

00361 2
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

BASES PARA LA RESTAURACION DEL ESTRATO
ARBOREO DE LOS BOSQUES MIXTOS TEMPLADOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)
P R E S E N T A
EFRAIN REYES ANGELES CERVANTES



DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. MANUEL FAUSTINO RICO BERNAL

1998
267886

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS**

**BASES PARA LA RESTAURACION DEL ESTRATO ARBOREO DE LOS
BOSQUES MIXTOS TEMPLADOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)**

PRESENTA

EFRAIN R. ÁNGELES CERVANTES

1998

AGRADECIMIENTOS

Es un grato placer manifestar mi agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

A la Facultad de Ciencias, UNAM por la formación recibida.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, en especial a la Carrera de Biología, así como a los compañeros del Herbario (M. en C. Alejandrina Avila, M. en C. Eloy Solano, Biól. Marco Antonio Hernández, Magda y Hector), por el apoyo brindado.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), por las facilidades y materiales otorgados para la realización de este trabajo, en especial al Biól. Luciano Vela Gálvez y al personal de Fitopatología del actual Centro de Investigaciones Disciplinarias en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF).

Deseo agradecer de manera especial al M. en C. Manuel Rico, por haber aceptado asesorar este trabajo, así como por su amistad y confianza.

Asimismo expreso reconocimiento a los sinodales:

Dra. Norma Eugenia García Calderón, por sus comentarios y correcciones al escrito así como el tiempo dedicado a su revisión.

Dr. Miguel Angel Musalem Santiago, por su orientación, su apoyo, sus valiosos comentarios y el tiempo dedicado a la revisión y mejoramiento del escrito.

Dr. José Concepción Boyas Delgado, por el tiempo invertido en mejorar este trabajo con su valiosa experiencia, consejos, así como por su amistad y confianza.

Dr. Raúl Salas González, por su valioso apoyo y orientación en la parte estadística, sus comentarios, así como en la revisión del manuscrito.

M. en C. María del Consuelo Bonfil Sanders, por su disponibilidad sus comentarios, el apoyo bibliografico brindado, las sugerencias, y el tiempo dedicado a mejorar este trabajo.

Dr. José Alejandro Zavala Hurtado, por sus opiniones y comentarios oportunos, que permitieron mejorar el escrito.

Agradezco a las siguientes personas por haber dedicado parte de su tiempo y por su valioso apoyo para lograr culminar este trabajo: Dr. Isaias Salgado, M. en C. Armando Cervantes, M. en C. Patricia Rivera, M. en C. Gerardo Cruz, Biól. Carlos Castillejos y Rosa I. Ramírez, todos ellos compañeros de la FES Zaragoza.

Finalmente deseo agradecer a mis alumnos (Sandra, Rosario, León, Reyna, Guadalupe, y Fernando), por su valioso apoyo en campo.

DEDICATORIA

*A mis padres Miguel y Amada
Por su ejemplo de tenacidad y por su amor a la naturaleza.*

*A mis hijos Miguel Angel y Rubí Itzel
Por ser mis motivos de superación*

*A mi esposa Rosario Ramírez
Por su apoyo y comprensión*

*A mis hermanos
Por su confianza y apoyo.*

*A mis alumnos
Por ser un buen motivo para seguir aprendiendo.*

*A mis amigos
Por su invaluable amistad y apoyo*

A los que luchan por la conservación de los recursos forestales.

INDICE

	Página
Indice de Cuadros y Figuras	VI
Resumen general	
Introducción general	2
Problemática de los bosques mixtos templados	2
Importancia de los bosques mixtos templados	3
La restauración como alternativa de solución	3
Importancia del micrositio en el establecimiento de plántulas	5
Literatura citada	8
Capítulo 1. <i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Schl. et Cham.	
Resumen	
1. Introducción	16
2. Revisión de literatura	
Aspectos generales	17
Distribución de los bosques de <i>Abies religiosa</i>	18
Estructura	20
Enfermedades y plagas	21
Dinámica de la comunidad	22
Aspectos demográficos de <i>A. religiosa</i>	23
3. Métodos	
Descripción de la zona de estudio	28
Selección de sitios	28
Marcaje de plántulas y caracterización de micrositios	30
Análisis de datos	31
4. Resultados	
Sobrevivencia	32
Establecimiento de plántulas y micrositio	37
Otros factores	42
5. Discusión	46
6. Conclusiones	50
Literatura citada.	51
Capítulo 2. <i>Pinus</i>	
Resumen	
1. Introducción	60
2. Revisión de literatura	
Aspectos generales	61

Factores ecológicos que influyen en la distribución de <i>Pinus</i>	62
Características morfológicas	64
Aspectos demográficos de los pinos	65
Establecimiento de plántulas en plantaciones	71
3. Métodos	
Descripción de la zona de estudio	74
Sitios experimentales	75
Elección de las especies	75
Plantación	77
Caracterización del micrositio	77
Toma de datos	78
Análisis de datos	78
4. Resultados	
Sobrevivencia	79
Factores que influyen en la sobrevivencia	84
Micrositio y establecimiento de plántulas	84
5. Discusión	89
6. Conclusiones	92
Literatura citada	93

Capítulo 3. *Quercus*.

Resumen	
1. Introducción	101
2. Revisión de literatura	
Aspectos generales	102
Importancia de los encinares	103
Distribución de <i>Quercus</i> en México	105
Factores que influyen en la distribución de encinares	106
Aspectos demográficos de encinares	109
Establecimiento de encinos en plantaciones	112
3. Métodos	
Selección de especies	114
Plantación	116
4. Resultados	
Sobrevivencia	117
Factores que influyen en la sobrevivencia	122
Micrositios y establecimiento de plántulas	122
5. Discusión	128
6. Conclusiones	130
Literatura citada	131

Capítulo 4. Discusión general.

Discusión general	141
Conclusiones generales	145
Literatura citada	146

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros:

- Cuadro 1. Supervivencia de plántulas de *Abies religiosa*, en tres condiciones de bosque del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, durante diversas estaciones de crecimiento.33
- Cuadro 2. Supervivencia de plántulas de *A. religiosa*, durante las estaciones verano-otoño e invierno-primavera, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. 35
- Cuadro 3. Mortalidad de plántulas de *Abies religiosa*, en los primeros dos años, durante las estaciones de invierno y primavera, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. 36
- Cuadro 4. Análisis de regresión múltiple y coeficientes de correlación entre la supervivencia de plántulas de *Abies religiosa*, y las variables climáticas, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.38
- Cuadro 5. Supervivencia de plántulas (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) de *Abies religiosa*, en cada micrositio, al finalizar dos temporadas adversas de crecimiento, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. 39
- Cuadro 6. Significancia estadística de las diferentes variables estudiadas, por estaciones, para la supervivencia de plántulas de *Abies religiosa* (Prueba de Kruskal-Wallis) 41
- Cuadro 7. Supervivencia de plántulas de *Pinus michoacana*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año, en Milpa Alta, D. F.80
- Cuadro 8. Supervivencia de plántulas de *Pinus ayacahuite* var *vietchii*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año, en Milpa Alta, D. F. 82
- Cuadro 9. Causas de mortalidad de plántulas de dos especies de pino, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta D. F. 85
- Cuadro 10. Significancia estadística, para la supervivencia de plántulas de dos especies de pino, de las diferentes variables estudiadas. 86

Cuadro 11. Supervivencia de plántulas de <i>Quercus laurina</i> , trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año.	118
Cuadro 12. Supervivencia de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> , trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año, en Milpa Alta D. F.	120
Cuadro 13. Causas de mortalidad de plántulas de dos especies de encino, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta, D. F.	123
Cuadro 14. Significancia estadística, para la supervivencia de plántulas de dos especies de encino, de las diferentes variables estudiadas (Prueba de Kruskal-Wallis)	124

Figuras:

Figura 1. Variación de la supervivencia de plántulas de <i>Abies religiosa</i> , en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.	34
Figura 2. Establecimiento de plántulas de <i>Abies religiosa</i> (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) por micrositio (sustrato y espesor), en tres condiciones de bosque, del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, después de dos temporadas adversas de crecimiento	40
Figura 3. Variación de la altura inicial de plántulas de <i>Abies religiosa</i> , en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.	43
Figura 4. Altura inicial de las plántulas establecidas (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) de <i>A. religiosa</i> , en un bosque con deterioro parcial, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.	44
Figura 5. Variación de la supervivencia de plántulas de <i>Pinus michoacana</i> , trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta, D. F.	81
Figura 6. Variación de la supervivencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>vietchii</i> , trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta, D. F.	83
Figura 7. Establecimiento de plántulas de <i>Pinus michoacana</i> (fracción de sobrevivientes entre el número inicial), en dos condiciones ambientales, de acuerdo al micrositio, después de una temporada adversa a su crecimiento.	87

Figura 8. Establecimiento de plántulas de *Pinus ayacahuite* var. *vietchii* (fracción de sobrevivientes entre el número inicial), en dos condiciones ambientales, de acuerdo al micrositio, después de una temporada adversa a su crecimiento. 88

Figura 9. Variación de la sobrevivencia de plántulas de *Quercus laurina* trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta D. F. 119

Figura 10. Variación de la sobrevivencia de plántulas de *Quercus crassifolia*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta, D. F. 121

Figura 11. Establecimiento de plántulas de *Quercus laurina* (fracción de sobrevivientes entre el número inicial), en dos condiciones ambientales, por micrositio (sustrato y espesor), después de una temporada adversa de crecimiento. 125

Figura 12. Establecimiento de plántulas de *Quercus crassifolia* (fracción de sobrevivientes entre el número inicial), en dos condiciones ambientales, por micrositio (sustrato y espesor), después de una temporada adversa de crecimiento. 126

RESUMEN GENERAL

Las especies de los géneros *Abies*, *Pinus* y *Quercus*, constituyen los principales componentes de los bosques de coníferas y mixtos templados del país, los cuales presentan un grave deterioro. Para su restauración es básico conocer los factores que influyen en el establecimiento, por lo que en el presente trabajo se determinó la influencia de los factores del micrositio, en específico el sustrato y su espesor, en el establecimiento de plántulas de especies de los géneros señalados.

Para *Abies religiosa*, se trabajó en el Parque Nacional "El Chico", Hgo. Se eligieron tres condiciones: bosque maduro, bosque con deterioro parcial y zona deteriorada. En cada una, se marcaron 100 plántulas recién emergidas, se caracterizó el micrositio y se revisaron periódicamente.

Los resultados mostraron que el establecimiento de las plántulas es afectado por la interacción de variables climáticas, ataques de hongos y líquenes, así como al posible efecto físico y químico de la hojarasca. Solo hubo establecimiento en la condición de bosque con deterioro parcial, lo que indica su posibilidad de restauración.

Para *Pinus* y *Quercus*, la zona de trabajo se ubicó en Milpa Alta, D. F. y se trabajó en dos condiciones ambientales: Bosque de pino-encino y pastizal.

Para *Pinus*, se trasplantaron a raíz desnuda, 100 plántulas de *P. michoacana* (1 año de edad) y 100 de *P. ayacahuite* var. *vietchii* (2 años de edad), en cada condición. Se caracterizó el micrositio y se revisaron periódicamente.

Los principales factores de mortalidad fueron: criptofagia y sequía. No hubo establecimiento en bosque y en el pastizal, el establecimiento se presentó en sitios ubicados entre 10 y 15 cm alejados del macollo.

Con respecto a *Quercus* se trasplantaron 100 plántulas de cada especie, *Q. laurina* y *Q. crassifolia*, de 5 meses y de 1 año de edad respectivamente, en cada condición y se revisaron periódicamente. Los principales factores de mortalidad, fueron la herbivoría foliar y sequía. Las plántulas de encinos presentaron mayor sobrevivencia y menor relación con el micrositio y la condición.

Palabras clave: *Pinus*, *Abies*, *Quercus*, bosques, restauración.

INTRODUCCION GENERAL

Problemática de los bosques mixtos templados

Los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas tienen amplia distribución mundial y constituyen un componente esencial en la economía de varios países.

Recientemente Saoma (1985), Kormuták (1985) e Hinrichsen (1987), informan que estos bosques presentan áreas con mortandad masiva y consideran que está relacionado con fenómenos como la contaminación atmosférica y el "efecto de invernadero". Sin embargo, Peet y Christensen (1987) y Franklin *et al.* (1987), señalan que existen otros factores tales como la competencia, los incendios, las sequías, la edad y la fisiología del árbol, así como los depredadores, los cuales juegan también un papel importante que predisponen a los árboles a morir.

Otros autores como Sprugel (1976), Ward (1982), Mueller-Dumbois (1987) y Cutter *et al.* (1991), hacen notar que el fenómeno de muerte masiva también se presenta en forma natural y es parte de la dinámica de ciertos ecosistemas, precisando que el fenómeno puede comprenderse mejor si se reconocen patrones de muerte, bajo condiciones naturales, en las diferentes edades.

En México, el 20.9% de la superficie, esta cubierto de bosques, entre los que destacan los de coníferas y latifoliadas, que ocupan una superficie de 25 millones de hectáreas, de las que se deforestan 287 mil hectáreas anualmente, según el Inventario Forestal Nacional de Gran Visión (SARH, 1992), el cual señala para la zona central de México, dos tipos de superficies forestales perturbadas:

1. Áreas perturbadas. Presentan superficie desmontada y vegetación alterada con diferentes grados de recuperación. En la región central ocupan una superficie de 5.4 millones de hectáreas.

2. Áreas fuertemente perturbadas. Estas zonas presentan grados avanzados de erosión y, en la región central representa una superficie de 550 000 hectáreas.

Además, en esta misma región también se ha reportado el fenómeno de muerte masiva del arbolado (Rodríguez *et al.*, 1987; Vázquez, 1987; Alvarado *et al.*,

1993) principalmente en los géneros *Abies* y *Pinus*.

Importancia de los bosques mixtos templados

Los beneficios que se obtienen de los bosques mixtos templados y más específicamente de los que se desarrollan en el Eje Neovolcánico, son:

1. Poseen una gran biodiversidad, así como un alto porcentaje de especies endémicas (Rzedowski, 1978 y Toledo, 1988),
2. Juegan un papel importante en la captación de humedad y en el mantenimiento de los cuerpos acuáticos y mantos freáticos, lo que favorece las actividades de los principales centros de población del país (Guadalajara, Morelia, Toluca, Cuernavaca, Distrito Federal, Puebla, Tlaxcala, Jalapa y Colima).
3. Constituyen el pilar más fuerte de la industria forestal del país y aportan leña, la cual constituye el 70% de la base energética del medio rural (SEMIP, 1988). Además proporcionan sitios de recreación, esparcimiento y belleza escénica, y protegen otros recursos, como el suelo, la flora y la fauna.

La restauración como alternativa de solución

La problemática de la deforestación se ha tratado de resolver a través de la creación de Parques Nacionales y más recientemente en otras categorías englobadas dentro de la denominación de Áreas Naturales Protegidas, sin embargo, Jordán (1990) considera que no basta decretar dichas áreas ya que:

a) Grandes extensiones acuáticas y terrestres se han alterado profundamente por las actividades humanas y, en varios lugares, dichas actividades continuarán indefinidamente.

b) Existen ciertas clases de cambio, algunos tan notables como el clima, que afectarán en un futuro aquellas áreas elegidas para la conservación.

c) Las áreas de conservación de vida silvestre, en varios casos, puede incrementar su valor como reservorio de la biodiversidad, con un pequeño aumento en tamaño, si se reconstruye de manera activa las comunidades naturales de sus

alrededores.

d) Existen numerosas especies que fácilmente pueden ser colocados al borde de la extinción, pues sus hábitats se han reducido e incluso se han eliminado, y su única forma de sobrevivir durante un lapso más grande de tiempo es reconstruir su hábitat natural por iniciativa humana.

e) La conservación *ex situ*, tendría poco valor ambiental a largo plazo, a menos que se encuentre una forma de proveer de hábitats, creando éstos en los sitios de origen.

Por todo lo anterior, se debe considerar que la conservación *in situ* o *ex situ*, es solo parte de una estrategia para la conservación de la biodiversidad, lo que aunado a los inevitables cambios globales como el del clima, implican que para preservar las especies y ecosistemas a largo plazo se tiene que aprender a manejarlos y a extenderlos.

ITTO (1989), Jordán (1990) y Pottinger (1993) consideran que para cualquier intento de establecer o restablecer especies vegetales en un ecosistema y lograr que dicha especie se reproduzca por sí misma indefinidamente, se debe conocer una serie de características básicas como son: 1) Los requerimientos de las especies para producir semillas, 2) Los requerimientos ecológicos para la germinación y 3) Los requerimientos ecológicos para el establecimiento de las plántulas de las especies. Este conocimiento permitirá el restablecimiento de una especie y la restauración de un hábitat.

En virtud de que existe información acerca de los requerimientos para la producción y germinación de semillas en *Abies* (Vaartaja, 1962; Eis *et al.*, 1965; Franklin, 1974; Hedlin *et al.*, 1980; Patiño *et al.*, 1983; González, 1985; y Houle, 1992); *Pinus* (Niembro *et al.*, 1978; Patiño *et al.*, 1983; Musalem 1984 y 1985; Ángeles, 1984; Niembro, 1985; Galván y Martínez 1985) y *Quercus* (Del Río, 1985; Isidro, 1985; Ponce de León, 1985; Bonner y Bozzo, 1987; Quintana y González, 1990; Figueroa *et al.*, 1993; Romero y Camacho, 1993; Alfaro y Romero, 1993; Sierra y González, 1993; Bonfil, 1995 y 1998; Ramírez y Hernández, 1995; Barik *et*

al., 1996; y Robledo, 1997), se decidió investigar el aspecto de establecimiento de plántulas, con el enfoque de micrositio, del cual no se encontraron estudios para especies mexicanas de la zona central.

Importancia del micrositio en el establecimiento de plántulas

Harper (1977), señala que si un gran número de semillas está presente en el suelo y cada año llegan nuevas semillas, de manera más o menos regular, y sólo una fracción germina y emerge para dar lugar a nuevas plántulas; entonces la presencia o ausencia y la densidad de una población de plántulas, depende no solo de la existencia de semillas, sino de la frecuencia de "sitios seguros" ofrecidos por el ambiente.

Un sitio seguro es aquella zona o micrositio en la cual la semilla encuentra el estímulo requerido para germinar y emerger, en donde las amenazas de sequía, depredación, competencia y sustancias fitotóxicas están ausentes o muy disminuidas, lo suficiente para asegurar el éxito o establecimiento, por lo que las causas señaladas anteriormente constituyen un tamiz ambiental, para el reclutamiento de plántulas (Harper, 1977 y Naylor, 1985).

Algunos autores como Grimme (1982), Naylor (1985) y Fowler (1988), estiman que el micrositio y sus condiciones son, en escala de espacio y tiempo, diferentes por lo que consideran que el micrositio es la zona con requerimientos para el éxito de una semilla hasta concluir su fase de establecimiento.

Para las plántulas de árboles, los principales componentes del micrositio que influyen en su establecimiento son:

Composición y espesor de hojarasca. Rizvi y Rizvi (1992), señalan que la mayoría de los componentes vegetales en un bosque tienen interacciones y uno de los principales mecanismos es a través de la hojarasca que producen. Harmon *et al.* (1986), Faccelli y Pickett (1991) y Rizvi y Rizvi (1992), señalan que la hojarasca puede ser definida como restos de material vegetal muerto, de tamaño pequeño, reconocible, que está depositado y extendido sobre la superficie del suelo en una comunidad vegetal. La hojarasca puede influir sobre el ambiente químico y físico del

suelo.

En el ambiente químico la hojarasca influye en:

a) La disponibilidad de nutrimentos. Debido a que regulan la tasa de liberación de nutrimentos hacia el suelo y por lo tanto su disponibilidad para las plántulas (Lee, 1985; Facelli y Pickett, 1991).

b) Producción de fitotoxinas, los cuales tienen efectos fundamentalmente en la reducción de la germinación y/o en el establecimiento de las plántulas, como se ha demostrado en algunas especies de *Pinus* (Kil, 1992), *Eucaliptus* y *Quercus* (Rice, 1979), *Picea* y *Larix* (Sydes y Grime, 1981). Sin embargo Facelli y Pickett (1991), Rizvi y Rizvi (1992), Kil (1992), y Rice, (1979), consideran que los mecanismos de acción están muy poco estudiados.

En el ambiente físico la hojarasca influye en:

a) Interceptación de luz. La disminución o falta de luz puede ocasionar un lento crecimiento en las plántulas (Grime, 1982; Facelli y Pickett, 1991).

b) Temperatura del suelo. La presencia de hojarasca modera los cambios extremos de temperatura, y evita que las semillas y el sistema radical de plántulas no se congelen o se des sequen por la acción del calor (Evans y Young, 1979; Grimme, 1982; Knaap y Seastedt, 1986; y Facelli y Pickett, 1991).

c) Dinámica hídrica. La presencia de hojarasca generalmente incrementa la infiltración, reduce la evaporación y disminuye el escurrimiento, favoreciendo el desarrollo y la sobrevivencia de varias plántulas (Walsh y Voight, 1977; Grimme, 1982; y Facelli y Pickett, 1991).

d) Proceso de germinación. La hojarasca puede actuar como barrera física al retener semillas en su interior, las cuales pueden germinar pero su radícula o el epicotilo no pueden alcanzar inmediatamente el suelo o la superficie, respectivamente, y la plántula puede morir (Tomas y Wein, 1985; Valencia, 1992).

Por los efectos que tiene, Del Moral y Cates (1971), Rice (1979), Sydes y Grimme (1981), Elleberg (1988), Facelli y Pickett (1991) y Rizvi y Rizvi (1992), han sugerido que la capa de hojarasca es quizá la capa que más influencia tiene sobre una comunidad vegetal, por lo que se debe considerar en cualquier estudio

demográfico de plántulas.

Densidad de herbáceas. Una alta densidad de herbáceas, pueden causar interferencia de luz y posiblemente competencia por nutrimentos (Faccelli y Pickett, 1991; Adams *et al.*, 1992; Lorimer *et al.*, 1992).

En México, los estudios sobre la interferencia de herbáceas, en el establecimiento de plántulas son escasas. Pimentel (1978), señala que los arbustos y el zacatón, afectan la regeneración de coníferas, mientras que Fernández (1987) y Valencia (1992), consideran que más bien son las herbáceas, en tanto Manzanilla (1976), sugiere que la gruesa capa de musgos puede jugar un papel importante en la regeneración del oyamel.

