establecimiento de una plantación de *Quercus* L. *Ciencia Forestal en México* 25: 59-73
- Bonfil, C., I. Trejo y R. García-Barrios. 2004. The experimental station "Barrancas del Rio Tembembe" for ecological restoration in NW Morelos, Mexico. Memorias del Congreso "Restoration on the Edge Society of Ecological Restoration Conference". 24-26 agosto. Victoria, British Columbia, Canada.
- Bonfil, C., W. Tobón, J. Ulloa, J. García y R. García. 2009. La restauración ecológica de bosques tropicales secos: el caso de la Barranca del río Tembembe, Morelos (México). *Boletín de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica* 3: 2-6
- Cabrera, L., P. Eloy, V. Peña, C. Bonfil y J. Soberón. 1998. Evaluación de una plantación de encinos (*Quercus rugosa* Neé) en el Ajusco Medio, Distrito Federa, México. *Agrociencia* 32: 149-156.
- Callaway, R. y C. D'Antonio. 1991. Shrub facilitation of coast live oak establishment in central California. *Madroño* 38: 158-169
- Callaway, R. 1992. Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglassi* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73: 2118-2128.

- Camacho-Rico, F. 2004. Estructura y composición de la vegetación del fondo de la Barranca del río Tembembe, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Camacho-Rico, F., I. Trejo y C. Bonfil. 2006. Estructura y composición de la vegetación de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 17-32.
- Castro, J., R. Zamora, L. Gómez, J. Gómez, J. Hodar y E. Baraza. 2004. Uso de matorrales como plantas nodriza en ambientes mediterráneos: evaluación de una nueva técnica de repoblación forestal. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 17: 145-150
- CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional) 1976. Carta de uso de suelo y vegetación 1:50,000. Tenancingo, México.
- Chapman, C. A., L. Chapman, A. Zanne y M. Burguess. 2002. Does weeding promote regeneration of an indigenous tree community in felled pine plantations in Uganda? *Restoration Ecology* 10: 408-415
- Collet, C., O. Lanter y M. Pardos. 2002. Effects of canopy opening on the morphology and anatomy of naturally regenerated beech seedlings. *Trees* 16: 291–298
- Davis, M. A., K. Wrage, P. Reich y C. Muermann. 1999. Survival, growth and photosynthesis of tree seedlings competing with herbaceous vegetation along a water-light-nitrogen gradient. *Plant Ecology* 145: 341-350
- De Steven, D. 1991. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. *Ecology* 72: 1076-1088.
- Ehrenfeld-Joan, G. 2000. Defining the limits of restoration: The need for realistic goals. *Restoration Ecology* 8: 2–9

FAO. 2004. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/terrastat/wsr.asp>

FAO/UNESCO. 1970. Estudios Agropecuarios. Roma. No. 80, 243p.

Fries, C. 1960. Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. *Boletín del Instituto de Geología*, UNAM.

García-Orth, X. y M. Martínez-Ramos. 2009. Isolated trees and grass removal improve performance of transplanted *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae) saplings in tropical pastures. Research Article *Restoration Ecology* 2009: 1-11

García Flores, J. 2008. Diagnóstico ambiental de las unidades naturales de la Estación de Restauración Ecológica "Barrancas del río Tembembe", con fines de restauración. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. UNAM.

Gómez, A. 2003. Caracterización del medio físico de la Cuenca de Río Tembembe empleando sistemas de información geográfica (SIG cuencas). <http://selper.uabc.mx/Publicacio/Cong11/extenso42.doc>.

González-Díaz, G. 2002. Restauración de la selva baja caducifolia de la reserva de la biósfera Chamela-Cuxmala, Jalisco: un enfoque experimental usando comunidades sintéticas. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

González-Rivera, R. 1993. La diversidad de los encinos mexicanos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 44: 125-142

Ganade, G. y V. Brown. 2002. Succession in old pastures of central Amazonia: role of soil fertility and plant litter. *Ecology* 83: 743-754.