Otros factores que se han mencionado, influyen sobre el establecimiento de plántulas de arboles son: microtopografía de la superficie del suelo (Harper, 1977; Hamrick y Lee, 1987), grado de exposición a la sombra (Manzanilla, 1976; Monk y Gabrielson, 1985; Thomas y Wein, 1985) y pedregosidad del área (Valencia, 1992).

Por lo anterior, en el presente trabajo tuvo como finalidad evaluar la sobrevivencia de plántulas, en tres condiciones ambientales y su relación con la composición y el espesor de la hojarasca. Las plántulas son de especies representativas en el Eje Neovolcánico de los géneros *Abies*, *Pinus* y *Quercus*. Las condiciones ambientales fueron: 1) Bosque maduro, con escaso deterioro y con mayor espesor de hojarasca; 2) Bosque representante de áreas perturbadas o con deterioro parcial, con diversos espesores de hojarasca; y 3) Zona deteriorada, con nula presencia de hojarasca.

Para el caso de *Abies*, se trabajó en el Parque Nacional "El Chico", estado de Hidalgo, mientras que para *Pinus* y *Quercus* se trabajó en los bosques mixtos de pino-encino y pastizales de Milpa Alta, D. F., en el área perteneciente a la Ciudad de la Ciencia y Tecnología (CICITEC-IPN). Para facilitar la comprensión y seguimiento del trabajo, los estudios se presentan por separado en los capítulos subsecuentes, y al final se realiza una discusión general del tema que los engloba.

LITERATURA CITADA

- Adams, T. , P. Sands, W. Westkamp y N. Mc Dougal. 1992. Oak seedling establishment in California Oak Woodlands. **En:** Ecology and Management of Oak and associated Woodland: Perspectives in the Southwestern United States and Northerm México. USDA. For. Serv. Rocky Mountain For. Range Exp. St. Fort Collins, Co. General Technical Report. RM -218: 137-140.
- Alvarado, D., L.I. de Bauer y J. Galindo. 1993. Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park South of Mexico City. *Environ. Pollution*. 80: 115-121.
- Alfaro, O y S. Romero. 1993. Estudio sobre la germinación de *Q. crassifolia* H & B y *Q. rugosa* Née (Fagaceae). **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. Mexico.
- Angeles, E. 1984. Producción de semillas en un piñonar del Estado de Hidalgo. Tesis, Biología. ENEP Zaragoza, UNAM.
- Barik, S. K., R. S. Tripathi, H. N. Padey y P. Rao. 1996. Tree regeneration in a subtropical humid forest: effect of cultural disturbance on seed production, dispersal and germination. *J. Applied Ecology* 33: 1551 - 1560.
- Bonfil, C. 1995. Establecimiento, sobrevivencia y crecimiento de plántulas de dos especies de encino en el Ajusco, D. F. **En:** Memorias del III Seminario Nacional de Utilización de Encinos, 350-365. Facultad de Ciencia Forestales, UANL. Reporte científico. Núm. Esp. 15.
- Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledons reserves and herbivore on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal Botany*. 85: 79 - 87.
- Bonner, F. T. y J. A. Vozzo. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. USDA For. Serv. South. For. Exp. St. Gen. Tech. Rep. SO-66.
- Cutter, S., H. Lambert y W. Renwick. 1991. Exploitation, conservation, preservation. A geographical perspective on natural resource use. 2a Ed. John Wiley. USA.
- Del Moral, R. y R. Cates. 1971. Allelopathic potential of the dominant vegetation of western Washington. *Ecology*. 52: 1030-1037.
- Del Río C. 1985. Entomofauna asociada a *Quercus* spp, en la meseta Tarasca. *Bol. Téc. Inst. Nal. Invest. For.* No. 124. México.

- Eis, S., E. Garman y L. Ebell. 1965. Relation between cone production and diameter increment of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco), grand fir (*Abies grandis* (Dougl.)Lindl.) and western white pine (*Pinus monticola* Dougl.). *Can. J. Bot.* 43: 1533-1559.
- Elleberg, H. 1988. *Vegetation ecology of central Europe*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Evans, R. A. y J. Young. 1970. Plant litter and establishment of alien annual weed species in rangeland communities. *Weed Science* 18: 697-703.
- Faccelli, J. y S. T. A. Pickett. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Bot. Rev.* 57:1-32.
- Fernández, M. T. 1987. Estudio ecológico del Bosque de *Abies religiosa* en el Parque Nacional "La Malitzin" en el Estado de Tlaxcala, México. Tesis Biólogo. ENEP Iztacala, UNAM México.
- Figueroa, R. M., M Olvera y S. Moreno. 1993. Fenología de cuatro especies de encino en cerro grande, Estados de Jalisco y Colima. **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. México.
- Fowler, N. L.: 1988. What is a safe site?: Neighbor, litter, germination date and patch effects. *Ecology*, 69: 947 - 961.
- Franklin, J. F. 1974. *Abies*. Mill, *En Seeds of woodyplants in the United States*. USDA Forest Serv. Dept. Agriculture. Handbook 450. Washington, D. C. 168-193.
- Franklin, J., H. Shugart y M. Harmon. 1987. Tree death as an ecological process. *BioScience* 37 (8): 550- 556.
- Galvan, M. y P. Martínez. 1985. Diferentes profundidades de siembra en almácigos en *Pinus montezumae* Lamb, *P. pseudostrobus oaxacana* Martínez y *Abies religiosa* (H.B. K.) Schl. et Cham. **En:** Memorias de la III Reunión Nacional Sobre Plantaciones Forestales. pp 330-361. INIF. México.
- González, M. J. 1985. Comportamiento de la germinación y crecimiento inicial de *Abies religiosa*, en diferentes aperturas de dosel, preparación del suelo y variantes de sombra en Zoquiapan, México. Tesis. Ing. Agrónomo, esp. Bosques. UACH. México.
- Grime, J. P. 1982. *Estrategias de adaptación de las plantas y los procesos que implican*. Limusa, México.

- Hamrick, J. L. y J. L. Lee. 1987. Effects of soil surface topography and litter cover on germination, survival and growth of musk thistle. *Amer. J. Bot.* 74:451-457.
- Harmon, M., J. Franklin, F. Swanson, P. Collins, S. Gregory, J. Lattin, N. Anferson, S. Cline, N. Aumen, J. Sedell, G. Lienkaemper, K. Cromack Jr., y K. Cummins. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 15: 133 - 302.
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press Inc. New York.
- Hedlin, F. A., O. Yates, O. Cibrian, W. Korber y P. Merckel. 1980. Cone and seed insects of North American Conifer. Canadian Forest Service, United States Forest Service, SARH, México.
- Hinrichsen, D. The decline forest enigma. *BioScience* 37(8): 542-546
- Houle, G. 1992. The reproductive ecology of *Abies balsamea*, *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* in the Tantaré Ecological Reserve, Quebec. *Journal of Ecology*. 80: 611-623.
- Isidro, M. A. 1985. Crecimiento longitudinal y fenología de *Quercus germana* Sch y Cham. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 69-84.
- ITTO 1989. Pre-proyect study report-enrichment planting. International Tropical Timber Organization. 139 pp.
- Jobidon, R. 1992. Allelopathy in Quebec. Forestry case studies in natural and managemet ecosystems. **En:** Rizvi, S. and Rizvi V. (Eds.). *Allelopathy. basic and applied aspects*. cap. 20. Chapman Hall, London.
- Jordan, W. 1990. Restoration ecology. **En:** Jordan, W., Gilpin, M. y J. Aber (Eds.) *Restoration Ecology*. Cap. 1. Cambridge University Press.
- Kil, B. J. 1992. Effects os pine allelochemicals on selected species in Korea. **En:** Rizvi an Rizvi (Eds.). *Allelopathy. Basic and apilled aspects* . Cap. 14. Chapman Hall. London.
- Knapp, A. y T. R. Seasted. 1986. Detritus accumulation limits productivity of tallgrass praire. *BioScience* 36: 622 -668.
- Kormuták, A. 1985. Study on species hibridization within the genus *Abies*. *Acta Dendrobiologica*. 1985. 1 - 127.

- Lee, K. E. 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soil and land use. Academic Press. New York.
- Lorimer, C., J. Chapman, y W. D. Lambert. 1994. Tall understory vegetation as a factor in the poor development of oak seedlings beneath mature stands. *Ecology*. 82: 227 - 237.
- Manzanilla, H. 1976. Investigaciones epidemiológicas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. SAG. Mexico. 165 pp.
- Monk, C. D. y F. C. Gabrielson. 1985. Effect of shade, litter and root competition on old field vegetation in South Carolina. *Bull. Torrey Bot. Club*. 112:383 - 392.
- Mueller-Dombois, D. 1987. Natural dieback in forests. *BioScience*. 37(8): 575-583.
- Musálem, M.A. 1984. Efecto de factores ambientales en la regeneración de *Pinus montezumae* Lamb. en un bosque templado de México. Tesis presentada a la facultad de la Escuela de Graduados de la Universidad de Yale. New Haven, Connecticut. 244 pp.
- Musálem, M.A. 1985. Influencia del fotoperíodo y la temperatura en la germinación de semilla de *Pinus montezumae*, Lamb. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.
- Naylor, R. E. 1985. Establishment and peri-establishment mortality. **En** Harper, J. L. (Ed.) *Studies on Plant demography*. pp. 95-109. Academic Press Inc. London.
- Niembro, A., M.A. Musalem y H. Ramirez. 1978. Efecto del tamaño y color de las semillas de *Pinus hartwegii* en la germinación. **En:** Plantaciones Forestales. 1a. Reunión Nacional. pp110-117. Pub. Esp. No 13. SARH. México.
- Niembro, A. 1985. La importancia del conocimiento y la necesidad de investigación en semillas forestales para el establecimiento de plantaciones en México. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.
- Patiño, F., P. De la Garza, Y. Villagómez, I. Talavera, y F. Camacho. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo No. 63. INIF México.
- Peet, R. y N. Christensen. 1987. Competition and tree death. *BioScience*. 37(8):586-595.

- Pimentel, L. 1978. Preparación del terreno en plantaciones forestales. **En:** Plantaciones Forestales. 1a. Reunión Nacional. pp. 187-193. Pub. Esp. No 13. SARH. México.
- Ponce de León, L. 1985. Ecofisiología de las primeras etapas del crecimiento de *Quercus sartorii*. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 85-94.
- Pottinger, A. J. 1993. The experience of foresters in re-establishment and habitat restoration. *Bot. Garden Conservation* 2 (2): 26 - 34.
- Quintana, P. y M. González. 1990. Remoción de bellotas y sobrevivencia de plántulas de *Quercus crispipilis*, en bosques fragmentados de los altos de Chiapas, México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Ramírez, A. y A. Hernández. 1995. Ensayos de propagación por semilla de *Quercus mexicana* H. B. en el A. E. F. Piedra Alta, de la Sierra de Álvarez (San Luis Potosí). **En:** Memorias del III Seminario Nacional de Utilización de Encinos. pp 345-349. Facultad de Ciencia Forestales, UANL. Reporte científico. Núm. Esp. 15.
- Rice, E. L. 1979. Allelopathy. An update. *Bot. Rev.* 45:15-109.
- Rizvi, S. J. y V. Rizvi. 1992. Allelopathy. Basic and applied aspects. Chapman Hall. London.
- Robledo J. A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, D.F. Efecto del tamaño de la semilla. Tesis, Biología, FES Zaragoza, UNAM.
- Rodríguez, L., V. Serrano y V. Vázquez. 1987. Dendrocronología de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en el área del Parque Cultural y Recreativo, Desierto de los Leones. **En:** Resúmenes del X Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Romero, S. y F. Camacho. 1993. Germinación de *Q. crassipes* H.&B. y *Q. candicans* Née (Fagaceae). **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. Mexico
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Saoma, 1985. Discurso Inaugural del XI Congreso Forestal Mundial, Tomo I. SARH. México.

- SARH.1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión (1991-1992). SARH. México.
- SEMIP. 1988. Energía rural en México. Resumen Ejecutivo Nacional, Vol 1. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, México.
- Sierra, C. y R. González. 1993. Efecto de algunos factores bióticos (intensidad luminosa, humedad y hojarasca) que intervienen en la germinación y crecimiento de *Quercus rugosa* Née. **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. México.
- Sprugel, G. 1976. Dynamic structure of wave regenerated *Abies balsamea* forest in northeastern United States. *J. Ecol.* 64: 889-911.
- Sydes, J y P. Grimme. 1981. Effect of tree leaf litter on herbaceous vegetation in the deciduos woodlands. 1. Field investigations. *J. Ecol.* 69:249 - 262.
- Thomas, R. y R. Wein. 1985. Delayed emergence of four conifer species of postfire seed beds in eastern Canada. *Can. J. For. Res.* 15:727-729.
- Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 81: 17-30.
- Vaartaja, O. 1962. The relationship of fungi to survival of shaded tree seedling. *Ecology* 43(3): 547-549.
- Valencia, J. 1992. Análisis de la regeneración después del tratamiento de "árboles padre" en Atenquique, Jalisco. *Rev Ciencia Forestal en México.* vol 17:71: 63 - 85.
- Vazquez, S. J. 1987. El saneamiento y limpia forestales en el Desierto de los Leones. COCODER- DDF. México.
- Ward, L. 1982. The conservation of juniper: longevity and old age. *J. Appl. Ecol.* 19: 917-928.
- Walsh, R. D. y P. J. Voigth 1977. Vegetation litter: An underestimated variable in hidrology and geomorphology. *J. Biogeogr.* 4: 253 - 274.

CAPITULO I

Abies religiosa (H.B.K.) Schl. et Cham.

RESUMEN

La comprensión de los factores que influyen en la regeneración natural, es básico para la conservación de los bosques y se ha mencionado que la hojarasca es uno de los principales factores. En este trabajo se estudió la influencia que ejerce el tipo de sustrato y el espesor de la hojarasca, sobre el establecimiento de plántulas de *Abies religiosa*, en tres condiciones: bosque maduro, bosque con deterioro parcial y zona deteriorada, en el Parque Nacional "El Chico", Estado de Hidalgo.

En cada condición, se marcaron al azar, 100 plántulas recién emergidas, midiendo su altura inicial. Asimismo, se caracterizó el tipo de sustrato (musgo; musgo y hojarasca; hojarasca de oyamel; y suelo desnudo) y se midió el espesor del mismo. Las plántulas se revisaron mensualmente durante dos años. Se consideraron establecidas aquellas plántulas sobrevivientes al término del estudio.

Los datos se analizaron con el paquete SAS (1985), a través de una prueba de ANOVA, por rangos de Kruskal-Wallis.

Los resultados muestran un nulo establecimiento en el interior del bosque maduro y en la zona deteriorada. En el primero se presentaron varios factores (enfermedad por hongos, barrera física de musgo, barrera física y efectos químicos de la hojarasca, así como obstrucción de liquen), en tanto que en el segundo hubo menos factores (enfermedad por hongos y sequía).

En el bosque con deterioro parcial el establecimiento ocurrió en zonas con hojarasca de oyamel, a espesores menores de 1.5 cm.

El establecimiento de plántulas en zonas con deterioro parcial, permite suponer que la restauración de bosques, de condiciones similares al estudiado es factible.

Palabras clave: Coníferas, *Abies religiosa*, establecimiento, micrositio, restauración.

1. INTRODUCCION

El género *Abies* en México constituye bosques generalmente monoespecíficos y la especie mejor distribuida, principalmente en la región central, es *A. religiosa* (Rzedowski, 1978). Estos bosques son de gran importancia económica. Patiño *et al.* (1983), mencionan que un 88.4 % de la importación forestal lo constituyen celulosa y papel, productos que se extraen principalmente de este género.

Los bosques de oyamel han presentado una reducción en su extensión, al parecer debido a factores tales como tala (SARH, 1992), plagas (Hernández, 1979) y enfermedades (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1976). En los últimos años se ha agregado un nuevo factor que al parecer se relaciona con la contaminación del aire, ya que Vázquez (1987) y Rodríguez *et al.* (1987), reportan muerte masiva del arbolado en el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, igualmente Alvarado *et al.* (1993), citan la muerte masiva de árboles de *Abies* en otras áreas como el Ajusco y Los Dínamos de Contreras, en los alrededores de la Ciudad de México y señalan que la contaminación del aire, producida principalmente por ozono y los óxidos de azufre, así como una deficiencia de manganeso en el suelo y, probablemente un mal manejo forestal, son los factores que influyeron en el arbolado para su mortandad. Herrera y Rosas (1991), consideran que la contaminación, principalmente por metales pesados, afecta a estos bosques, ya que en muestreos del líquen *Ramalina farinaceae*, se encontró un rango de 5.9 - 32 µg/g de plomo.

Por otra parte, los bosques de *A. religiosa* presentan escasa o nula regeneración (Manzanilla, 1976; Fernández, 1987; y Rivera, 1989.) y las reforestaciones en las que se ha utilizado esta especie, han tenido poco éxito según Carreño (1973), Galván y Martínez (1985), Reygadas *et al.* (1989), y Lara (1994), por lo que es necesario un estudio acerca de los factores y procesos que intervienen en la regeneración natural, principalmente en la etapa de establecimiento en plántulas de *A. religiosa*.

2. REVISION DE LITERATURA

Aspectos generales

El género *Abies* es un componente importante de los bosques boreales (Sprugel, 1976; Kormuták, 1985; y Archibold, 1989). Mc Vaugh (1992) menciona que el conocimiento taxonómico del género es incompleto y que existen entre 40 y 60 especies. En México, Martínez (1963), señala que existen 8 especies y 5 variedades. Recientemente Rushfort (1989), propone 2 nuevas especies, *A. colimensis* y *A. flinkii*, sin embargo Mc Vaugh (1992), considera que dichas especies son semejantes a *A. religiosa* y no los reconoce como nuevas especies.

La especie *A. religiosa*, es conocida con los nombres de oyamel, pinabete, en náhuatl como "ocxoatl", en Inglés como "Sacred fir" y en Alemán como "Heiligetanne" (Martínez, 1963; Manzanilla, 1976). En este trabajo se designará principalmente como *Abies religiosa* y oyamel.

Los bosques de esta especie se encuentran dispersos y localizados principalmente en el centro del país. Según Madrigal (1967), Manzanilla (1976) y Rzedowski (1978), en la mayoría de los casos se presenta en forma de manchones, muchas veces restringidas a un cerro, una ladera o una cañada y las áreas continuas de mayor extensión se presentan en las serranías que circundan el Valle de México y en las montañas del Eje Neovolcánico.

Esta especie se distribuye en los estados de México, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, Guerrero y Tlaxcala y en general su distribución se halla comprendida entre los 17° 30' y 21° 00" latitud norte y entre 97° y 104° 00" longitud oeste (Manzanilla, 1976).

Los bosques de *Abies*, en México, ocupan cerca del 0.16% del territorio (Flores *et al.*, 1971 y Rzedowski, 1978). Manzanilla (1976), calcula para *Abies religiosa* una superficie entre 40 000 y 50 000 hectáreas, y considera que de un 80 a un 90%, esta concesionada para su explotación y de un 10 a un 20% se encuentran

dentro de los parques nacionales

El género *Abies*, al igual que los géneros *Pinus* y *Quercus*, presenta una mayoría de endemismos, ya que de 8 especies, 6 están restringidas a México, mientras que *A. guatemalensis* se extiende hasta Guatemala y probablemente hasta Honduras, en tanto que *A. concolor* se encuentra en Canadá, el oeste de Estados Unidos de Norteamérica y las Sierras de Baja California (Rzedowski, 1978).

Distribución de los bosques de *Abies religiosa*

La distribución de los bosques esta asociada a varios factores, entre los que destacan:

Altitud. Rzedowski (1978), señala que los bosques de *Abies* en Norteamérica y en otras partes del mundo alcanzan el piso altitudinal superior de vegetación, pero en México no ocurre así ya los bosques de *A. religiosa* tienen un piso superior que generalmente es de *Pinus hartwegii*. Manzanilla (1976), menciona que su límite inferior es de 2100 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), en exposición SO. El nivel superior lo alcanza en el Ajusco, D. F. a los 3600 m.s.n.m.; en los límites extremos, con frecuencia se encuentra mezclado con otras especies, mientras que en la parte media de su distribución hay dominancia de rodales puros. En estos últimos, pueden encontrarse pequeños grupos de *Pinus patula*, *Cupressus lindleyi* o *P. ayacahuite*.

Clima. Los bosques de *A. religiosa* están confinados a laderas de cerros protegidas de vientos fuertes y de la insolación intensa y requieren de clima donde la humedad sea elevada, con una precipitación media anual superior a los 1000 mm, distribuida en 100 o más días con lluvia apreciable. Ordinariamente el número de meses secos no es mayor de cuatro y se presentan de diciembre a marzo.

La forma de precipitación más frecuente es la lluvia, sin embargo también presentan granizadas, rocío e incluso nieve. El rocío se presenta más frecuentemente en los meses de septiembre, octubre y noviembre (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1976; Rzedowski, 1978; Martínez y Avendaño, 1987; y Rivera, 1989).

La humedad atmosférica, al parecer es un factor decisivo en la distribución del bosque (Madrigal, 1967; Lauer, 1978; Rzedowski, 1978; e Islebe *et al.*, 1993), incluso más que la propia temperatura.

El promedio anual de días con heladas es generalmente superior a 60 y éstas pueden presentarse de septiembre a marzo en las partes bajas y en alturas mayores (por encima de los 3000 msnm) se pueden presentar en cualquier mes del año. La oscilación diurna de la temperatura tiene un promedio anual de 11 a 16 °C. La fórmula climática que corresponde generalmente a estos bosques es C(E)w (Rzedowski, 1978).

Exposición. Madrigal (1967), al igual que Sánchez y Pineda (1991) reportan que los bosques de oyamel se pueden localizar en las exposiciones N, S, SE, SW, W y NO. Rivera (1989), en el Parque Desierto de los Leones, encuentra que están relacionadas frecuentemente con exposiciones N, S, W y NO.

La exposición ejerce su influencia en función de la humedad, la intensidad de luz, dirección y fuerza de vientos. Por ejemplo, la zona más deteriorada del Parque Desierto de los Leones, se localiza en exposición NE, que es la más expuesta a los vientos de la Ciudad de México y la de mayor insolación. En la exposición Oeste, la cual está más protegida, los árboles son más vigorosos y frondosos (Rivera, 1989 y Alvarado *et al.*, 1993).

Pendiente. Estos bosques se encuentran sobre pendientes que varían desde 17% hasta 60 % (Madrigal, 1967). Rivera (1989), menciona que el oyamel es favorecido por las pendientes regulares, sin embargo se desarrolla muy bien en pendientes fuertes de hasta 80 a 90 %. Manzanilla (1976), reporta bosques de *A. religiosa* en zonas con pendientes de 3 a 40°. De lo anterior se desprende que este factor no influye en el arbolado de manera determinante.

Geología. Rzedowski (1978), Madrigal (1967) y Manzanilla (1976), señalan que los sustratos geológicos sobre los cuales se desarrollan los bosques de oyamel son variados, pero predominan los de origen volcánico, cenizas volcánicas (García, 1970 y Hayama, 1971), sobre todo andesitas y basaltos. Para otras especies, en la Sierra Madre Oriental y en el Macizo Central de Chiapas los bosques se desarrollan

a menudo sobre rocas calizas, mientras que en el poniente y sur del país se desarrollan también sobre granito y rocas metamórficas

Suelos. Madrigal (1967), Ávila (1987) e Islebe *et al.* (1994), mencionan que los bosques de oyamel se desarrollan en suelos típicamente profundos, bien drenados, pero húmedos todo el año, de textura franca y migajón arenoso. Asimismo reportan valores de pH ácidos (5-7) y materia orgánica abundante (hasta un 35.4 %).

Por otra parte Manzanilla (1976), encuentra que el oyamel en general, se desarrolla sobre suelos jóvenes y reporta Inceptisoles y Espodosoles como los tipos de suelo más frecuentes, los cuales tienen dos o tres horizontes (A, B, y C). El color de los suelos corresponde en la mayoría de los casos a diferentes tonos de 10 YR de las tablas Munsell. La estructura del suelo puede ser granular o en bloques y la textura puede ser de suelos limoso-arenosos, arcillo-arenosos, o arenosos. Considera que los suelos son generalmente profundos, aunque en algunas localidades, los bosques pueden desarrollarse prácticamente sobre lava o capas delgadas de cenizas volcánicas.

Los bosques de oyamel protegen al suelo de la erosión, ya que lugares donde se han talado, se han desarrollado cárcavas de 2-3 metros de profundidad (Manzanilla, 1976). Anaya (1962), señala que las propiedades físicas, tales como la profundidad y la humedad de los suelos influyen, más que las propiedades químicas, en el desarrollo de *A. religiosa*. Al respecto Madrigal (1967) y García(1970), consideran que los factores del suelo que más influyen son: Drenaje, profundidad, textura y contenido de humus.

Estructura

Los bosques de oyamel, generalmente están constituidos por 5 estratos: a) Rasante, dominado por musgos, b) Herbáceo, el más diverso, c) Arbustivo, fundamentalmente compuestas de los géneros *Senecio* y *Baccharis*, d) Arbóreo inferior, constituido por arboles de hoja ancha y e) Arbóreo dominante, compuesto fundamentalmente de *A.*

religiosa y en ocasiones con algunos individuos del género *Pinus* (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1976; Rzedowski, 1978; y Rivera, 1989).

Un bosque no perturbado de oyamel en general se presenta con arbolado denso, cuya penumbra limita el crecimiento de los arbustos y el estrato herbáceo es muy limitado (Manzanilla, 1976 y Rzedowski, 1978). Sin embargo lo más común es que debido a disturbios o a lo abrupto del terreno, la cantidad de luz en el interior sea mayor y el sotobosque se presenta con mejor desarrollo y mayor diversidad.

En el estrato arbóreo inferior se pueden presentar especies de *Quercus*, *Alnus*, *Salix*, *Arbutus*, *Prunus*, *Garrya*, *Buddleia* y otros. En el estrato arbustivo se encuentran *Arctostaphylos*, *Juniperus* y *Symphoricarpos*. El estrato rasante está dominado por musgos y según Madrigal (1967), su cobertura puede llegar a ser hasta del 95%.

En varios lugares es común encontrar a las mismas especies, por lo que Madrigal (1967), Rzedowski (1978) y Rivera (1989), reportan un fuerte grado de asociación entre *A. religiosa* y las herbáceas como: *Alchemilla*, *Baccharis*, *Pernettya* y *Acaena*.

Según Manzanilla (1976), las especies de los géneros *Senecio* y *Salvia* al parecer presentan los mismos requerimientos para la germinación que *A. religiosa* y posiblemente compitan, debido a que en los lugares donde existen bastantes individuos de estas especies, también se presenta una gran cantidad de plántulas de oyamel.

Rzedowski (1978), señala como uno de los componentes importantes por su diversidad y abundancia, a los hongos.

Enfermedades y plagas

A. religiosa rara vez es atacado por insectos y enfermedades y si esto ocurre se presenta en forma aislada o en pequeños grupos de árboles y según Manzanilla (1976), las principales plagas y enfermedades son:

Arceuthobium abietis-religiosae, hemiparásita, la cual disminuye el crecimiento

y causa deformación del tronco principal, ocasionando una disminución en la calidad de la madera.

Pseudohylesinus mexicanus, *Scolytus ventralis* e *Hylurgops flohri*. Estos insectos causan el descortezamiento y es muy frecuente encontrarlos, sobre todo en árboles viejos a punto de morir o ya muertos. Verduzco (1952, citado por Manzanilla, 1976), comenta que estas plagas explotan cíclicamente, pero se desconoce su periodicidad en México. *Evita hyalinaria* (fam. Geometridae) causa defoliación en el árbol.

Por otra parte, Madrigal (1967), Manzanilla (1976) y Hurtado y Pinzón (1987), mencionan que los hongos causantes de pudrición en la madera de *A. religiosa* son *Fomatopsis pinicola* y *Heterobasidium annuosum*, aunque Martínez y García (1994) consideran que existen 13 especies de hongos potencialmente patógenas.

Dinámica de la comunidad

Pocos trabajos han abordado este aspecto. Madrigal (1967), menciona que a la destrucción de la fase Clímax (bosque de oyamel) le sucede una fase de Gramíneas amacolladas (zacatales) y posteriormente una etapa de arbustivas, entre las que destacan *Baccharis*, *Juniperus*, *Senecio*, *Quercus*, *Arbutus* o *Arctostaphylus*. A continuación se presenta un bosque de encino, le sucede un bosque de pino o de aile (*Alnus*) y por último se vuelve al bosque de oyamel. Rzedowski (1978) está de acuerdo con el autor, pero considera que la sucesión, en varios lugares, puede ser más abreviada ya que los diferentes pastizales, matorrales y bosques secundarios se presentan en función de diferentes situaciones topográficas, altitudinales y sobre todo como respuesta a diversos tipos de disturbio y de condiciones de recuperación.

Manzanilla (1976), hace notar que en zonas de regeneración de *A. religiosa* es frecuente su asociación con *Festuca* y considera que la dinámica que presentan estos bosques es la siguiente: Primero el bosque es destruido por incendios, posteriormente se favorece el establecimiento de especies que requieren luz y al final, el oyamel, gana la capa superior y se hace dominante. Además señala que es

una especie agresiva e incluso que no necesita una protección especial para su desarrollo, como sería la presencia de un dosel superior o de un bosque pionero.

Aspectos demográficos de *A. religiosa*.

Producción de frutos y semillas. El género *Abies* presenta un marcado ritmo estacional de crecimiento, que está altamente correlacionado con la temporada de lluvias y por ello su crecimiento es por verticilos anuales (Manzanilla, 1976; Ramírez, 1989). En general los eventos de desarrollo de hojas, flores y frutos también son anuales y están relacionados con los factores climáticos, principalmente la temperatura y la precipitación.

Manzanilla (1976), reporta que el desarrollo de conos en *A. religiosa* se efectúa en un año porque las yemas florales aparecen en diciembre, alcanzan su desarrollo en marzo y abril, cuando se efectúa la polinización y maduran en agosto y septiembre. También menciona que es posible esperar una buena producción de semillas cada dos años.

Patiño *et al.* (1983), recomiendan que la época de recolección de frutos y semillas sean de diciembre a enero, ya que posteriormente se efectúa la liberación de semillas. Asimismo mencionan un promedio de 26 600 semillas por kilogramo.

Germinación. Archibold (1989), considera que las semillas de *Abies* son insensibles a la luz, pero generalmente germinan mejor en oscuridad, y de acuerdo con Franklin (1974), requieren de buena aireación porque no germinan en condiciones anaerobias, e inclusive señala que piquetes finos sobre las semillas, pueden lograr una mayor germinación.

Las semillas de *Abies* tienen germinación epígea y son relativamente frágiles ya que pueden ser dañadas fácilmente, especialmente durante la etapa de purificación de semilla. Inclusive se considera (Franklin, 1974), que la pérdida de viabilidad de la semilla puede ser atribuida a este proceso, por lo que se recomienda la purificación manual de la semilla.

A. religiosa presenta porcentajes de germinación que oscilan entre el 40 y el 60 % y pierden su viabilidad rápidamente en menos de un año, a menos de que estén refrigeradas, y la práctica común en los bancos de germoplasma, es de utilizarlas rápidamente (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1976; y Patiño *et al.*, 1983). En general y casi para todas las especies de *Abies*, el porcentaje de germinación es bajo (25-50%), según Franklin (1974).

Lluvia de semillas y su depredación. *Abies* es un típico representante del bosque boreal y está adaptado a climas rigurosos, a la sombra de la cobertura perenne, con una pobre representación en el banco de semillas, las cuales constituyen un banco transitorio de invierno (Archibold, 1989; Houle, 1992).

Noble y Ronco (1978), consideran que existe una alta variabilidad en la producción anual del número de semillas de *A. lasiocarpa* y no encuentran relación entre la producción de semillas y el área basal del árbol. En su estudio que comprendió 15 años, solo hubo 2-3 buenos años semilleros y reportan que la distancia de dispersión de semillas permanece constante tanto en años semilleros pobres como en buenos años semilleros.

Diversos autores consideran que la etapa de semilla para muchas especies es una etapa crucial, ya que las más altas tasas de mortalidad se presentan aquí, tanto por los factores que afectan al proceso de germinación en sí y por la depredación a la que están sujetos (Smith, 1970; Janzen, 1976; y Harper, 1977).

Al respecto Smith (1970), señala que las semillas y conos de *Abies* presentan un mecanismo de defensa a la depredación que consiste en los ductos resiníferos que serpentean de principio a fin la capa externa de la semilla, de las cuales exuda una resina muy pegajosa, cuando se fractura. Las ardillas que llegan a alimentarse de los frutos y semillas de estos árboles, presentan el hocico enmarañado de desechos que se pegan por la resina y tienen la conducta de frotarse la cara sobre troncos o ramas para removerla, lo cual concuerda con About (1962), quien menciona que tres géneros de roedores no comen semillas de *Abies* o la dejan como última elección, si se les ofrece una variedad de semillas de otros

géneros, e incluso algunos no la consumen aunque no tengan otro alimento disponible.

Smith (1970), supone que los roedores, al tener que localizar su alimento en un sustrato irregular, se guían por el olfato y si éste está impregnado por resina, la probabilidad de hallar semillas de otras especies sería muy baja, por lo que al no comerlas, mantienen su sentido del olfato y por lo tanto la probabilidad de hallar otras semillas más convenientes. Además considera que la resina de *Abies* es muy ligera y al parecer no obstruye el mecanismo de dispersión, por lo que su función está ligada a la protección de la semilla.

Fowells (1965, citado por Archibold, 1989), reporta que aproximadamente un 95% de semillas de *A. lasiocarpa*, colocadas en sitios experimentales, fue consumida por roedores en un lapso de 2 semanas, lo que permite suponer que la depredación de semillas es alta en algunos sitios y para algunas especies.

Establecimiento de plántulas. Harper (1977), considera que después de la germinación y emergencia de las plántulas, continúa una etapa crítica que consiste en el establecimiento, el cual se define como la fase en la que las plántulas han expandido totalmente la superficie foliar fotosintética y teóricamente son capaces de continuar su existencia de manera independiente a las reservas de las semillas. Posteriormente se enfrenta a dos principales obstáculos para continuar desarrollándose, la falta de humedad y el daño por herbívoros. Además, Patiño *et al.* (1983), considera que los hongos juegan un papel fundamental en la sobrevivencia y en el establecimiento de plántulas de *Abies* ya que son atacadas, en viveros, por diversas especies de hongos causando gran mortalidad.

No se encontraron estudios demográficos de plántulas de *A. religiosa*, sin embargo para otras especies que crecen en países más al norte Noble y Ronco (1978), encuentran que de 834 plántulas, se tuvo un 9% de sobrevivencia después de 7 años. Consideran como establecida a las plántulas que alcanzan la edad de 5 años, ya que factores poco usuales como nevadas muy intensas, pisoteos o depredación por escarabajos pueden afectar seriamente a plántulas de menor edad.

En México, el Inventario Nacional Forestal de Gran Visión (SARH, 1992), reporta que en los bosques sometidos al método de aprovechamiento selectivo, se tiene un promedio de 540 arbolitos por hectárea, mientras que en aquellas sometidas al método de desarrollo silvícola, se determinó un promedio de 4 000 arbolitos por hectárea.

Para los bosques de *A. religiosa*, Manzanilla (1976), calcula que en general y considerando a plántulas mayores de 30 cm, la regeneración natural oscila entre algunos cientos y 2 000 plántulas por hectárea, e incluso reporta sitios con hasta 47, 500 plántulas por hectárea, incluyendo las recién emergidas.

Algunos autores como Kong y Santiago (1990), reportan que *Russula brevipes*, ectomicorriza de *Abies*, puede ser importante en su sobrevivencia.

Otros factor que se ha mencionado como importante en la regeneración es la luz, sin embargo la información disponible es contradictoria. Para Sánchez *et al.* (1991), la regeneración de *A. religiosa* se efectúa bajo el propio dosel, es decir en sombra, sin embargo González (1985), Rivera (1989), y González *et al.* (1990), afirman que la regeneración se presenta en claros del bosque y en bosques abiertos o con baja densidad arbórea, lo que concuerda con Manzanilla (1976), quien hace notar que el problema se restringe a la dosificación de luz, la cual considera vital en la sobrevivencia de plántulas y menciona que la regeneración se restringe a pequeños claros de no más de 500 m², lo que considera necesario investigar experimentalmente.

Por otra parte Fernández (1987), para la misma especie en el Parque Nacional "La Malinche", Tlaxcala, recomienda eliminar el sotobosque, ya que considera que impide la regeneración.

Para otras especies cercanas, se ha reportado lo siguiente: Noble y Ronco (1978), estudiaron el establecimiento de plántulas de *A. lasiocarpa* en lugares abiertos, expuestos a la luz, producto de cortas de aprovechamiento y mencionan que existe una buena regeneración. Sin embargo, Houle (1992), la reporta como una especie tolerante a la sombra.

Sprugel (1976) y Hix y Burton (1984), señalan que la regeneración de *A.*

balsamea, está relacionada con la exposición a la luz, ya que encuentran que la sobrevivencia y el desarrollo de plántulas son mejores en claros grandes de bosque y en zonas sometidas a cortas de aclareo. Sin embargo, Ross *et al.* (1982), reportan a la misma especie como tolerante a la sombra, cuya probabilidad de sobrevivencia se incrementa con la edad, e incluso Thomas y Wein (1985), quienes usando zonas artificialmente sombradas, encuentran que *A. balsamea* tiene mayor éxito en el establecimiento de sus plántulas al incrementar la sombra. Lo anterior permite suponer que existen otros factores que favorecen la regeneración.

Por otra parte, Madrigal (1967), menciona que se han realizado varias plantaciones, sin embargo no se dispone de un registro ni de la localización exacta de las mismas. Señala que Wadsworth en 1960, estableció una plantación en 1918, en el predio de "La Venta", cercano al Desierto de los Leones, bajo el dosel de *Pinus montezumae* y 40 años después se obtuvo una sobrevivencia del 70%, sin embargo no menciona la edad inicial de las plántulas, ni el vigor de los árboles sobrevivientes. Manzanilla (1976), encuentra que lo más común en las unidades de explotación forestal, es la regeneración natural, la cual califica como buena.

Carreño (1973), al evaluar una plantación de oyamel de 20 años de edad, encuentra una alta mortalidad y concluye que no se adapta a condiciones de plantación en áreas abiertas, sin embargo Salas (1990), al evaluar una plantación de *A. religiosa* reporta que, después de 4 años, la sobrevivencia fue del 39%.

De los estudios hasta ahora presentados puede concluirse que no se ha estudiado con detalle el efecto de micrositio, el cual puede ser determinante en el establecimiento de plántulas de *Abies religiosa*, por ello se planteó en este trabajo: Evaluar la sobrevivencia y el establecimiento de plántulas, de regeneración natural, y su relación con la composición y el espesor del sustrato, en tres condiciones ecológicas contrastantes.

3. MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio.

El trabajo se desarrolló en el Parque Nacional "El Chico", el cual se ubica en el Estado de Hidalgo, aproximadamente a 24 Km al NW de la ciudad de Pachuca, en el extremo occidental de la Sierra del mismo nombre, perteneciente a la Sierra Madre Oriental. El Parque posee una topografía de pendientes abruptas y escarpadas, cuyas elevaciones fluctúan entre los 2500 y 3100 msnm (Madrigal, 1967 y Hernández, 1979).

Las formaciones geológicas de la región derivan de rocas ígneas, principalmente del tipo andesita. Los suelos son poco profundos, porosos y bien drenados, presentan horizontes de textura limoso-arenosos, arcillo-arenosos y arenosos. El horizonte superficial se caracteriza por presentar un alto contenido de hojarasca, la cual tiene espesores de 0.5 a 5 cm, constituido por hojas y restos de oyamel, musgos y herbáceas (Madrigal, 1967 y Manzanilla, 1976).

El clima del Parque corresponde a un templado húmedo, con precipitación del mes más seco menor a 40 mm, presenta un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10% del total anual, con 2 máximos de lluvia separados por estaciones secas, una de larga duración en la mitad fría del año y otro de corta duración en la mitad de la temporada lluviosa. Las primeras lluvias aparecen generalmente en mayo y se extienden hasta octubre (Manzanilla, 1976 y González, 1985).

El principal tipo de vegetación es el bosque de *A. religiosa*, presentándose también la asociación *Abies - Quercus* y bosques de *Quercus*. Las especies de encinos más frecuentes son: *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Q. texcocana*.

Selección de los sitios

El bosque de *A. religiosa* se encuentra formando masas puras de gran extensión. Se encuentra en lo que Manzanilla (1976), reporta como la parte media de la

distribución altitudinal, esto es entre los 2900-3100 msnm, por lo que se considera representativo de las condiciones de los bosques de oyamel. Este Parque se recorrió previamente y se eligieron tres zonas con las siguientes características:

Bosque maduro. Posee una alta densidad arbórea, altura del arbolado aproximada de 40 m, la mayoría de los árboles con fuste grueso, escaso desarrollo de herbáceas y escasa presencia de arbustos. No se observaron indicios de tala ni de pastoreo, lo cual coincide con lo que Manzanilla (1976) describe para bosques vírgenes y Rzedowski (1978) como bosques maduros y conservados. La descripción del sitio es la siguiente:

Ubicación: Camino a la Torre de vigilancia contra incendios.

Altitud: 3100 msnm

Exposición: Noreste

Pendiente: 10%

Densidad arbórea: 450 árboles/ha

Sotobosque constituido principalmente por las especies *Senecio angulifolius*, *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbens*. En el estrato mucinal, el principal componente fue *Thuidium delicatum*.

Bosque con deterioro parcial. Presenta dominancia arbórea, pero la densidad del arbolado es menor que en el caso anterior, con grandes claros que permiten el paso de luz, hay vestigios de tala. Existe desarrollo de herbáceas y de pocas arbustivas. Estas características corresponden a lo que Manzanilla (1976), clasifica como bosque natural sometido a aprovechamiento. Su caracterización es la siguiente:

Ubicación 500 m antes del "Valle de los Conejos".

Altitud: 2960 msnm, Exposición: Sur, Pendiente: 2%.

Bosque con estrato arbóreo de *A. religiosa* y un estrato arbóreo inferior, escaso, de *Quercus laurina*.

Densidad arbórea: 100 árboles /ha

Sotobosque constituido principalmente por especies *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbes*, en el estrato mucinal, el componente principal fue *Thuidium delicatum*.

Senecio angulifolius y *Baccharis conferta* están presentes pero son muy escasos.

Zona deteriorada. Área que estaba ocupada por bosque de *Abies* y por obras de ampliación de caminos fue sometida a intensa tala, posteriormente fue abandonada (aproximadamente 3 meses después de haber sido creada *obs. pers.*), el suelo no presenta capa orgánica, es decir está totalmente expuesto. La caracterización de la zona es la siguiente:

Localización: Camino a la torre de vigilancia contra incendios.

Altitud: 3050 msnm, Exposición Noreste, Pendiente 10%

Extensión: 900 m²

Marcaje de plántulas y caracterización de micrositios.

El muestreo se realizó en junio de 1989, posterior al inicio de la temporada de lluvias, en cada zona se detectó una gran cantidad de plántulas recién emergidas, las cuales fueron reconocidas fácilmente por la presencia de hojas cotiledonares.

Bajo un diseño experimental completamente al azar, en cada condición ambiental se procedió a marcar con una banda de plástico numerada, 100 plántulas recién emergidas, que no presentaran ningún daño. De cada plántula se anotó la altura inicial (en centímetros) y se realizó una caracterización del micrositio, registrando: composición y espesor (cm) del sustrato en contacto con la plántula.

Para obtener los datos de sobrevivencia, las plantas marcadas fueron revisadas mensualmente durante 2 años. Se consideraron muertas aquellas plántulas que presentaron necrosis y amarillamiento total de las hojas. Con el fin de conocer las causas de mortalidad, se procedió a tomar muestras de cada una y se enviaron al Laboratorio de Fitopatología del INIF (actualmente INIFAP) para ser analizadas por personal de esa dependencia, determinándose así mortalidad por hongos o por sequía.

Se consideraron establecidas, aquellas plántulas que sobrevivieron al final del experimento, es decir a la edad de 2 años y después de pasar por 2 estaciones adversas.

Análisis de datos

Con el fin de evaluar la influencia de los factores climáticos se realizó un análisis de regresión múltiple entre el porcentaje de sobrevivencia de plántulas, de cada condición, y las variables temperatura máxima, mínima y precipitación total mensual. Dichos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica situado en el Poblado Mineral del Chico, ubicado a aproximadamente 2 Km de la zona de estudio.