- Grant, V. 1989. Especiación vegetal. Noruega editores, México, D. F.
- Holl, K. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8: 339-349.
- Houghton, R., D. Lefkowitz y D. Skole. 1991. Changes in the landscape of Latin America between 1859 and 1985. I. Progressive lost forest. *Forest Ecology and Management* 38: 143-172.
- Huante, P y E. Rincón. 1998. Responses to light changes in tropical deciduous woody seedling with contrasting growth rates. *Oecologia* 113: 53-66.
- Khurana, E. y J. S. Singh. 2001. Ecology of the seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Conservation Biology* 28: 39-52.
- Lamb, D. 1998. Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6: 271-273.
- Lamb, D. y D. Gilmour. 2003. Rehabilitation and restoration of degraded forest. Gland, Switzerland and Cambridge, U. K. and WWF. Gland, Switzerland 110 pp.
- Madsen, P. 1995. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica*) *Forest Ecology and Management* 72: 251-264
- Masera, O., M. Ordoñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. En: Makundi, W. y J., Sathaye (Eds.) *Carbon emissions and sequestration in forest: cases studies from seven developing countries: summary*. University of California. Berkeley. E. U. A.

- Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia* 18: 581-589
- Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. En: T. P Ramammoorthy, Bye R. and J. E. Fa (eds). Biological Diversity of Mexico. Oxford University Press.
- Ortiz, M. 1978. Estudio geomorfológico del glacis de Buenavista, Estado de Morelos. *Boletín del Instituto de Geografía* 8: 25-40.
- Puerta-Piñero, C., J. Gómez y F. Valladares. 2007. Irradiance and oak seedling survival and growth in a heterogeneous environment. *Forest Ecology and Management* 242: 462–469
- Quintana-Ascencio, P., González-Espinoza, M. y Ramírez-Marcial, N. 1992. Acorn removal, seedling survivorship, and seedling growth of *Quercus crispipilis* in sucesional forest of the highlands of Chiapas, Mexico. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 119: 6-18.
- Ramírez-Contreras, A. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2004. Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 10: 5-11
- Rey Benayas, J.M. 1998. Growth and mortality in *Quercus ilex* L. seedlings after irrigation and artificial shading in Mediterranean set-aside agricultural lands. *Annals of Science Forestry* 55: 801–807.
- Rey Benayas, J.M., A. López-Pintor, C. García, N. de la Cámara, R. Strasser y A. Gómez Sal, 2002. Early establishment of planted *Retama sphaerocarpa* seedlings under different levels of light, water and weed competition, *Plant Ecology* 159: 201–209.

- Rey Benayas, J. M., Navarro, J., Espigares, T., Nicolau, J. y Zavala, M. 2005. Effects of artificial shading and weed mowing in reforestation of Mediterranean abandoned cropland with contrasting *Quercus* species. *Forest Ecology and Management* 212: 302-314.
- Rodríguez- Velázquez, J. E. 2005. Desempeño de plántulas transplantadas a praderas ganaderas abandonadas en la región de Marqués de Comillas, Chiapas. Tesis de Maestría (Ciencias Biológicas) Facultad de Ciencias. UNAM.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana, una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* 15: 47-64.
- Semarnat y PNUD. 2005. Indicadores básicos del desempeño ambiental. Semarnat-Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, México.
- Tlapa, M. 2005. Dinámica poblacional de *Quercus glaucoides* en una localidad de Valsequillo, Puebla. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. UNAM.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally tropical forest: a national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Ulloa, J. 2006. Establecimiento y crecimiento inicial de cuatro especies arbóreas potencialmente útiles para la restauración de pastizales degradados del NO de Morelos. Tesis de Licenciatura (Biología) Facultad de Ciencias. UNAM.
- Valencia Ávalos, S. 1992. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) de Guerrero. Boletín No. 1. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Valencia Ávalos, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-55

- Valladares, F. y F. Pugnaire. 1999. Tradeoffs between irradiance capture and avoidance in semi-arid environments assessed with a crown architecture model. *Annals of Botany* 83: 459-469
- Van de Koppel, J., M. Reiterkerk y J. Welssing. 1997. Catastrophic vegetation shifts and soil degradation in terrestrial grazing systems. *Trends in Ecology and Evolution* 12: 352-356.
- Vázquez, V. 1992. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.
- Vázquez-Yañes, C. y A. Batis. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58: 75-84.
- Welander, N. y B. Ottosson. 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. *Forest Ecology and Management* 107: 117-126.
- Whisenant, S., T. Thurow y S. Maranz. 1995. Initiating autogenic restoration on shallow semiarid sites. *Restoration Ecology* 3: 61-67.
- Zimmerman, J., J. Pascarella y T. Aide. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8: 350-360.