Para evaluar el efecto del micrositio, se agruparon los datos formando categorías con base en el tipo de sustrato y su espesor, para cada condición ambiental. Los datos registrados fueron **establecimiento** (0 = no establecida y 1= establecida), **condición** (1= Bosque maduro; 2 = Bosque con deterioro parcial y 3 = Zona deteriorada), **sustrato** (1 = musgo + hojarasca; 2 = hojarasca de *Abies*; 3 = musgo y 4 = suelo mineral), y **causas de mortalidad la plántula** (1= sequía y 2= hongos). Los datos de sobrevivencia se transformaron con el arcoseno de la raíz cuadrada de la sobrevivencia, y se procedió a realizar un análisis estadístico multivariado para datos categóricos, aplicando la prueba de análisis de varianza de Kruskal – Wallis (Montgomery, 1991; Conover, 1980), en el paquete estadístico SAS (1985).

Finalmente se graficaron los datos de establecimiento, considerando la fracción obtenida del total de las plántulas establecidas en cada micrositio entre el número inicial de plántulas.

4. RESULTADOS

Sobrevivencia

Los datos del Cuadro 1, representados en la Figura 1, muestran que la variación de la sobrevivencia de plántulas presenta períodos con variación mínima o sin cambio y otros en que disminuye, los cuales fueron similares para los tres sitios.

En los primeros cinco meses no se registró mortalidad ni se detectaron enfermedades o ataques de insectos; en los siguientes 6 meses la sobrevivencia disminuyó hasta un 56 - 60 %, en las tres condiciones.

En el segundo año, 12 a 17 meses, se presentan pequeñas variaciones porque la mortalidad es mínima. En los meses posteriores (diciembre, enero, febrero, marzo y abril), la sobrevivencia disminuye bruscamente y es cuando se presentan diferencias en las tres condiciones; en el bosque maduro y zona deteriorada la sobrevivencia fue nula, en tanto que en el bosque con deterioro parcial presentó una sobrevivencia del 24%, la cual se mantuvo con mínima variación en los meses siguientes.

Los datos de sobrevivencia, al principio y fin de las estaciones de crecimiento (verano y otoño) y de las estaciones desfavorables (invierno y primavera), mostrado en el Cuadro 2, indican que en las primeras la sobrevivencia se mantuvo constante o con mínima mortalidad, durante los dos años y en las tres condiciones, lo cual no ocurrió en las estaciones desfavorables, en las que se nota mayor mortalidad en ambos años.

Un análisis similar y específico para las estaciones de invierno y primavera, expuesto en el Cuadro 3, revela que en las condiciones de bosque maduro y zona deteriorada, la primavera registró una mayor mortalidad en el primer año y, en el segundo año, fue el invierno; mientras que en la condición de bosque con deterioro parcial, el invierno fue la estación que presentó mayor mortalidad en ambos años.

Con base en lo anterior y para reconocer qué variables climáticas se relacionaban con la variación de la sobrevivencia, se efectuó un análisis de regresión múltiple, mostrado en el Cuadro 4, el cual indica que, en el primer año y para las tres

Cuadro 1. Supervivencia de plántulas de *Abies religiosa*, en tres condiciones de bosque del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, durante diversas estaciones de crecimiento.

Tiempo (meses)	1	3	7	9	12	15	18	22	30
Estación (inicio)	1989 verano	otoño	invierno	1990 primavera	verano	otoño	invierno	1991 primavera	1992 invierno
Supervivencia (%)									
CONDICION									
Bosque maduro	100	100	90	88	57	50	20	0	0
Bosque con deterioro parcial	100	100	82	66	60	50	35	24	23
Zona deteriorada	100	100	85	83	56	50	15	0	0

n_i = 100 plántulas /condición.

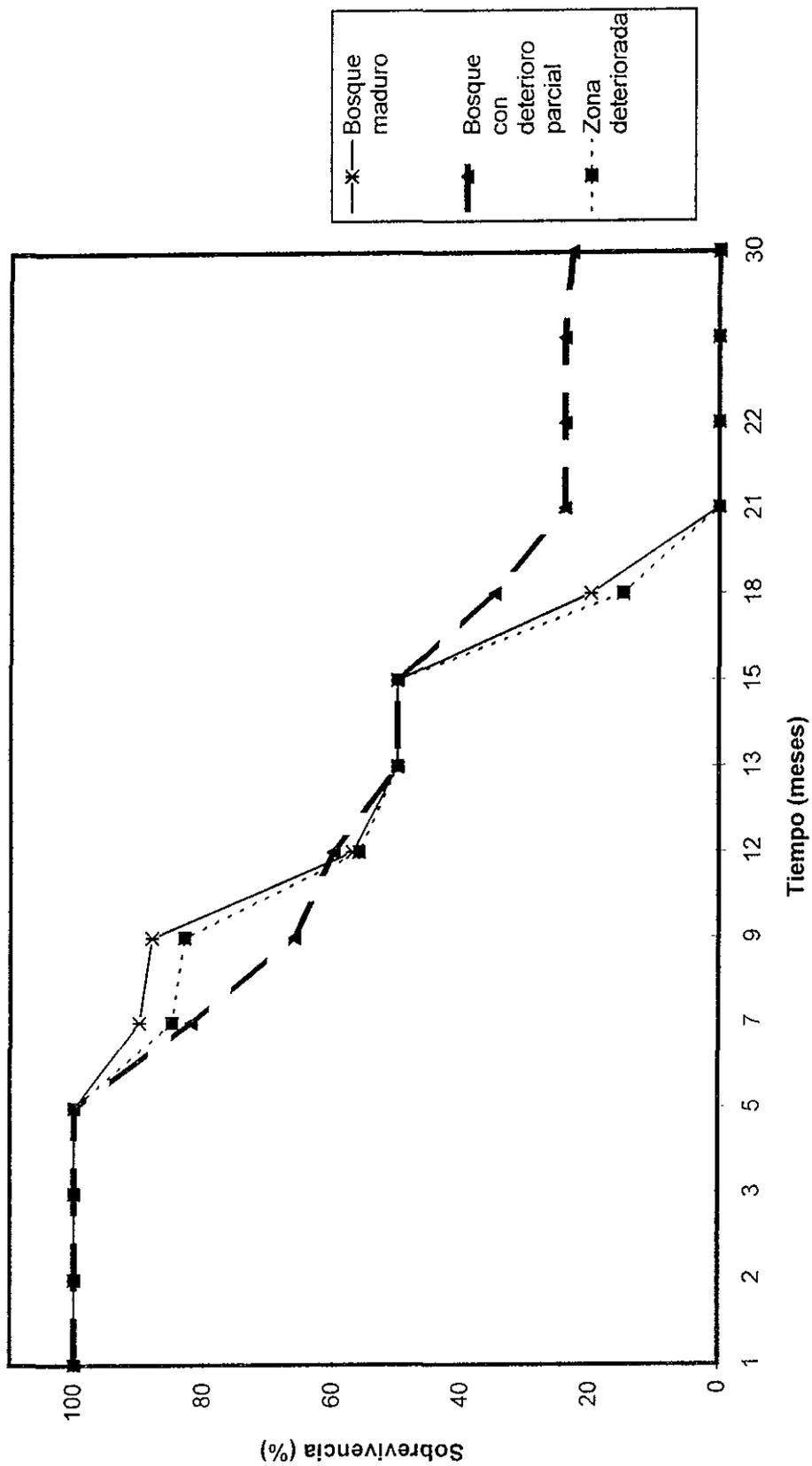


Figura 1. Variación de la sobrevivencia de plántulas de *Abies religiosa*, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.

Cuadro 2. Supervivencia de plántulas de *A. religiosa*, durante las estaciones verano-otoño e invierno-primavera, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.

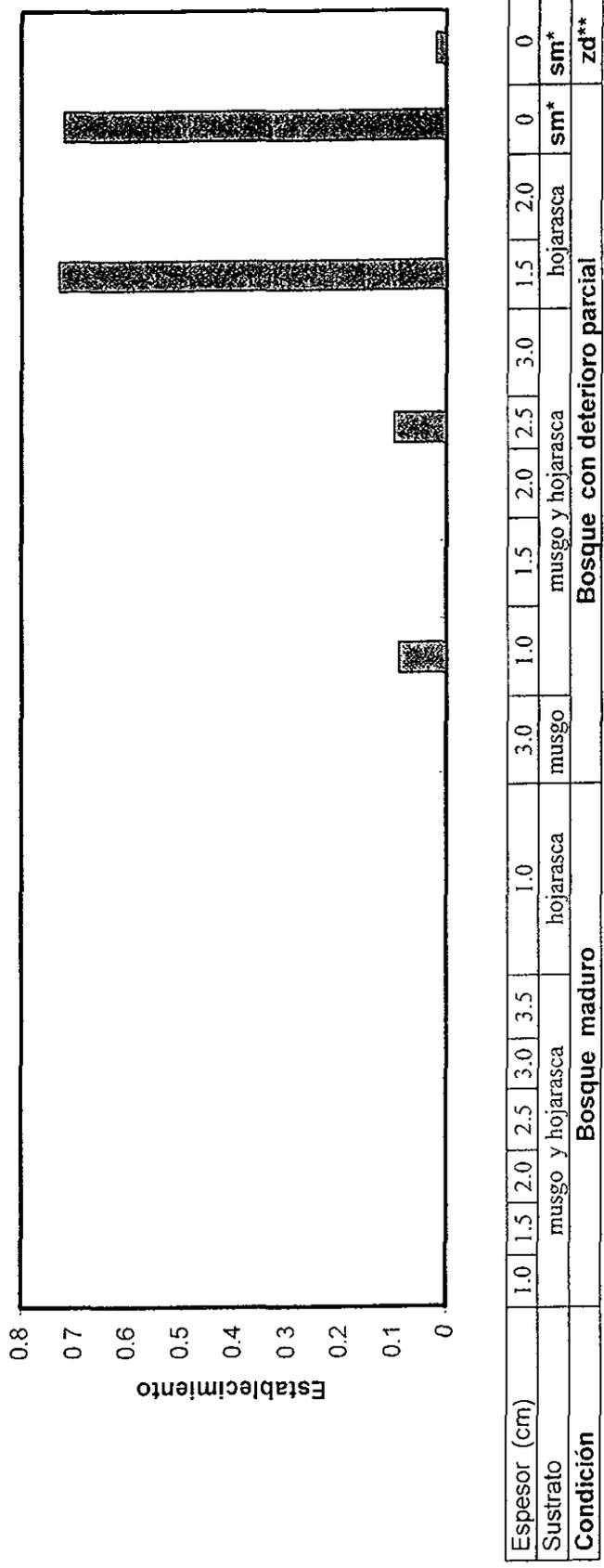
ESTACIONES	VERANO-OTOÑO		INVIERNO-PRIMAVERA	
	SUPERVIVENCIA (%)		SUPERVIVENCIA (%)	
CONDICIÓN	inicial	final mortalidad %	inicial	final mortalidad %
BOSQUE MADURO				
1er año	100	0	100	43
2o año	57	7	50	50
BOSQUE CON DETERIORO PARCIAL				
1er año	100	0	100	40
2o año	60	8	52	28
ZONA DETERIORADA				
1er año	100	0	100	44
2o año	56	6	50	50

Cuadro 3. Mortalidad de plántulas de *A. religiosa*, en los primeros 2 años, durante las estaciones de invierno y primavera, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo.

ESTACIÓN		INVIERNO	PRIMAVERA
CONDICIÓN		mortalidad (%)	
BOSQUE MADURO	1er año	12	31
	2o año	50	0
BOSQUE CON DETERIORO PARCIAL	1er año	34	6
	2o año	27	1
ZONA DETERIORADA	1er año	17	27
	2o año	50	0

Cuadro 5. Supervivencia de plántulas (fracción de supervivientes entre el número inicial) de *Abies religiosa*, en cada micrositio al finalizar 2 temporadas adversas de crecimiento, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo.

CONDICIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL MICROSITIO	NÚMERO DE PLÁNTULAS	FRACCIÓN DE SOBREVIVENCIA	
BOSQUE MADURO	SUSTRATO MUSGO + HOJARASCA DE OYAMEL	ESPESOR (cm) 0.5 - 1.0	21 0	
		1.1 - 1.5	20 0	
		1.6 - 2.0	18 0	
		2.1 - 2.5	15 0	
		2.6 - 3.0	8 0	
		3.1 - 3.5	6 0	
BOSQUE CON DETERIORO PARCIAL	HOJARASCA DE OYAMEL	0.5 - 1.0	12 0	
		MUSGO MUSGO + HOJARASCA DE OYAMEL	3.0 - 3.5	6 0.0
			0.5 - 1.0	11 0.1
			1.1 - 1.5	7 0
			1.6 - 2.0	10 0
			2.1 - 2.5	11 0
			2.6 - 3.0	18 0
		HOJARASCA DE OYAMEL	0.5-1.0	9 0.9
		SUELO MINERAL	1.1 - 1.5	6 0.9
			1.6 - 2.0	8 0
ZONA DETERIORADA	SUELO MINERAL	0.0	15 0.73	
	SUELO MINERAL	0.0	100 0	



*sm = suelo mineral
 **zd = Zona deteriorada.

Figura. 2 Establecimiento de plántulas de *Abies religiosa* (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) por micrositio (sustrato y espesor), en tres condiciones de bosque, del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, después de dos temporadas adversas de crecimiento.

Cuadro 6. Significancia estadística de las diferentes variables estudiadas, por estaciones, para la sobrevivencia de plántulas de *Abies religiosa* (Prueba de Kruskal-Wallis).

Estación	Condición ambiental	Sustrato	Espesor	Sequía	Hongos	Altura inicial
invierno 1	0.002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Primavera	0.001	0.080 (NS)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0702(NS)
Invierno 2	0.0001	0.0001	0.033	0.0001	0.003	0.0173

NS= No significativa

Micrositio. El micrositio, caracterizado en este trabajo por el sustrato y su espesor, influye en la sobrevivencia. El sustrato tuvo un efecto significativo, pero únicamente en invierno ($p < 0.0001$); mientras que en primavera no fue significativo ($p < 0.08$).

El espesor del sustrato presenta un efecto altamente significativa ($p < 0.0001$) únicamente en las dos primeras temporadas adversas, posteriormente su importancia disminuye, aunque continua siendo significativa ($p < 0.03$).

La Figura 2 muestra que el tipo de sustrato hojarasca (de oyamel), en espesores menores a 1.5 cm, son favorables para el establecimiento de plántulas, así como el suelo mineral desnudo. En los sustratos y espesores restantes, el establecimiento fue escaso o nulo. El sustrato musgo estuvo representado por la especie *Thuidium delicatum*.

Sequía. Este factor, producto de una escasa precipitación y altas temperaturas, ocasiono alta mortalidad en plántulas y fue la única variable que presentó un efecto altamente significativa ($p < 0.0001$), de manera constante, en las estaciones adversas.

Otros factores

Otros factores que influyen en el establecimiento de las plántulas y que no necesariamente están relacionados con el micrositio son la altura inicial de la plántula y el daño por hongos.

Altura inicial de la plántula. Como puede observarse en la Figura 3, la altura inicial fue similar para las tres condiciones, la prueba de ANOVA por rangos de Kruskal-Wallis (Cuadro 6), indica que en invierno, este factor presentó una relación altamente significativa ($p < 0.0001$) y significativa ($p < 0.017$) con la sobrevivencia de plántulas. En primavera dicha relación no fue significativa, lo que indica que la altura inicial de las plántulas es importante en la sobrevivencia de plántulas. En la figura 4 se puede observar que las plántulas establecidas presentaron altura inicial mayor a 5

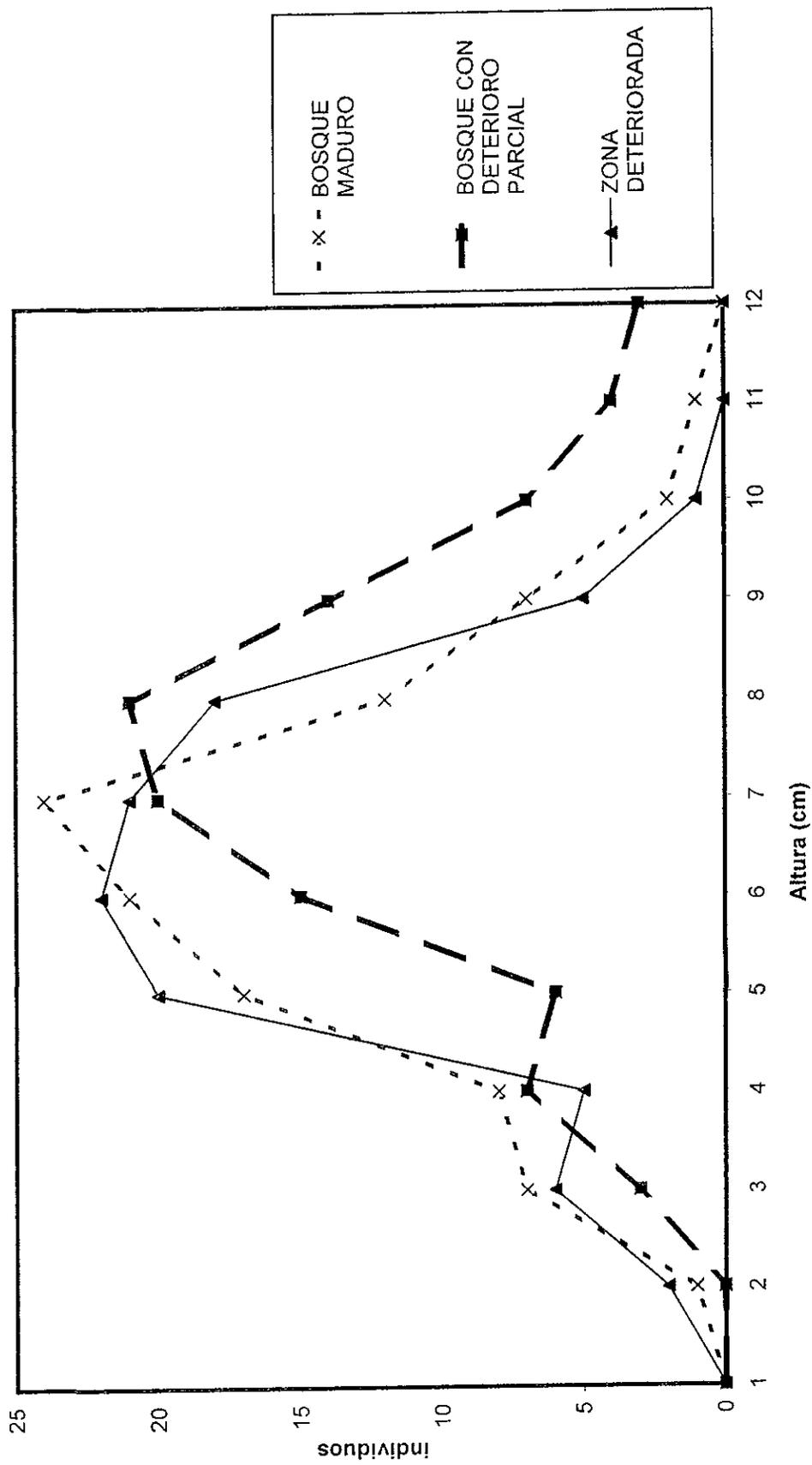


Figura 3. Variación de la altura inicial de plántulas de *Abies religiosa* en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.

condiciones, únicamente la variable temperatura máxima, presentó una alta correlación negativa con la sobrevivencia (Bosque maduro, $r^2 = -0.849$; $p < 0.0000$; Bosque con deterioro parcial, $r^2 = 0.9649$; $p < 0.0001$; Zona deteriorada, $r^2 = 0.8903$; $p < 0.0001$).

En el segundo año no ocurrió lo anterior, ya que las variables con alta correlación positiva y significancia fueron la temperatura mínima y precipitación total mensual, en tanto que nuevamente la temperatura máxima, presenta una correlación negativa, lo que indica que temperaturas elevadas y nula precipitación, presentes en las estaciones de invierno y primavera, tienen fuertes efectos en la sobrevivencia de plántulas. También resalta la importancia de las bajas temperaturas y de las precipitaciones invernales en su establecimiento, ya que la nula precipitación en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero del segundo año (Anexo 1) está relacionado con una alta mortalidad, lo cual no ocurrió en el primer año.

Establecimiento de plántulas y micrositio

La variación de la sobrevivencia de algunas plántulas, a través del tiempo y el establecimiento de algunas, en la condición bosque con deterioro parcial, indica la existencia de otras variables que también contribuyen al establecimiento de las plántulas.

El Cuadro 5 y la Figura 2, muestran la fracción de plántulas establecidas, a partir del número inicial, lo que aunado a la prueba de ANOVA por rangos de Kruskal-Wallis, expuesta en el Cuadro 6, indican que la sobrevivencia (y por tanto el establecimiento) está relacionada con:

Condición ambiental. Esta variable influye significativamente en la sobrevivencia y como se nota, esta influencia se incrementa conforme transcurren las estaciones, y al parecer es determinante ya que, como se observa en la Figura 2, sólo en la condición de bosque con deterioro parcial se presenta establecimiento de plántulas.

Cuadro 4. Análisis de regresión múltiple y coeficientes de correlación entre la sobrevivencia de plántulas de *A. religiosa*, con respecto a los variables climáticas en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo.

Condición	T° máxima promedio mensual	T° mínima promedio mensual	Precipitación total mensual	Valores del modelo
Bosque maduro				
Sobrevivencia	1er año	0.3080	0.1496	$R^2 = 0.84156$ $p < 0.0000$
	2o año	0.7851	0.9019	$R^2 = 0.722$ $p < 0.0003$
Bosque con deterioro parcial				
Sobrevivencia	1 año	0.5501	0.3552	$R^2 = 0.9380$ $p < 0.0001$
	2o año	0.8083	0.8757	$R^2 = 0.8477$ $p < 0.0141$
Zona deteriorada				
Sobrevivencia	1 año	0.3498	0.1797	$R^2 = 0.8924$ $p < 0.0001$
	2o año	0.8276	0.9252	$R^2 = 0.7884$ $p < 0.0002$

Cuadro 5. Supervivencia de plántulas (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) de *Abies religiosa*, en cada micrositio al finalizar 2 temporadas adversas de crecimiento, en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo.

CONDICIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL MICROSITIO	NÚMERO DE PLÁNTULAS	FRACCIÓN DE SOBREVIVENCIA		
BOSQUE MADURO	SUSTRATO MUSGO + HOJARASCA DE OYAMEL	ESPESOR (cm) 0.5 - 1.0	21	0	
		1.1 - 1.5	20	0	
		1.6 - 2.0	18	0	
		2.1 - 2.5	15	0	
		2.6 - 3.0	8	0	
		3.1 - 3.5	6	0	
BOSQUE CON DETERIORO PARCIAL	HOJARASCA DE OYAMEL	0.5 - 1.0	12	0	
		MUSGO MUSGO + HOJARASCA DE OYAMEL	3.0 - 3.5	6	0.0
			0.5 - 1.0	11	0.1
			1.1 - 1.5	7	0
			1.6 - 2.0	10	0
			2.1 - 2.5	11	0
			2.6 - 3.0	18	0
		HOJARASCA DE OYAMEL	0.5-1.0	9	0.9
			1.1 - 1.5	6	0.9
			1.6 - 2.0	8	0
ZONA DETERIORADA	SUELO MINERAL	0.0	15	0.73	
		0.0	100	0	

Cuadro 6. Significancia estadística de las diferentes variables estudiadas, por estaciones, para la sobrevivencia de plántulas de *Abies religiosa* (Prueba de Kruskal-Wallis).

Estación	Condición ambiental	Sustrato	Espesor	Sequía	Hongos	Altura inicial
invierno 1	0.002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Primavera	0.001	0.080 (NS)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0702(NS)
Invierno 2	0.0001	0.0001	0.033	0.0001	0.003	0.0173

NS= No significativa

Micrositio. El micrositio, caracterizado en este trabajo por el sustrato y su espesor, influye en la sobrevivencia. El sustrato tuvo un efecto significativo, pero únicamente en invierno ($p < 0.0001$); mientras que en primavera no fue significativo ($p < 0.08$).

El espesor del sustrato presenta un efecto altamente significativa ($p < 0.0001$) únicamente en las dos primeras temporadas adversas, posteriormente su importancia disminuye, aunque continua siendo significativa ($p < 0.03$).

La Figura 2 muestra que el tipo de sustrato hojarasca (de oyamel), en espesores menores a 1.5 cm, son favorables para el establecimiento de plántulas, así como el suelo mineral desnudo. En los sustratos y espesores restantes, el establecimiento fue escaso o nulo. El sustrato musgo estuvo representado por la especie *Thuidium delicatum*.

Sequía. Este factor, producto de una escasa precipitación y altas temperaturas, ocasiono alta mortalidad en plántulas y fue la única variable que presentó un efecto altamente significativa ($p < 0.0001$), de manera constante, en las estaciones adversas.

Otros factores

Otros factores que influyen en el establecimiento de las plántulas y que no necesariamente están relacionados con el micrositio son la altura inicial de la plántula y el daño por hongos.

Altura inicial de la plántula. Como puede observarse en la Figura 3, la altura inicial fue similar para las tres condiciones, la prueba de ANOVA por rangos de Kruskal-Wallis (Cuadro 6), indica que en invierno, este factor presentó una relación altamente significativa ($p < 0.0001$) y significativa ($p < 0.017$) con la sobrevivencia de plántulas. En primavera dicha relación no fue significativa, lo que indica que la altura inicial de las plántulas es importante en la sobrevivencia de plántulas. En la figura 4 se puede observar que las plántulas establecidas presentaron altura inicial mayor a 5

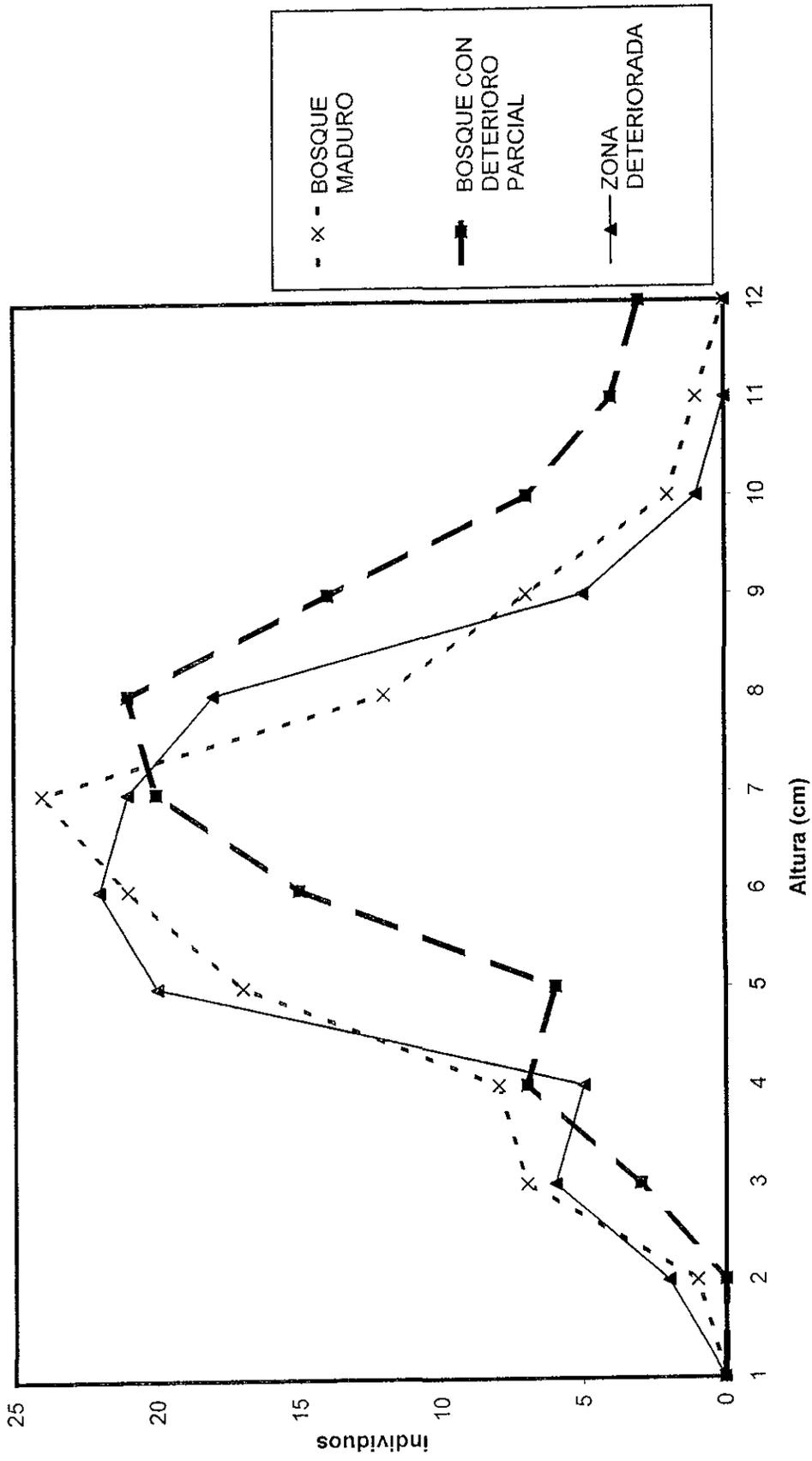


Figura 3. Variación de la altura inicial de plántulas de *Abies religiosa* en tres condiciones de bosque, en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.



Figura 4. Altura inicial de las plántulas establecidas (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) de *A. religiosa*, en un bosque con deterioro parcial.

cm, en las de menor altura no hubo establecimiento.

Daños por hongos. Con base en el análisis fitopatológico, se consideró como factor de mortalidad al hongo *Fusarium spp.* el cual presentó una relación altamente significativa en las tres estaciones analizadas.

Líquenes. Este factor se observó directamente en campo. Las plántulas fueron totalmente cubiertas por el líquen (determinado como *Peltigera polydactyla*), presentaron mortalidad, ya que el follaje perdió totalmente el color verde, tornándose en café oscuro. Este factor afectó a un 4% de plántulas en la condición de bosque maduro.

5. DISCUSIÓN

Las estaciones de verano y otoño son favorables para la sobrevivencia de plántulas, en tanto que las estaciones de invierno y primavera son desfavorables. La disminución de la sobrevivencia de plántulas de *A. religiosa*, durante el invierno, tiene relación con el efecto de bajas y altas temperaturas y mínima o nula precipitación lo que al parecer se debe, según Daubenmire (1978), Raynor (1971), Lynday (1971), Sollins *et al.* (1981) y Calvert *et al.* (1982), a que en invierno se presenta aire seco y frío, lo cual causa una pérdida considerable de agua en las hojas, disminución del metabolismo de las plantulas, y si las condiciones persisten origina la desecación invernal ocasionando muerte de plántulas de coníferas.

En primavera, la disminución de la sobrevivencia esta relacionada con las altas temperaturas y la sequía persistente, las cuales pueden provocar alta tasa de transpiración o la muerte del cambium en la línea del suelo y ocasionar la desecación y muerte de las plántulas, como se ha reportado para *A. amabilis* (Helgerson, 1980) y coincide con Satoo (1956) en el sentido de que el género *Abies* no es tolerante a la desecación, lo cual explicaría la mayor mortalidad en el segundo año, en contraste con el primer año, en donde hubo mayor sobrevivencia, debido a las lluvias invernales.

El establecimiento, estuvo asociado a la conjunción de variables climáticas, a las características del dosel, a factores asociados al micrositio (sustrato y espesor) así como al ataque por hongos y líquen. Al respecto, la presencia de musgo y musgo más hojarasca, con espesores mayores de 1.5 cm, pudieron actuar como barrera física y evitar que la radícula de la plántula alcance el sustrato mineral, (Manzanilla, 1976; Cervantes y Cuevas, 1981), ya que las plántulas creciendo en estos micrositios, presentaron amarillamiento total de las hojas, lo que es indicador de un déficit de agua, además el análisis de las muestras, en el laboratorio no detectó enfermedades o ataque de insectos.

Por lo anterior, la sobrevivencia de plántulas estaría en función de su altura inicial, porque las más grandes tendrían mayor desarrollo y mayor probabilidad de

alcanzar el sustrato y ello explicaría su efecto altamente significativo con el establecimiento, lo cual concuerda con lo reportado para *A. lasiocarpa*, por Noble y Ronco (1974).

Además del efecto de barrera física, la hojarasca de *A. religiosa*, podría presentar sustancias autoinhibitorias del crecimiento, como se ha reportado para otras especies del mismo género (Del Moral y Gates, 1971; Daniel y Smith, 1972; Zobel y Antos, 1991; y Jobidon, 1992). Dichas sustancias pueden retardar la elongación celular, inhibir la respiración de la raíz de la plántula, romper las membranas apicales, alterar la producción de hormonas promotoras del crecimiento y disminuir la absorción de nutrimentos (Rice, 1979; Faccelli y Pickett, 1991; Kil, 1992; y Rizvi y Rizvi, 1992). Este efecto es mayor en la época de sequía y asimismo incrementa la acidez del sustrato (Herman y Chilcote, 1965), lo cual podría relacionarse con la alta mortalidad y el nulo establecimiento en el bosque maduro.

Con base en lo mencionado anteriormente, es necesario considerar el manejo de la hojarasca en los programas de manejo y explotación forestal, así como proponer que micrositios con sustrato desnudo o de hojarasca con espesores menores de 1.5 cm, en bosques con dosel abierto, favorecen el establecimiento de *Abies religiosa*, debido a que los efectos del sustrato y su espesor son mínimos.

El establecimiento de plántulas, en algunos micrositios de la condición de bosque con deterioro parcial o parcialmente abiertas, concuerda con lo encontrado para otras especies de *Abies* (Noble y Ronco, 1974; Sprugel, 1976; Hix y Burton, 1984; y Gray y Spies, 1996).

Otro factor que disminuye el establecimiento fue el ataque por hongos. El hongo *Fusarium spp*, está reportado como uno de los que afectan a las plántulas de esta especie (Fox, 1977; Vázquez y Sánchez, 1981; Girson y Salinas, 1985; y Macías, 1987). De acuerdo con Parker (1961) y Kramer y Kozlowski (1979), un déficit hídrico en las plántulas, condición de invierno y primavera, las hace más sensibles al ataque por hongos, lo que aunado a que *Fusarium* es favorecido por la materia orgánica del sustrato y la sombra (Girson y Salinas, 1985), explica porqué en el bosque maduro se presenta con mayor abundancia y ocasiona mayor mortalidad.

En el bosque con deterioro parcial, también afectó y si bien se detectó su presencia en plántulas sobrevivientes, éstas sólo resultaron debilitadas (Vaartaja, 1962). En tanto que en la zona deteriorada, al estar totalmente expuesto el suelo mineral, en invierno se incrementa la sequía y hay mayor efecto de bajas temperaturas, ocasionando el debilitamiento de las plantas, por lo que son más sensibles al ataque de *Fusarium spp.* El desarrollo del hongo es debido a que las bajas temperaturas también favorecen su desarrollo (Vaartaja, 1962; Fox, 1977; Vazquez y Sánchez, 1981; Girson y Salinas, 1985).

Si bien en este trabajo sólo se detectó un género de hongo en las plántulas, es altamente probable la existencia de un mayor número de ellos de acuerdo con los reportes de Patiño *et al.* (1983), Resendiz y Salinas (1987), Herrera y Ulloa (1990), y Martínez y García (1994).

El líquen *Peltigera polydactyla* (Neck.) Hoffm. también contribuyó a la disminución del establecimiento de plántulas. La mortalidad, se asocia debido a que producen y emiten metabolitos secundarios, en mayor cantidad al inicio de su crecimiento (Brown y Mikola, 1972; Fisher, 1979; y Jobidon, 1992), por lo que zonas y micrositios con presencia de estos, pueden ser considerados como no favorables para el establecimiento de plántulas.

La importancia de los líquenes en el establecimiento de *Abies*, merece ser más estudiada ya que Brown y Mikola (1972) mencionan que inhiben el crecimiento de hongos formadores de micorrizas, lo cual parece tener mayor significancia que la propia inhibición sobre plántulas.

Cuando el sustrato no presenta capa orgánica ni cubierta de dosel, como en la zona deteriorada, el nulo establecimiento está relacionado, principalmente con la sequía debido a que el sustrato está totalmente expuesto a la irradiación solar en el día y a la pérdida de calor por las noches, lo que ocasiona fluctuaciones bruscas de temperatura, en los bosques de *A. religiosa* (Calvert *et al.*, 1982). Dichas fluctuaciones pueden influir en la mortalidad de plántulas. Helgerson (1990) encuentra, para plántulas de *A. amabilis*, que las altas temperaturas del sustrato, pueden ocasionar una alta tasa de transpiración e incluso pueden matar el cambium

en la línea del suelo. Estos resultados permiten concluir que los micrositios totalmente expuestos a la irradiación solar y sin capa orgánica, no son favorables para el establecimiento de las plántulas de *A. religiosa*.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que el establecimiento en bosque maduro esta más afectado por factores bióticos (barrera física del musgo y hojarasca, posibles efecto autoinhibitorios de la hojarasca de *Abies*, ataque de hongos y líquenes), en tanto que en la zona deteriorada los factores climáticos (altas temperatura y baja o nula precipitación) adquieren mayor relevancia, seguidos de los hongos. En el bosque con deterioro parcial, la apertura de claros, permite ofrecer micrositios que pueden atenuar dichas condiciones, manteniendo algunas plántulas con vigor para resistir el ataque de hongos y, de esta manera, permitir el establecimiento. Condiciones similares posiblemente se encuentren en zonas abiertas con presencia de arbustos y explique la regeneración que se ha observado en ellas (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1976; González, 1985; y Rivera, 1989).

6. CONCLUSIONES

1. La escasa precipitación y las variaciones extremas de temperatura, condiciones presentes en invierno y primavera, son desfavorables para la sobrevivencia de *Abies religiosa*.
2. La condición de dosel abierto resulta la más adecuada para el establecimiento de plántulas de esta especie.
3. Los sustratos musgo, musgo con hojarasca y hojarasca de *A. religiosa*, con espesores mayores a 1.5 cm , no son favorables para el establecimiento de plántulas.
4. En el bosque maduro el establecimiento es nulo debido a la interacción de los efectos causados por las variables climáticas, el ataque de hongos y líquenes, el efecto físico y químico de la hojarasca acumulada y la mayor abundancia de musgos.
5. Sitios sin dosel vegetal y sin la presencia de hojarasca, no son favorables para el establecimiento de plántulas.

LITERATURA CITADA

- About, H. G. 1962. Tree seed preferences of mice and voles in northeast. *J. Forestry*, 60:97-99.
- Alvarado, D. , L.I. de Bauer y J. Galindo. 1993. Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park south of Mexico City. *Environ. Pollution*. 80: 115-121.
- Anaya, A. 1962. Estudio de las relaciones entre la vegetación forestal, el suelo y algunos factores climáticos en seis sitios del declive occidental del Iztaccihuatl. Tesis, Biólogo, Facultad de Ciencias UNAM. México.
- Archibold, O. W. 1989. Seed bank and vegetation processes in Coniferous Forests. **En:** Allesio, M., T. Parker y R. Simpson (eds.) *Ecology of soil seed bank*. 2a ed. Cap. 7:107-122. Academic Press. U.S.A.
- Avila, C. 1987. Distribución, ecología, usos e importancia económica de *Abies hickellii*, *Flores et Gauseen*, en Veracruz. **En:** Resúmenes del X Congreso Mexicano de Botánica. 27 Septiembre-4 de Octubre 1987. Jalisco. Sociedad Botánica de México.
- Brown, R. T. y P. Mikola. 1974. The influence of fruticose soil lichens upon the mycorrhizae and seedling growth of forest trees. *Acta For. Fenn.* 141: 1-22.
- Calvert, W., W. Zuchowski y L. P. Brower. 1982. Impacto de la deforestación sobre el microclima de las áreas de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en México. *Bol. Soc. Bot. México*. 42: 11- 18.
- Carreño, J.M. 1973. Evaluación de una plantación de coníferas de 20 años de edad. Tesis. Ing. Agrónomo, esp. Bosques. UACH. México.
- Cervantes, S. A. y R. Cuevas, 1981. Análisis radicular de *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa*, *Pinus montezumae*, *P. ayacahuite* var. *vietchii* y de algunas especies herbáceas en relación a la humedad y otras propiedades del suelo. Tesis, Biología, Fac. Ciencias. UNAM. México.
- Conover, W. J. 1980. *Practical nonparametric statistics*, 2a Ed. John Wiley & Sons. USA.
- Daniel, T. W. y J. Smith. 1972. Lethal and nonlethal effects of the organic horizons of forest soils on the germination of seeds from several associates conifer-species of the Rocky Mountains. *Can. J. For. Res.* 2: 179-184.

- Daubenmire, R. F. 1979. Ecología Vegetal. Tratado de autoecología de plantas. 3a ed. Ed. Limusa. México. 496 pp.
- Del Moral, R. y R. Cates. 1971. Allelopathic potential of the dominant vegetation of western Washington. *Ecology*. 52: 1030-1037.
- Eis, S., E. Garman y L. Ebell. 1965. Relation between cone production and diameter increment of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco), grand fir (*Abies grandis* (Dougl.)Lindl.) and western white pine (*Pinus monticola* Dougl.) *Can. J. Bot.* 43: 1533-1559.
- Faccelli, J. y S. T. A. Pickett. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Bot. Rev.* 57:1-32.
- Fernández. M. T. 1987. Estudio ecológico del Bosque de *Abies religiosa* en el Parque Nacional "La Malitzin" en el Estado de Tlaxcala, Mexico. Tesis Biólogo. ENEP Iztacala, UNAM México.
- Fisher, R. F. 1979. Possible allelopathic effects of reindeer-moss on jack pine and white spruce. *For. Sci.* 25: 256-260.
- Flores, G., J. Jiménez, X. Madrigal, F. Moncayo y F. Takaki. 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. SRH. México. 59 pp.
- Fox, J. F. 1977. Alternation and coexisting of tree species. *American Naturalist*. 3: 69 - 89.
- Franklin, J. F. 1974. *Abies*. Mill, **En:** Seeds of woody plants in the United States. USDA Forest Serv. Dept. Agriculture. Handbook 450. Washington, D. C. 168-193.
- Galván, M. y P. Martínez. 1985. Diferentes profundidades de siembra en almácigos de *Pinus montezumae* Lamb, *P. pseudostrobus oaxacana* Martínez y *Abies religiosa* (H.B. K.) Schl. et Cham. **En:** Memorias de la III Reunión Nacional Sobre Plantaciones Forestales. pp 330-361. INIF. México.
- García, C.N. E. 1970. Estudios edafológicos de suelos derivados de cenizas volcánicas del Popocatepetl, Estado de Puebla. Tesis. Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM. 68 pp.
- García, E. 1982. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM
- Girson I. A. y R. Salinas 1985. Notas sobre enfermedades forestales y su manejo. Bol. Téc. No. 106. Instit. Nac. Invest. Fore. México.

- Golberg, D. 1982. Captación de humedad de *Pinus montezumae*. *Biótica*:17: 31-39.
- González, M. J. 1985. Comportamiento de la germinación y crecimiento inicial de *Abies religiosa*, en diferentes aperturas de dosel, preparación del suelo y variantes de sombra en Zoquiapan, México. Tesis. Ing. Agrónomo, esp. Bosques. UACH. México.
- González, C., L. Sanchez y J. Boyas. 1990. Análisis estructural de las comunidades vegetales del municipio de Huixquilucan, Estado de México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Gray, A. y T. Spies. 1996. Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. *J. Ecology*. 84: 635 - 645.
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press Inc. New York.
- Hayama, T. M. L. 1971. Estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas del Nevado de Toluca, Estado de México. Tesis. Biólogo. Facultad de Ciencias UNAM. 70 pp.
- Hedlin, F. A., O. Yates, O. Cibrian, W. Korber y P. Merckel. 1980. Cone and seed insects of North American Conifer. Canadian Forest Service, United States Forest Service. SARH, México.
- Herman, R. y W. Chilcote. 1965. Effect of seedbeds on germination and survival of Douglas fir. *Res. Pap. Ore. For. Ser. Res. Lab.* 4: 1-28.
- Hernández, E. 1979. Observaciones sobre la biología de *Scolytus mundes* Wood. un descortezador de *Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham. en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. Tesis, Ing. Agron. esp. Bosques. UACH. México.
- Herrera, M. e I. Rosas. 1991. Evaluación del contenido de plomo en *Ramalina farinaceae* (L.) Ach. en el volcán Ajusco, D. F. **En:** Memorias del IV Congreso Nacional de Micología. Soc. Mex. de Micología. México.
- Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. El reino de los Hongos. *Micología básica y aplicada*. F. C. E. - UNAM. México. 552 pp.
- Helgerson, O. T. 1990. Heat damage in tree seedlings and its prevention. *New Forest* 3: 333-358
- Hix, D. M. y J. Burton. 1984. Effects of clear cutting on the vegetation and soil of eastern hemlock dominated ecosystems, western Upper Michigan. *Can. J. For. Res.* 14:914-923.

- Houle, G. 1992. The reproductive ecology of *Abies balsamea*, *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* in the Tantaré Ecological Reserve, Quebec. *Journal of Ecology*. 80: 611-623.
- Hurtado, A. y L. Pinzón. 1987. Pruebas de toxicidad sobre basidiomicetes causantes de la pudrición en *Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham. **En:** Resúmenes del X Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Ilebe, G., A. Cleff y A. Velázquez. 1994. Especies leñosas de la Sierra de los Cuchumatanes y de la cadena volcánica, Guatemala. *Acta Botánica Mexicana*. 29: 1-30.
- Janzen, D. H. 1971. Seed predation by animals. *Ann. Rev. of Ecol. and Syst.* 2:465 - 492.
- Jobidon, R. 1992. Allelopathy in Quebec. Forestry case studies in natural and managed ecosystems. **En:** Rizvi, S. and Rizvi V. (Eds.). *Allelopathy. Basic and applied aspects*. Cap. 20. Chapman Hall, London.
- Kil, B. J. 1992. Effects of pine allelochemicals on selected species in Korea. **En:** Rizvi and Rizvi (Ed.) *Allelopathy. Basic and applied aspects* . Cap. 14. Chapman Hall, London
- Kong, A. y G. Santiago. 1991. Ectomicorriza de *Russula brevipes* con *Abies religiosa*. **En:** Memorias del III Congreso Nacional de Micología. 14-18 de Octubre . Tlaxcala. Soc. Mex. de Micología. México
- Kormuták, A. 1985. Study on species hybridization within the genus *Abies*. *Acta Dendrobiologica*. 1985. 127 pp.
- Kramer, P. y T. Kozolwski. 1979. *Physiology of woody plants*. Academic Press. N. Y.
- Lara, R. M. 1994. Ensayo de ocho especies forestales para árboles de navidad en el campo experimental forestal "Barranca del Cupatitzio". *Rev Ciencia Forestal en México*. vol 19:74: 78-87.
- Lauer, W. 1978. Timberline Studies in Central Mexico. *Artic and Alpine Research*. 10:(2):383-396.
- Lynday, J. H. 1971. Annual cycle of leaf water potential in *Picea engelmannii* and *Abies lasiocarpa* at timberline in Wyoming. *Arct. Alpi. Res.* 3:131-138.

- Macías, C. G. 1987. Diagnóstico micológico de algunas especies de interés forestal. En: Memorias del IV Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal y IV Reunión Nacional sobre plagas y enfermedades Forestales. pp 631 - 643. Tomo II. Pub. Esp. No. 60. INIFAP- Soc. Mex. Entomología.
- Madrigal, X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham.) en el Valle de México. Bol. Div. No. 45. SAG. México
- Manzanilla, H. 1976. Investigaciones epidemiológicas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. SAG. Mexico. 165 pp.
- Martínez, J.L. y S. Avendaño. 1987. La vegetación de la zona del Pico de Orizaba, Veracruz, México. En: Resúmenes del X Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Martínez, M. 1963. Las pináceas mexicanas. 3a ed. UNAM. México.
- Martínez, G. y R. García. 1994. Contribución al conocimiento de los macromicetos lignícolas que crecen sobre *Abies religiosa* en algunas áreas del Eje Neovolcánico. Tesis, Biólogo. FES ZARAGOZA . UNAM, Mexico.
- May Nah, A. 1971. Estudio fitoecológico del campo experimental forestal "San Juan Tetla", Estado de Puebla. México. Tesis. Biólogo. ENCB. IPN. México.
- Mc Vaugh, R. 1992. Flora Novo-Galiciana. A descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico. Vol. 17. Gymnosperms and Pteridophytes. Sección Pinaceae, 24-32 pp. Ann Arbor, U. Michigan Herbarium. USA.
- Montgomery, D. C. 1991. Diseño y análisis de experimentos. G. E. Iberoamérica. México.
- Noble, D. y F. Ronco. 1978. Seedfall and establishment of Engelmann Spruce and Subalpine fir in clearcut openings in Colorado. USDA. For. Ser. Res. Pap. RM 200, Rocky Mt. For. and Range Exp. Fort. Collins, Colo. 12 pp.
- Parker, A: F. 1961. Bark moisture relations in disease development. Present status and future need. Recent Adv. Bot. 2: 1535 - 1537.
- Patiño, F., P. De la Garza, Y. Villagómez, I. Talavera y F. Camacho. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo No. 63. INIF México.

- Ramírez, A. 1989. Analogía entre parámetros fenológicos y factores climáticos de cinco especies de coníferas. **En** Memorias de la 2a Reunión Nacional de Agrometeorología pp. UACH. México.
- Raynor, G. S. 1971. Wind and temperature structure in a coniferous forest and a contiguous field. *For. Sci.* 17:351-363.
- Reséndiz, F. y R. Salinas 1987. Observaciones preeliminares sobre la micoflora asociada a *Abies religiosa*. **En**: Memorias del IV Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal y IV Reunión Nacional sobre Plagas y Enfermedades Forestales. pp 695 - 701. Tomo II. Pub. Esp. No. 60. INIFAP. Soc. Mex. Entomología.
- Reygadas, D., G. Ramírez y M. Zepeda. 1989. Evaluación de una plantación de coníferas en el campo experimental Sn. Juan Tetla, Puebla. **En**: Memorias del Congreso Forestal Mexicano. pp 765-768. Tomo II SARH. México.
- Rice, E. L. 1979. Allelopathy. An update. *Bot. Rev.* 45:15-109.
- Rivera, G. 1989. Contribución al estudio fitoecológico del parque cultural y recreativo Desierto de los Leones. Tesis. Biólogo. ENEP Zaragoza. UNAM. México.
- Rizvi, S. J. y V. Rizvi. 1992. Allelopathy. Basic and applied aspects. Champan Hall. London.
- Rodríguez, L., V. Serrano y V. Vázquez. 1987. Dendrocronología de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en el área del Parque Cultural y Recreativo, Desierto de los Leones. **En**: Resúmenes del X Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Rodríguez, A. 1983. Muérdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* en México. *Ciencia Forestal*. 8 (45): 7- 45.
- Ross, M. T. Shank y D. W. Smith. 1982. Age-structure relationship of tree species in an Appalachian oak forest in Southwest Virginia. *Bull. Torrey Bot. Club.* 109 (3): 287-298.
- Rushforth, I.K. D. 1989. Two new species of *Abies* (Pinaceae) from western Mexico. *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh* 46:101-109.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Salas, R. 1990. Evaluación de una plantación de coníferas en el volcán Ajusco, D. F. Tesis Maestría en Ciencias (Biología), Fac. Ciencias. UNAM. México.

- Sánchez, V. L., M. R. Pineda y A. Hernández. 1991. Distribución y estructura de la población de *Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham. en el Cofre de Perote, Estado de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 16: 45-55.
- SARH.1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión (1991-1992). SARH. México
- SAS. 1985. User's guide: statistics. Version 5 edition. SAS Institute. Cary North Carolina, USA.
- Satoo, T. 1956. Drought resistance of some conifers at the first summer after their emergence. *Bull. Tokyo Univ. For.* 51:1-108.
- Smith, C. 1970. The coevolution of pine squirrel (*Tamiasciurus*) and conifers. *Ecological Monographs*. 40: 349- 371.
- Sollins, P. r., A. Goldstein, J. Mankin, C. Murphy y G. Swartzman. 1981. Análisis del crecimiento del bosque y del equilibrio hídrico empleando modelos complejos de ecosistemas. **En:** Reiche, D. (Ed.) *Dynamic properties of forest ecosystems*. pp 537-566, Cambridge.
- Sprugel, G. 1976. Dynamic structure of wave regenerated *Abies balsamea* forest in northeastern United States. *J. Ecol.* 64: 889-911.
- Thomas, R. y R. Wein. 1985. Delayed emergence of four conifer species of postfire seed beds in eastern Canada. *Can. J. For. Res.* 15:727-729.
- Vaartaja, O. 1962. The relationship of fungi to survival of shaded tree seedling. *Ecology* 43 (3): 547-549
- Vázquez, S. J. 1987. El saneamiento y limpia forestales en el Desierto de los Leones. COCODER- DDF. México.
- Vázquez C. I. y R. Sánchez. 1981. Identificación y control químico de dampig-off en el vivero forestal Lazaro Cardenas. *Ciencia Forestal*. 30: 3-19.
- Zobel, D. y J. Antos. 1991. Growth and development of natural seedlings of *Abies* and *Tsuga* in old-growth forest. *J. Ecology* 79: 985 - 998.

CAPITULO 2

Pinus

RESUMEN

Uno de los aspectos básicos para favorecer la conservación de los bosques es conocer los factores que influyen en la sobrevivencia y el establecimiento de las plántulas. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la influencia del tipo de sustrato y su espesor, sobre el establecimiento de plántulas de pinos trasplantadas en dos condiciones: Bosque de pino-encino y pastizal, en la zona boscosa de Milpa Alta, al sur de la Ciudad de México.

En cada condición se trasplantaron 100 plántulas de *Pinus michoacana*, de un año de edad y 100 de *P. ayacahuite* var. *vietchii*, de dos años. Al momento de la plantación, se caracterizó el tipo de sustrato (hojarasca de pino, hojarasca de pastizal y suelo desnudo), se midió su espesor, y se anotó la distancia al vecino más cercano. Se revisó y registró la sobrevivencia de plántulas mensualmente, durante un año. Los resultados se analizaron con el programa SAS (1985) a través de una prueba de ANOVA, por rangos de Kruskal-Wallis.

Los resultados muestran que la tasa más alta de mortalidad, se presenta en invierno y primavera. En el bosque de pino-encino, la criptofagia no permitió el establecimiento de plántulas en las dos especies de pino. En el pastizal la herbivoría, causó mayor mortalidad en *P. michoacana* y menor en *P. ayacahuite* var. *vietchii* (40 y 9%, respectivamente), en tanto que la sequía afectó más a *P. ayacahuite* var. *vietchii* y en menor grado a *P. michoacana* (74 y 36% de mortalidad, respectivamente). El establecimiento se presentó en micrositios con suelo desnudo ubicados a una distancia de 10 a 15 cm, a partir del macollo. El establecimiento de pinos en zonas deterioradas, indica que el trasplante de *P. michoacana*, en los micrositios adecuados, puede favorecer el proceso de restauración, en ambientes similares al estudiado.

Palabras clave. *Pinus michoacana*, *Pinus ayacahuite* var. *vietchii*, bosques, restauración, establecimiento.

1. INTRODUCCIÓN

Los pinos constituyen comunidades arbóreas de gran extensión. Rzedowski (1978), Eguiluz (1982) y Madrigal *et al.* (1993) señalan que los pinares mexicanos forman el pilar más fuerte de la industria forestal de México, ya que más del 80% de los productos forestales del país son obtenidos de ellos.

Asimismo Leopold (1978) menciona que sus estróbilos, conos y semillas, mantienen a la fauna silvestre menor como los roedores, y por tanto contribuye al mantenimiento de la fauna mayor de estos ecosistemas. Por otra parte Goldberg (1982) al realizar mediciones de la cantidad de agua que capta la copa de *Pinus montezumae* durante días con niebla, encuentra que la cantidad es de aproximadamente 50 000 litros al año por árbol adulto.

De lo anterior se puede inferir que los pinos tienen enorme importancia en la economía, el ciclo hidrológico y en la conservación de la flora y fauna, sin embargo de acuerdo con el Inventario Forestal Nacional de Gran Visión (1991-1992) (SARH, 1992), la superficie ocupada de estos está disminuyendo anualmente y presenta problemas de regeneración.

Si bien el problema de la deforestación y la falta de regeneración natural se ha tratado de resolver a través de las reforestaciones, en estas se ha abordado el estudio de la influencia de la procedencia (Musálem, *et al.*, 1978; Villegas, 1978; Martínez, 1985 y Zamudio, 1985), espaciamiento o densidad de la plantación (Marconi *et al.* 1985), método de preparación del suelo (Hernández, 1974; Musalem *et al.*, 1975; Pedraza y Rodríguez, 1984), Métodos de aprovechamiento (Chacón, 1979; Snook y Negreros, 1984; Jardel, 1985; y González y López, 1990), Condición sucesional (Snook y Negreros, 1984; y Zamudio, 1985) y pocos estudios han considerado el efecto del micrositio (Valencia, 1992). Por ello en el presente estudio se analiza la variación en la sobrevivencia y el establecimiento de plántulas de dos especies de pino y su relación con el micrositio, con especial énfasis en el sustrato y su espesor, en dos condiciones ambientales: Bosque de pino-encino y Pastizal.

2. REVISION DE LITERATURA

Aspectos generales

Rzedowski (1978) y Eguiluz (1985) consideran que el género *Pinus* cuenta con alrededor de 100 especies en todo el mundo, la mitad de las cuales se encuentran en México. Mirov (1967) señala que este género se distingue por habitar en el Hemisferio Norte, donde se diferenció hace 150 millones de años, sin embargo Eguiluz (1982) señala que probablemente inmigró a nuestro país hace solo 50 millones de años. Desde esta época, el género inició su diversificación, colonizando la multitud de nuevos nichos ecológicos de las principales cordilleras montañosas, que a partir de entonces fueron habitables.

En la actualidad los reportes de varios autores (Martínez, 1964; Mirov, 1967; Rzedowski, 1978; y Eguiluz, 1985) dan un total de 79 taxa, representado por 50 especies, 20 variedades y 9 formas, sin embargo recientemente Mc Vaughn (1992) en su análisis de las pináceas de la flora NovoGaliciana, reconoce 5 especies y una variedad más, por lo que se puede decir que el género *Pinus* posee 85 taxa, conformados por 55 especies, 21 variedades y 9 formas. En general, los estudiosos de la taxonomía de *Pinus* mencionan la alta probabilidad de existencia de nuevos taxa en zonas poco exploradas del país.

Los pinos están distribuidos principalmente en los macizos montañosos del país como son: Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Macizo de Oaxaca, Sierra Norte de Chiapas, Sierra de Juárez y Sierra de San Pedro Mártir. Eguiluz (1982) menciona que el mayor número de especies de *Pinus* se encuentra en la Sierra Madre Occidental, seguido por el Eje Neovolcánico y después por la Sierra Madre Oriental. Además reporta que en los sitios accidentados de las Sierras se tiene el mayor número de especies por área, comparado con valles y mesetas, que es donde se pueden encontrar extensos rodales monoespecíficos. Señala además que existen 21 Estados con más de 10

taxa y al parecer solo Campeche, Tabasco y Yucatán carecen de pinares naturales.

Factores ecológicos que influyen en la distribución de *Pinus*

Los factores que influyen en la distribución de este género son:

Altitud. Los bosques de pinos se presentan desde el nivel de mar hasta los 4 000 m.s.n.m., sin embargo, según Rzedowski, (1978) y Eguiluz (1982) el grueso de la masa forestal de pinos mexicanos se desarrolla en intervalos de altitud entre los 1 500 y 3 000 m.s.n.m., a elevaciones mayores también son frecuentes y constituyen el único tipo de bosques que alcanza el límite superior de la vegetación arbórea

El factor altitud al parecer influye marcadamente en algunas especies, sin embargo mencionan que es necesario realizar más estudios.

Clima. El clima donde se desarrollan los pinares varía, pero la mayoría de las especies que se desarrollan en climas subtropicales, templados y templados fríos, presentan lluvias en primavera y verano, desde mayo hasta septiembre. (Eguiluz, 1982; y Rzedowski,1978),

Los pinares de climas templado y templado frío presentan un periodo secundario de precipitación durante el invierno, ya sea como escarcha o como nieve, particularmente aquellos que se desarrollan por encima de los 3000 m. s.n.m. en el Eje Neovolcánico y 2500 m s.n.m. en el norte de la Sierra madre Occidental. En estas cordilleras ocurren alrededor de 100 heladas por año y hasta 150 en las regiones montañosas de Chihuahua.

Con respecto a la temperatura, se ha reportado por Eguiluz (1982) que existen pinares que pueden presentarse sitios con temperatura mínima extrema de - 23°C y en otros presentan una máxima extrema de 45°C. Al respecto Rzedowski (1978) señala que en general el grueso de los pinares se desarrolla entre 10° y 20 °C de temperatura media anual.

Los vientos aunado a la temperatura, juegan un papel importante ya que Vázquez y Martínez (1982), mencionan que la enfermedad denominada resinosis, se presenta con mayor incidencia en invierno y al parecer es porque los intensos

vientos fríos ocasionan la muerte de las yemas de renuevo y de esta manera se favorece la penetración del hongo que la origina.

Geología. Rzedowski (1978) considera que existe una relación entre los pinares mexicanos y los sustratos de naturaleza ígnea, debido a que la evolución del género estuvo ligada cronológicamente con épocas de intensa actividad volcánica. También reporta que se encuentran en sustratos de calizas, areniscas, esquistos, margas, gneis y que es común observar que el contacto entre la roca ígnea y la sedimentaria marina corresponda a un límite neto entre el pinar y otra comunidad vegetal.

Suelos. En general los pinos se desarrollan con frecuencia en suelos deficientes en nutrimentos y la presencia de micorrizas, puede ser importante para su sobrevivencia y desarrollo (Mirov, 1967). Rzedowski (1978) al hacer un análisis de los diferentes estudios realizados sobre suelos de bosque de *Pinus*, menciona que se han clasificado comúnmente como Podzoles, Andosoles, y Litosoles, por lo que el color del suelo, la textura y el contenido de nutrimentos presenta variaciones considerables de un lugar a otro. Son bastante frecuentes los suelos rojos, cafés y negros oscuros.

La profundidad del suelo es también muy variable, ya que se han encontrado bosques desarrollados sobre litosoles de corrientes de lava de escasa edad y también sobre suelos muy profundos.

Entre los nutrimentos más importantes para los pinos están el nitrógeno y el fósforo (Anaya, 1962; Mirov, 1967; Rzedowski, 1978; y Madrigal *et al.*, 1993).

Exposición y Pendiente. Los pinares se desarrollan sobre una gran variedad de pendientes y exposiciones. Daubenmire (1979) y Rivera (1989), mencionan que la exposición y la altitud son gradientes ambientales ya que combinan los efectos de la cantidad de luz, humedad y temperatura y reconocen que generalmente las coníferas se desarrollan preferentemente en exposiciones norte, pero asimismo señalan que los mejores desarrollos y la mayor producción de semillas se dan en exposición sur, atribuido a una mayor cantidad de luz.

Características morfológicas.

Mirov (1967) y Madrigal *et al.* (1993) mencionan que los pinos son árboles xeromórficos, es decir son plantas resistentes a la sequía y menciona que las coníferas al vivir en lugares muy difíciles, en zonas donde las fluctuaciones de temperatura son bastante amplias, tanto de un año a otro como en el mismo año, así como a los cambios ambientales motivados por las diferencias en la exposición y altitud, las ha conducido a presentar una serie de características como las siguientes:

Hojas. Las hojas lineares reducen la pérdida de agua, debido a que la proporción superficie/volumen es pequeña. Los estomas muy sumidos y la gruesa cutícula contribuyen igualmente a reducir la tasa de transpiración. Por otra parte la característica perennifolia les permite aprovechar cabalmente la estación de crecimiento, sobre todo en zonas muy frías, donde inician el crecimiento cuando se eleva la temperatura del ambiente al iniciar la primavera.

Corteza. La gruesa corteza del arbolado protege al tejido leñoso contra el intenso frío o contra el calor, donde los incendios son frecuentes.

Sistema radicular. El sistema radicular generalmente es superficial, característica que les permite establecerse en suelos someros y en zonas de hielo, captar el agua de deshielo, mientras que en zonas áridas y semiáridas, aprovechar el agua de las primeras lluvias

Ramillas y estróbilos. Una de las características de las coníferas es la de presentar sus óvulos invertidos, es decir el micrópilo está orientado hacia el eje del estróbilo, lo que hace sumamente difícil la polinización. Cuando el polen se transporta sólo por gravedad, esta dificultad se ha resuelto de la siguiente manera: las hojas de las ramillas terminales están dispuestas en roseta, la cual provoca turbulencias que concentran el polen en el centro de la roseta, donde se localizan estróbilos femeninos.

Los estróbilos también inducen varios tipos de turbulencias del aire, cuyo resultado final es el transporte del polen hasta el eje del estróbilo, hacia donde esta

orientado el micrópilo, haciendo posible la polinización.

Aspectos demográficos de los pinos.

Producción de frutos y semillas. Según Mirov (1976), en general la formación y maduración del cono dura aproximadamente dos años, por lo que en este periodo varios factores influyen en la producción de frutos y estos son:

a) Fisiología del árbol progenitor. Krugman *et al.* (1974) reporta que si el árbol se desarrolla en zonas con suelos deficientes en nutrientes, los frutos pueden ser abortados en virtud de que se ha detectado competencia entre yemas vegetativas y yemas florales.

La producción de semillas es irregular y puede variar de 1 a 5 años. Cuando existe una buena producción de frutos se producen líneas angostas de crecimiento, en el tronco del árbol, lo que se interpreta que la energía para la producción de conos es desviada del crecimiento (Eis *et al.*, 1965). Garman (1955) encuentra que después de una gran producción de conos ocurre una baja producción de semillas, lo cual indica que el gasto energético para la producción de semillas no es continuo.

b) Edad de árbol. Si bien la capacidad de un árbol para producir frutos esta en función de la edad, esta es muy variable. Patiño, *et al.* (1983) reportan que *P. ayacahuite* puede producir flores a los 3 años, mientras que otras lo hacen a los 6 y 8 años de edad y algunas más como *P. montezumae* la inician a los 10 y 15 años de edad, sin embargo se considera que la mejor edad para producir frutos y semillas viables es cuando el árbol alcanza altura máxima, esto es en su vida media.

c) Factores climáticos. La temperatura y humedad son fundamentales ya que para una adecuada polinización se requiere de altas temperaturas y una baja humedad relativa del aire y del viento, para permitir el transporte del polen, esto según Eis *et al.* (1965) también es aplicable a otras especies, ya que en general reportan que la época de floración para la mayoría de las especies de pinos ocurre también en los meses de febrero- abril y si en esta temporada ocurren fuertes lluvias, se impide la polinización y ocasionan la caída de conillos y baja producción de

semillas. Patiño *et al.* (1983) señalan que en *Pinus montezumae* los conos durante la polinización, permanecen abiertos o en estado receptivo de 1 a 3 días,

d) Depredación.- En general los conos y semillas de pinos sirven de alimento a varias especies de insectos, principalmente de los géneros *Dioryctria*, *Conophthorus*, *Megastigmus* y *Lasperyresia*, atacan los cono y semillas, ocasionando pérdidas en su producción. Los descortezadores de la familia *Scolytidae*, también causan la muerte del arbolado, ocasionando primero aborto de frutos, y posteriormente una nula producción de yemas florales. Los defoliadores como *Neodiprion fulviceps*, al atacar las hojas indirectamente afectan a la producción de frutos. (Hedlin, *et al.*, 1980; y Patiño *et al.*, 1983).

Los conos de *Pinus* son altamente depredados por roedores, principalmente por ardillas (Leopold, 1978). Smith (1970), incluso propone un proceso coevolutivo entre ellas y los pinos. Otros depredadores como aves y pequeños mamíferos, pueden ser depredadores-dispersores, sobre todo para el caso de las semillas que carecen de mecanismos de autodispersión, como las de los piñoneros, en tanto que para las otras son únicamente depredadores (Janzen, 1970; Smith, 1970; Ligon, 1971; y Vander y Balda, 1977). Peters (1981), encuentra que la depredación de semillas de *P. hartwegii* alcanza a ser mayor al 90%.

e) Parásitos y enfermedades. Las royas producidas por el hongo *Cronartium*, merman la producción de frutos y semillas. En el área semillera de Puebla, esta roya merma aproximadamente un 40% de la producción (Patiño *et al.*, 1983).

Las hemiparásitas del género *Arceuthobium*, de las cuales se han encontrado hasta 11 especies (Rodríguez, 1983), causan debilitamiento del arbolado, deformación de la madera y baja producción de frutos

Las semillas pueden ser atacadas por hongos, los cuales están presentes desde el cono. Patiño *et al* (1983) reporta que, en semillas recién colectadas, se detectó a varios géneros, entre los que destacan: *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus* y *Fusarium*, y en el estado de plántula recién emergida, se han encontrado además *Phytium*, *Alternaria*, *Trichoderma* y *Rhizoctonia*.

Germinación. El proceso de germinación varía de acuerdo a las especies. *Pinus michoacana*, presenta un 49 % de germinación a los diez días, *P. montezumae* germina a los 12 días con un 65% y *P. hartwegii* germina a los 14 días con un 45% (Hernández, 1993). También hay variación en el tamaño y el número de semillas entre especies. Según Patiño *et al.* (1983) en *P. montezumae*, un kilogramo puede tener de 44 000 a 49 000 semillas, mientras que para *P. michoacana* se tiene un rango de 15 000 a 53 000 semillas y para *P. ayacahuite* se reporta una cantidad de 10 000 a 23 000 semillas.

Niembro, *et al.* (1978) señala que el color y el tamaño de las semillas influyen en el porcentaje de germinación. Para *P. hartwegii*, encuentran que las semillas de color oscuro son superiores en germinación, sin importar el tamaño, que las de color claro, de esta forma germinan primero las semillas grandes color negro, después las chicas del mismo color, después las grandes de color claro y al último las pequeñas y claras. Considera que las semillas grandes han recibido un suministro más adecuado de nutrimentos durante su formación.

Mirov (1976) y Patiño *et al.* (1983) señalan que la temperatura influye en la germinación. Al respecto Musalem (1985) menciona que las semillas de *P. montezumae* no germinan por debajo de los 5°C ni por encima de los 40°C, y que la germinación óptima se dan entre los 20-30 °C . A temperaturas menores de 20°C se reduce la velocidad de germinación, a temperaturas mayores a 30°C disminuye drásticamente el porcentaje total.

Establecimiento de plántulas. La emergencia, sobrevivencia y desarrollo de plántulas es afectada por los siguientes factores:

a) Fotoperíodo . La luz es esencial para la sobrevivencia y el desarrollo de los pinos (Jackson, 1962; Mirov, 1967 y Cristensen y Peet, 1984). Kramer *et al.* (1952). Mirov (1967) y Kozłowski (1979), reportan que plántulas de pino creciendo en condición natural de luz (8-9 horas) se desarrollan normalmente, pero si se siembran en lugares con un fotoperíodo mayor, presentarán 2 períodos de crecimiento. Señalan además que *Pinus taeda*, la cual se distribuye cerca del Ecuador, disminuye su crecimiento si se le suministran 8.5 hr de luz, en lugar de sus 14.5 hr

en el mes de junio. Asimismo reportan que el máximo crecimiento obtenido para los pinos, fue con un fotoperíodo de 20 horas, sin embargo a luz continua el crecimiento es menor.

Velázquez y colaboradores (1985) en un estudio sobre la influencia de la interrupción de luz solar en el crecimiento de plántulas de *P. hartwegii*, encuentran que a mayor cantidad de luz interceptada, existe un menor crecimiento de la planta y hacen notar que todos los tratamientos de intercepción solar (8531-293 bujías/pie) no tuvieron influencia negativa en la sobrevivencia de la planta durante un período de 7 meses.

b) Termoperíodo. Mirov (1967), reportan que los pinos que crecen en zonas cercanas al Ecuador, e incluso en zonas templadas, poseen la propiedad de que sus hojas fotosintetizan en invierno, pero en los pinos que se desarrollan mas al norte, esta actividad se suspende por el frío y se reactiva con la primavera. Kramer (1969), explica que en invierno, la capacidad fotosintética disminuye debido a la inactivación de los cloroplastos, ya que su apariencia y posición en las células cambia a bajas temperaturas. Cuando se incrementa la temperatura, la apariencia y posición de los cloroplastos se restablece. Señala además que el proceso de respiración no es afectado por las altas o bajas temperaturas, ya que se ha detectado fotosíntesis a -6°C , y la respiración es detectable a temperaturas menores a -19°C . Sugiere que los pinos de las partes cálidas del mundo realizan fotosíntesis todo el año. Asimismo hace notar que la edad de las hojas influye en la fotosíntesis y generalmente después de 2-3 años de edad, disminuyen su capacidad fotosintética.

Mirov (1967) y Kozlowsky (1979), mencionan que al incrementarse la temperatura en el día, se incrementa la longitud radical, y al incrementarse la temperatura nocturna, decrece el crecimiento en altura, por lo que los días deben de ser más cálidos que las noches. Mencionan que la relación crecimiento - temperatura es un fenómeno muy complejo. La periodicidad del crecimiento, en un principio fue atribuida a una disminución nutricional en el árbol, durante el invierno, sin embargo también depende de la temperatura en la temporada de crecimiento.

Los factores de luz y temperatura van relacionados y al respecto Musalem

(1984), encuentra que las plántulas de *P. montezumae* de dos meses a un año de edad, presentan altos niveles de mortandad debido a alta radiación solar, sequía y heladas, por lo que recomienda que las plántulas permanezcan con cierta protección, cuando menos un año.

c) Micorrizas. Mirov (1967) y Pritchett (1986), señalan que grandes cantidades de nutrimentos son absorbidas gracias a las micorrizas, lo que favorece el establecimiento de los pinos, con esta asociación. Los hongos también son beneficiados por los pinos, ya que cuando no están asociados, carecen de la capacidad de producir una enzima que hidroliza la celulosa y es incapaz de obtener nutrimentos, por lo que pueden subsistir pero no formar cuerpos fructíferos.

d) Condición sucesional de la comunidad vegetal. El éxito en el establecimiento de una plántula de pino tiene relación con el estadio y las condiciones de la comunidad. Kramer, *et al.* (1952), realizaron experimentos sobre establecimientos de plántulas de 2 especies de pino en tres condiciones y encuentran que la sobrevivencia es baja dentro del bosque, mejora en los márgenes y es alta en sitios abiertos, lo que concuerda con Borman (1953) y Christensen y Peet (1984), quienes consideran que los pinos son especies adaptadas a estadios sucesionales tempranos, pues sus semillas pequeñas son diseminadas por el viento y se establecen rápidamente, aún en suelos pobres, por tener mayor resistencia a la sequía que otros árboles.

Las semillas de pinos cuentan con muy pocas reservas de nutrimentos, por lo que requieren que su radícula alcance rápidamente el suelo mineral, que exista buena humedad y un buen aporte de luz, para iniciar de inmediato la fotosíntesis, razón por la cual sus hojas cotiledonares son verdes desde antes de desprenderse de la testa y por ello son colonizadoras de lugares con suelos desnudos o en los que exista poco impedimento para que sus plántulas alcancen el sustrato según (Mirov, 1967).

Christensen y Peet (1984), en un estudio sucesional en Carolina del Norte, mencionan que los pinos se establecen inicialmente en áreas abiertas y aproximadamente durante los primeros 100 años del desarrollo del bosque,

constituyen el 90% de la biomasa. Asimismo también describen el desarrollo de los bosques de pino en cuatro etapas:

- 1.- reclutamiento y selección
- 2.- Competencia intraespecífica y autoaclareo natural de la población.
- 3.- Engrosamiento natural del arbolado residual y
- 4.- Degradación de la población.

En la última fase, la población de pino es afectada, porque al cerrarse el dosel, se favorece el crecimiento de latifoliadas, a las cuales la caída de los pinos o su tala les favorece, por lo que llegan a ser dominantes reemplazándolos completamente. Al respecto Whittaker (1965) y Minkler (1975), mencionan que después de una gran perturbación, la sucesión que ocurre en un bosque mixto de pino-encino se inicia con la colonización del sitio por los pinos, los cuales ganan a los encinos por su mayor velocidad de crecimiento y aún cuando los encinos rebrotan vegetativamente del tocón, los pinos mantienen su dominancia por más de un siglo, pero cuando un pino cae, las condiciones de luz que resultan de esta apertura no son suficientes para permitir el establecimiento del renuevo de pino y su lugar es tomado por un encino presente en el sotobosque a través del tiempo y posteriormente, los encinos llegan a ser dominantes o codominantes en el bosque. Las anteriores aseveraciones son apoyadas por Rzedowski (1978) y Jardel (1985). Además Saldaña, *et al.* (1990) plantean que especies del bosque mesófilo de montaña tienden a sustituir al bosque de pino, lo cual parece concordar con lo citado anteriormente.

e) Técnicas de aprovechamiento forestal. Snook y Negreros (1984), Jardel (1985), y González y López (1990), señalan que el aprovechamiento forestal en México es una de las causas que afecta el establecimiento de plántulas de pino y favorece a las latifoliadas, hacen notar que algunas técnicas de explotación forestal están acelerando el proceso de sucesión.

f) Incendios. Mirov (1967), Whittaker (1975), y Fulé y Covington (1997), en un análisis de investigaciones sobre el efecto de los incendios sobre las comunidades

de pino señalan que efectivamente juegan un papel importante pero sólo en algunas de ellas, de tal forma que en los bosques templados de pino la sucesión causada por fuego es baja. En pinares de zonas más frías, la extensión y duración del clímax de pinares depende de la intensidad y frecuencia de los incendios. En zonas tropicales, o cercanas al Ecuador, existen áreas en donde el bosque de pino es abierto y convive con pastizales, a los que se les conoce como Sabanas de pino. En estas comunidades el fuego es responsable, no del origen, pero si del mantenimiento de los pinares.

Rzedowski (1978), considera que este factor y sus efectos, cuando son frecuentes, destruyen los bosques y los degradan, pero también señala que es indudable que muchos pinares mexicanos deben su existencia y su gran superficie a la influencia periódica del fuego. Fulé y Covington (1997) consideran que los pinares de México, que se desarrollan en las partes bajas cercanas a los pastizales y zonas áridas, son los que con mayor frecuencia constituyen fases sucesionales mantenidas por el fuego.

Establecimiento de plántulas en plantaciones

En México, ante los problemas de la deforestación, se ha planteado la estrategia de reforestar o establecer plantaciones. En diversos estudios de plantaciones se ha mostrado que la sobrevivencia y el establecimiento de plántulas de pino es afectada por:

a) La procedencia de la especie. La procedencia de las especies es un factor que influye en la capacidad de las plántulas para establecerse en otro lugar (Villegas, 1978 y Zamudio, 1985). Al respecto Musalem *et al* (1978) señalan que las especies de origen tropical, no se desarrollan adecuadamente y tienen alta mortalidad en climas templados, ya que de trece especies que plantaron solo se mantienen 5 especies y las de mayor vigor y sobrevivencia fueron *P. pseudostrobus* y *P. radiata*.

Martínez (1985), hace notar que de 15 especies de pino que se han introducido en México, sólo seis se han adaptado bien, de las cuales *Pinus caribea*

es para zonas tropicales, *P. elliotii* y *P. canariensis* son para el Distrito Federal y *P. halepensis* y *P. brillii* son para las zonas áridas del norte.

b) Factores climáticos y depredación. Zamudio (1985), realizó un experimento con 7 especies de coníferas, nativas del país, de año y medio de edad, con la finalidad de ver el grado de adaptabilidad de cada una de ellas a sitios perturbados y tomó datos a los 6, 18 y 30 meses, encontrando que la mayor mortandad se registró en los primeros 16 meses y fue del 66% y a los 30 meses las pérdidas fueron de un 75 %. Hace notar que los factores climáticos y la herbivoría son los que tuvieron mayor influencia.

c) Métodos de plantación. Al respecto los resultados reportados son variables. Musalem, *et al.* (1975), al realizar un estudio sobre la influencia del método de preparación del suelo en la supervivencia y el crecimiento inicial de *Pinus radiata* plantado a raíz desnuda encuentran que los métodos cepa común, subsolado, y subsolado más rastra son buenos y casi no presentan diferencias significativas entre si, mientras que el menos recomendable es el método de la palada.

Hernández (1974), considera que el método de plantación de terrazas de absorción es mejor para suelos degradados y que *Pinus montezumae* mostró mayor supervivencia que *Pinus pseudostrobus*.

Pedraza y Rodríguez (1984) encuentran, al evaluar el tipo de preparación de suelo, que la preparación manual presentó los árboles con mayor desarrollo.

d) Competencia y densidad de plantación. Pimentel (1978), en un análisis sobre plantaciones forestales señala que el estrato arbustivo y el zacatón impiden la llegada de la semilla al suelo y si la alcanza, la plántula muere por falta de luz, además hace notar que las plantaciones fracasan debido al manejo inadecuado de la planta y la falta de elección de especies.

Marconi *et al.* (1985) evaluaron el efecto del espaciamiento de una plantación de *Pinus oaxacana* de 10 años de edad y encuentran que en los primeros 7 años no hay efecto de la densidad y es hasta los 10 años cuando se presenta un efecto en el diámetro del fuste, sin embargo en la altura no encontraron diferencias. Mas *et al.* (1977) encuentran que el espaciamiento y la densidad no influyen en la

sobrevivencia.

e) Plagas y enfermedades. Pedraza y Rodríguez (1984), al analizar una evaluación de plantaciones realizadas en 1973 y 1976 en la cuenca oriental del exlago de Texcoco, señalan que para *Pinus* la sobrevivencia fue de 6.6% después de 9 años y *P. radiata* es la que presenta mejor sobrevivencia seguida por *Pinus montezumae* y *P. michoacana*; sin embargo mencionan que *P. radiata* es muy susceptible al ataque de plagas.

Mas (1985) para una plantación de *Pinus pseudostrobus*, *P. pseudostrobus* var, *oaxacana*, *P. patula*, *P. michoacana* y *P. douglasiana* reportan que en general la sobrevivencia es baja (10 a 24%) después de 18 años y señalan que la alta mortalidad se debió a la incidencia de plagas y enfermedades.

Como se puede notar el establecimiento de plántulas de pinos es afectada por varios factores, sin embargo es interesante señalar que el efecto del micrositio y específicamente la hojarasca y su espesor no se ha considerado en los estudios de sobrevivencia o de plantaciones, aún cuando a nivel mundial recientemente los estudios acerca de la demografía de plántulas de árboles, se han enfocado principalmente a la sobrevivencia de semillas y establecimiento de plántulas. En ellos se han investigado factores como el micrositio (Streng *et al.*, 1989; Schup, 1990; y Hulme, 1996), pero es escasa la literatura (Valencia, 1992) que aborda el efecto de la hojarasca y su espesor, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el establecimiento de plántulas de 2 especies de pino y su relación con la hojarasca y su espesor, en un bosque de pino-encino y en un pastizal.

3. METODOS

Descripción de la zona de estudio.

El trabajo se desarrolló en la zona de bosque y pastizal, perteneciente a la Ciudad de la Ciencia y la Tecnología, del Instituto Politécnico Nacional, localizado en la Sierra de Chichinautzin, al sur de la Ciudad de México, delegación Milpa Alta, en los límites del Distrito Federal, Estado de México y Morelos, aproximadamente en el kilometro 45 de la carretera Xochimilco - Oaxtepec. La zona se ubica en las coordenadas 19° 05' 30" latitud norte y 98° 56' longitud oeste.

De acuerdo al Atlas Nacional del Medio Físico (INEGI, 1987) los suelos son de tipo Andosol húmico y molico, los cuales son representativo del Eje Neovolcánico. La geología de la zona corresponde a rocas de naturaleza ígnea. Con respecto a la litología superficial, predominan los basaltos y las andesitas, con sus respectivas tobas y brechas.

El tipo de clima que predomina corresponde al templado, tipo semifríos subhúmedos, con lluvias en verano, cuya temperatura media anual oscila entre 5 y 12 °C y la del mes más frío oscila entre -3 y 8 °C, su fórmula climática según García (1982) es C(E) (w₂) (w). La precipitación total anual es superior a los 1000 mm y la del mes más seco es menor a cuarenta milímetros.

Los tipos de vegetación presentes en la zona son:

a) Bosque de pino-encino constituido principalmente por *P. montezumae*, *P. teocote*, *Quercus rugosa*, *Q. laurina* y *Arbutus xalapensis*. La dominancia fisonómica corresponde a los pinos. En el estrato arbustivo están presentes varias especies de *Senecio*, *Stevia*, *Lupinus*, *Salvia*, y en el estrato inferior una gran variedad de especies, entre las que destacan *Lopezia mexicana*, *Bouvardia ternifolia* y *Penstemon roseus*.

b) Bosque de pino-pastizal, dominado principalmente por *P. montezumae*. y el estrato inferior dominado por *Festuca toluencensis* y *Muhlenbergia macroura*, así como manchones de *Lupinus spp.*

c) Pastizal. Ocupa grandes zonas que están rodeadas de bosque, lo que permite suponer que anteriormente eran bosques de pino-encino, sin embargo fueron desmontadas con fines pecuarios. Este tipo de vegetación está dominado por las especies *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia macroura* y *Calamagrostis sp.* entre otros.

Sitios experimentales

Se eligieron zonas en los tres tipos de vegetación presente, los cuales de acuerdo con el Inventario Forestal Nacional de Gran Visión (SARH, 1992), corresponden a bosques con poca perturbación (Bosque de pino-encino), perturbados (bosque de pino-pastizal) y áreas fuertemente perturbadas (Pastizal). Sin embargo debido a los incendios, inducido por los campesinos del lugar, en la zona de bosque de pino-pastizal, solo se presentan datos, de los primeros doce meses, de las áreas no afectadas.

Elección de las especies:

La elección de las especies se basó en su presencia en el Eje Neovolcánico, su amplia distribución y su disponibilidad en los viveros oficiales.

Por esta razón se eligieron las siguientes especies:

***Pinus michoacana* Martínez.** Según Martínez (1964) se distribuye en Michoacán, Nayarit, Jalisco, Oaxaca, Chiapas. En el herbario forestal (INIF) se encontraron también del Edo. de México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Guerrero y Nuevo León. Mc Vaugh (1992) lo reconoce como *Pinus devoniana*, sin embargo debido a que la literatura en su mayoría se le conoce como *Pinus michoacana* se reconocerá aquí como tal. El mismo autor lo reporta, además en los Estados de Aguascalientes, Veracruz e Hidalgo.

Eguíluz (1982), señala que esta especie tiene como límites altitudinales 1200 y 3000 m.s.n.m., señala que los mejores rodales se dan a los 1900m. Asimismo

menciona que los intervalos de precipitación varían de 600 a 1600 mm anuales. Las temperaturas mínima y máxima extrema son -7°C y 45°C , y la temperatura promedio anual es de 18°C y lo ubica como una especie de transición entre las de clima templado cálido y subtropical. Esta especie no crece en la zona de experimentación, sin embargo Martínez (1964) y Mc Vaugh (1992) señalan que se encuentra asociado con *Pinus montezumae*, la cual crece en la zona, por lo que se consideró como un buen candidato, e incluso por los reportes mencionados en los antecedentes en los que mencionan su alta sobrevivencia.

Los datos de las plántulas son:

Localidad de origen: bosque de *Pinus*, sierra tarasca, Michoacán, México.

Porcentaje de germinación en laboratorio: 84 %

Fecha de colecta de semilla: Noviembre de 1984

Fecha de siembra en viveros de Coyoacán: junio de 1986

Fecha de plantación en zona experimental: 18 de julio de 1987

Edad de las plántulas: 1 año

***Pinus ayacahuite* var. *vietchii* (Roetzl) Shaw.** Martínez (1964) lo reporta para los siguientes Estados: Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Guerrero, Puebla, Veracruz, y Tlaxcala. En revisión de herbario se encontró colectada en Morelos y Edo. de México. Rivera (1989) lo reporta para el Distrito Federal y Mc Vaugh (1992) para Michoacán y hace mención que esta especie se desarrolla bien en sitios similares a los de *Pinus montezumae*.

Eguiluz (1982) establece que el intervalo de distribución altitudinal desde los 2 200 hasta los 3 000 m y señala que los mejores desarrollos los alcanza a los 2700 m. La precipitación varía en el intervalo de 700 a 1 200 mm. Con respecto a las temperaturas, la mínima extrema es de -5°C y la máxima extrema es de 35°C , su temperatura promedio es de 15°C . La ubica como especie templado cálido. Además, por colectas personales, esta especie se ha encontrado en la zona de trabajo del presente estudio.

Los datos de las plántulas son:

Procedencia: Area semillera de San Juan Tetla, Puebla. INIF

Fecha de siembra: junio de 1985

Lugar de siembra: Viveros de Coyoacán

Fecha de plantación en campo: Julio de 1987 (edad 2 años)

Plantación

En cada tipo de vegetación, se plantaron:

100 plántulas de 1 año de *Pinus michoacana*.

100 plántulas de 2 años de *Pinus ayacahuite* var. *vietchii*.

El número estuvo limitado por la disponibilidad de planta que en similares condiciones, de procedencia, edad y vigor, se contaba en los viveros de la SARH.

Para ubicar las plántulas y llevar el seguimiento, en cada zona y por especie, se plantaron en tres hileras, a partir de un punto elegido arbitrariamente, a cada 1.5 m de distancia, como Mas Porras (1985) recomienda en las reforestaciones.

La plantación fue a raíz desnuda, en una cepa de 20 cm x 20 cm, en la que previamente se removió cuidadosamente la hojarasca, la cual se volvió a colocar, al finalizar la plantación.

Caracterización del micrositio

Se caracterizó el micrositio en el que se plantó cada plántula, anotando el tipo de sustrato (1=hojarasca de pino-encino; 2= Hojarasca de pastizal y 3=suelo mineral), y el espesor del mismo (medido con un vernier en centímetros). Igualmente se anotó la distancia al vecino más cercano, herbácea o arbusto, en centímetros.

Toma de datos

Para obtener los datos de sobrevivencia, las plántulas se revisaron mensualmente durante un año. Los datos registrados fueron: Especie, Condición (1= bosque de pino encino; 2= Bosque de pino-pastizal y 3= pastizal), y Sobrevivencia (0= muerto; 1= vivo). Se consideraron plántulas muertas aquellas que presentaron el follaje completamente amarillo y que en observaciones posteriores no presentaron renuevos. Muestras de estas se llevaron al laboratorio de fitopatología del INIF, para determinar el agente causal (Hongo o sequía u otra enfermedad).

Se consideraron plántulas establecidas aquellas que sobrevivieron al final del experimento (un año).

Análisis de datos.

Para evaluar el efecto del micrositio, los datos se agruparon de acuerdo al establecimiento (1= establecida, 0= no establecida), al tipo de sustrato (1= hojarasca de pino-encino; 2=hojarasca de pastizal y 3 =suelo mineral), su espesor (cm), la condición ambiental (1=Bosque de pino-encino; 2=Pastizal), la distancia al vecino más cercano (cm) y las causas de mortalidad de la planta (1=criptofagia, 2=sequía, 3=herbivoría), Los datos de sobrevivencia fueron transformados con el arcoseno de la raíz cuadrada. El análisis se efectuó con el paquete estadístico SAS, (1985), utilizando la prueba de ANOVA, por rangos de Kruskal-Wallis.

4. RESULTADOS

Sobrevivencia

La sobrevivencia de las dos especies de pino fue similar en el bosque de pino encino y diferente en pastizal.

Pinus michoacana. Durante los primeros tres meses, correspondientes a la estación de verano y principios de otoño, no se detectó mortalidad ni herbivoría, en las dos condiciones, y la sobrevivencia fue del 100% (Cuadro 7 y Figura 5). Posteriormente ésta disminuyó, ligeramente más en pastizal, hasta el octavo mes, correspondiente a la estación de invierno. A partir de este momento se comienzan a presentar diferencias en la sobrevivencia entre las dos condiciones. En el bosque de pino-encino la sobrevivencia continuó declinando hasta ser nula, en la estación de primavera. En el pastizal la sobrevivencia continuó disminuyendo, pero a un ritmo menor que en el bosque, hasta llegar a fines de primavera al 29%, posteriormente presentó mínima variación estabilizándose al año siguiente con un 24 %, la cual se mantuvo constante en los siguientes años.

Pinus ayacahuite var. vietchii. Esta especie no presentó mortalidad durante los primeros cuatro meses, correspondientes a la estación de verano, ni se detectaron daños en ellos en las dos condiciones (Cuadro 8 y Figura 6). En el quinto mes, la sobrevivencia disminuyó ligeramente a un 90% en la zona de pastizal, no hubo cambios en el bosque y en el séptimo mes, principios de invierno, la sobrevivencia disminuye bruscamente en pastizal hasta llegar a un 26%, en el bosque disminuyó a un 90%. Durante los siguientes meses, estaciones de invierno y primavera, la sobrevivencia en pastizal se mantiene con mínima variación llegando a un 17% de sobrevivencia, en tanto que en bosque llegó a ser nula. Revisiones de las plántulas, en los siete años posteriores (datos no presentados), indican que estas se mantuvieron, por lo que se pueden considerar establecidas.

Cuadro 7. Supervivencia de plántulas de *Pinus michoacana*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año, en Milpa Alta, D. F.

Tiempo (meses)		0	1	2	3	5	7	8	9	10	11	12	24
Estación			verano		otoño		invierno				primavera		
Supervivencia (%)													
Condición													
Bosque de Pino-Encino		100	100	100	100	80	67	43	30	20	10	0	0
Pastizal		100	100	100	100	80	60	53	51	30	30	29	24

n= 100 plántulas/condición

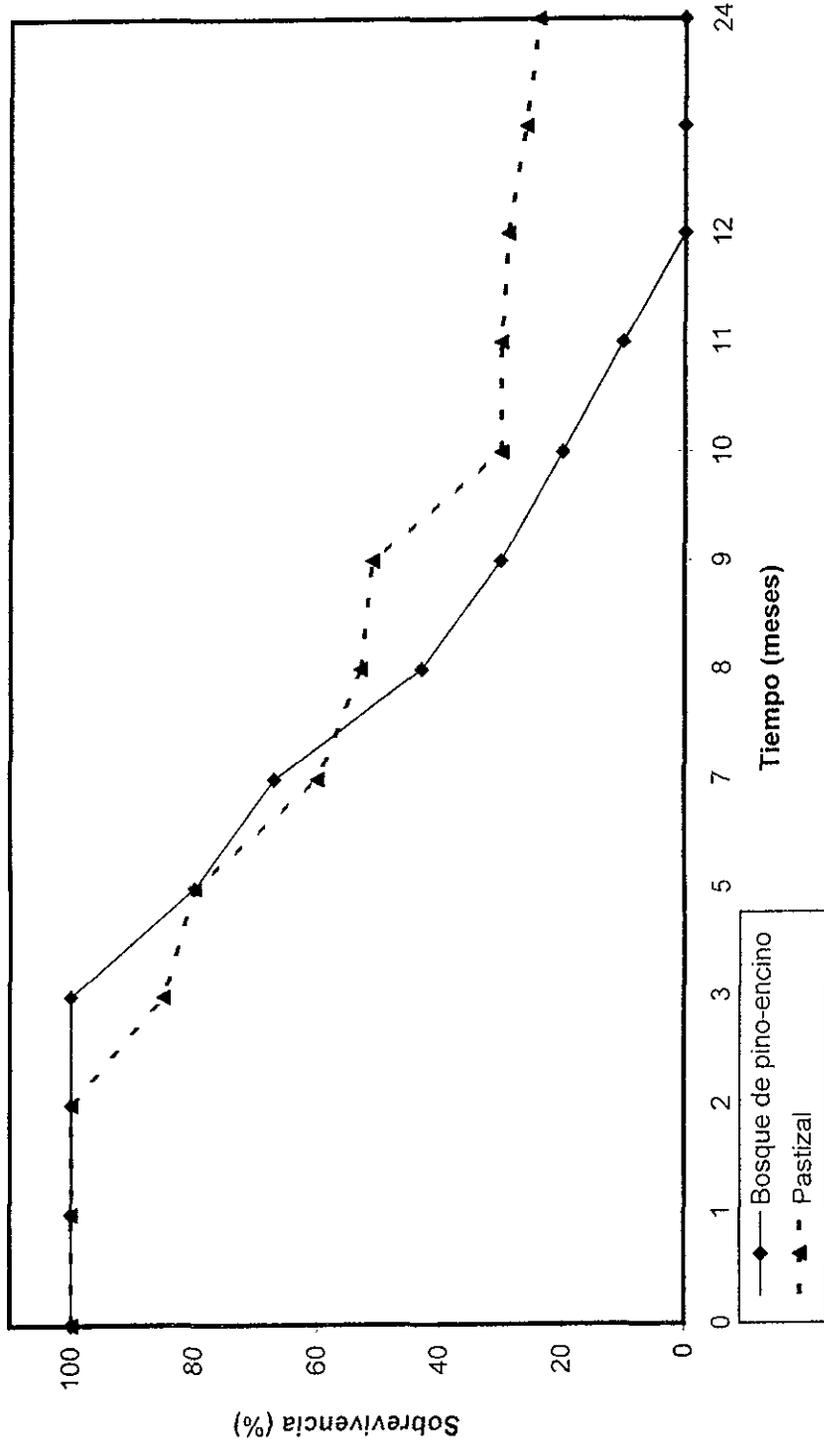


Figura 5. Variación de la sobrevivencia de plántulas de *Pinus michoacana*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta D. F.

Cuadro 8. Supervivencia de plántulas de *Pinus ayacahuite*, var. *vietchii*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año, en Milpa Alta, D. F.

Tiempo (meses)	0	1	2	3	5	7	8	9	10	11	12	24
	verano						invierno			primavera		
Estación	otoño											
Sobrevivencia (%)												
Condición												
Bosque de Pino-Encino	100	100	100	100	100	90	20	15	10	10	0	0
Pastizal	100	100	100	100	90	26	25	20	20	20	17	17
n= 100 plántulas/condición												

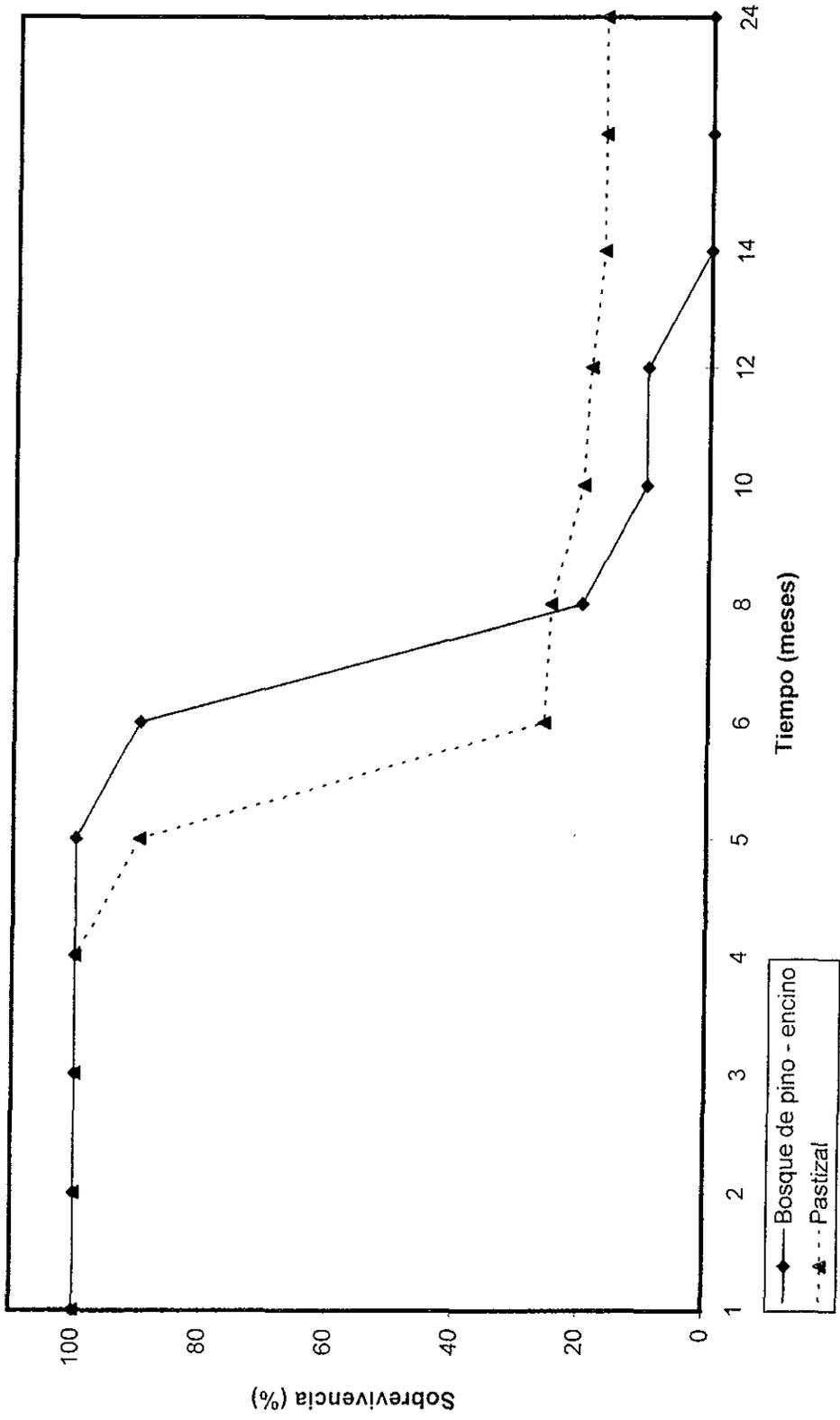


Figura 6. Variación de la sobrevivencia de plántulas de *Pinus ayacahuite*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta D. F.

Factores que influyen en la sobrevivencia

Los factores que influyen en la sobrevivencia de plántulas, se evaluaron a través de los síntomas que presentaron las plántulas, dichos síntomas, mostrados en el Cuadro 9, fueron:

Criptofagia. En el bosque de pino-encino, no se detectaron daños en hojas ni tallo, sin embargo las raíces sí presentaban daños, e incluso las plántulas se extraían fácilmente, estos daños se repitieron en todas las plántulas, afectando al 100% de las plántulas de ambas especies. No se presentó en la condición de pastizal.

Herbivoría. En la zona de pastizal, se detectó que las plántulas que presentaron herbivoría en más del 75% del follaje e incluso en el 100%, no presentaron posteriormente retoños o rebrotes, por lo que se atribuyó a este factor su mortalidad. Las dos especies presentan un efecto en porcentajes parecidos (*P. michoacana* 40% y *P. ayacahuite* var. *vietchii*, 36%).

Sequía. En la zona de pastizal, las plántulas que durante la época de escasa y nula precipitación, presentaron amarillamiento foliar, pero no presentaron daños visibles en la planta y que además el análisis fitopatológico de sus muestras, no detectó enfermedades, se consideró a la sequía, como responsable de la mortalidad. En este caso es posible notar mayor mortalidad en *P. ayacahuite* var. *vietchii* y menor en *P. michoacana*, (74 y 36% respectivamente), lo que puede indicar que la primera es más sensible y la segunda es más resistente a este factor.

Micrositio y establecimiento de plántulas

Los resultados de establecimiento de ambas especies, indica que existen factores que favorecen la sobrevivencia y el establecimiento de plántulas. La prueba de rangos de Wilcoxon (Cuadro 10), indica que las variables consideradas, presentan una relación con el establecimiento de plántulas y ésta es la misma para ambas especies, lo que indica que a pesar de su diferencia taxonómica, edad y tamaño el

Cuadro 9. Causas de mortalidad de plántulas de dos especies de pino, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta, D. F.

Condición ambiental	Bosque de pino encino	Pastizal
Especie	<i>Pinus michoacana</i>	<i>P. ayacahuite</i> var. <i>vietchii</i>
Causa	<i>P. ayacahuite</i> var. <i>vietchii</i>	<i>P. michoacana</i>
Criptofagia	100	100
Herbivoría		40
Sequía		36
		74

n= 100 plántulas/especie/condición

Cuadro 10. Significancia estadística, para la sobrevivencia de plántulas de dos especies de pino, de las diferentes variables estudiadas (Prueba de Kruskal-Wallis).

Establecimiento de plántulas de las especies:	Condición	Sustrato*			Espesor (cm)			Distancia al vecino más cercano (cm)			
		1	2	3	0	0.5	1.0	1.5	4-10	11-15	16-20
<i>Pinus michoacana</i>	Bosque			***							
	Pastizal			***	***					***	
<i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>vietchii</i>				***	***					***	

* (1 = Hojarasca de pino encino; 2 = Hojarasca de zacatal y 3 = Suelo mineral)

*** (altamente significativo $p < 0.0001$).

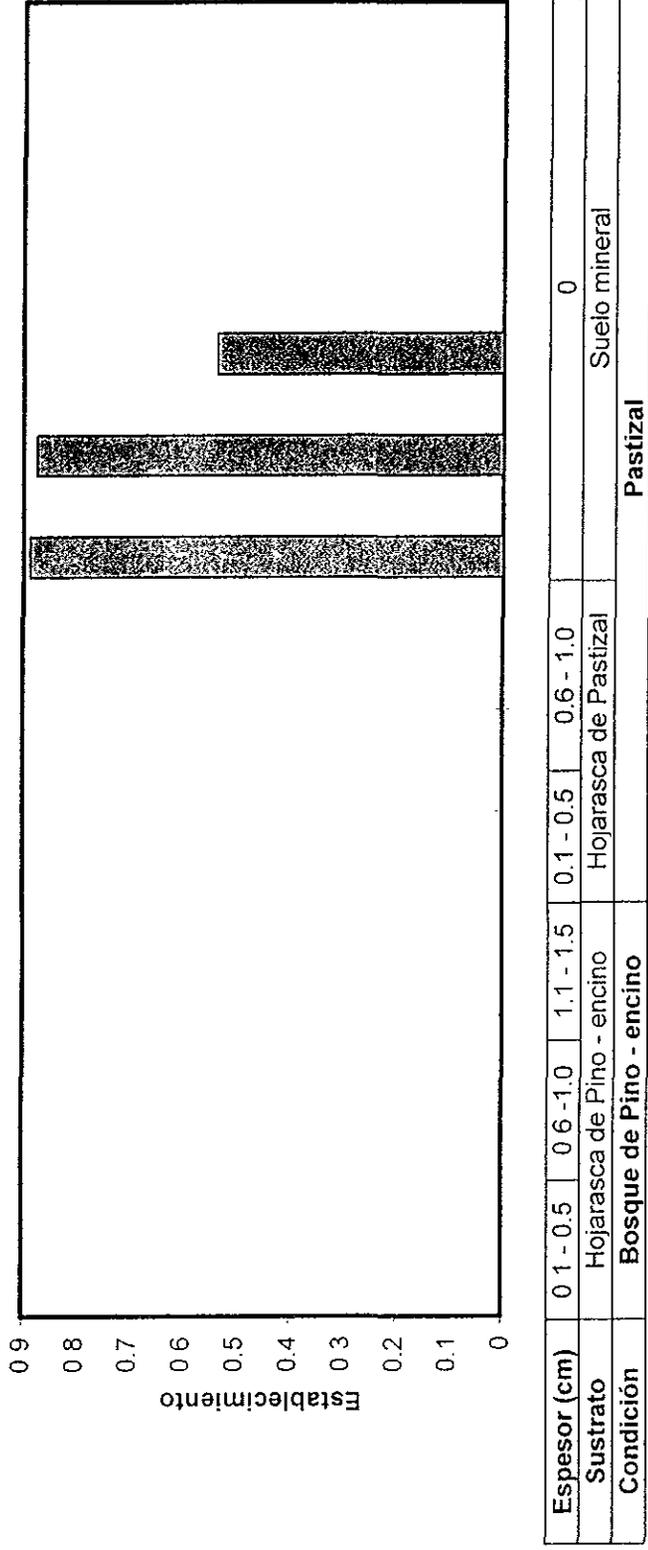
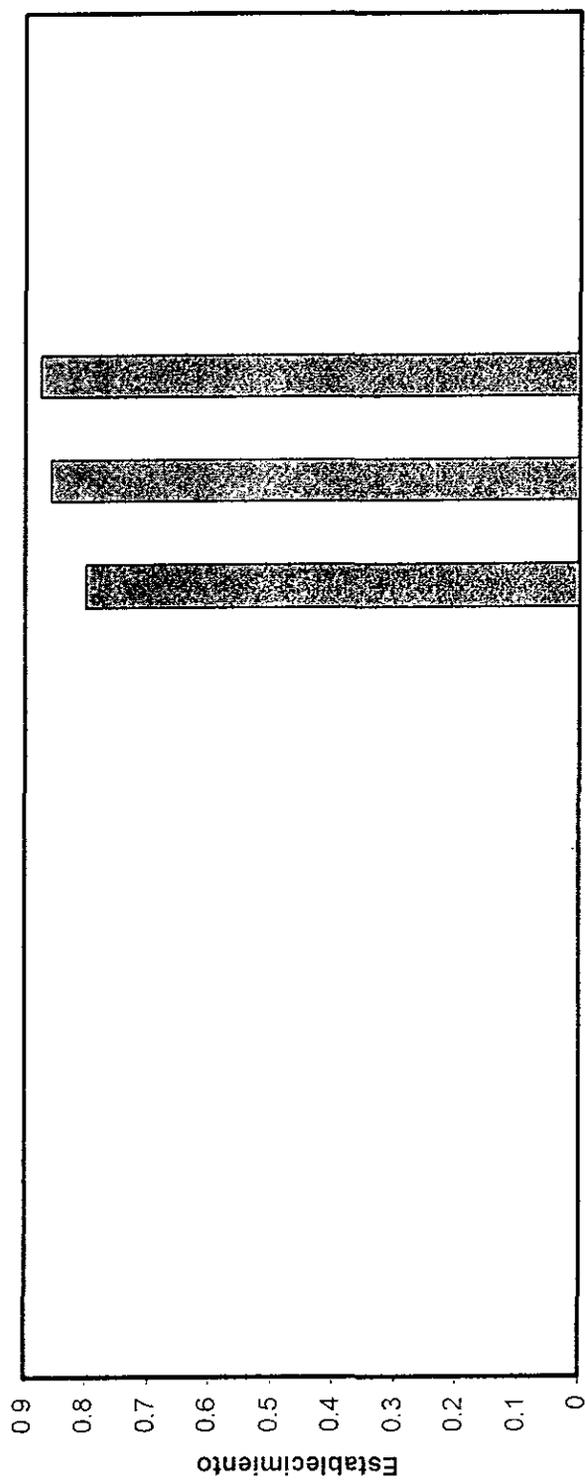


Figura 7. Establecimiento de plántulas de *Pinus michoacana* (fracción de sobrevivientes entre el número inicial), en dos condiciones ambientales, de acuerdo al micrositio (sustrato y espesor), después de una temporada adversa a su crecimiento.



Espeor (cm)	0.1 - 0.5	0.6 - 1.0	1.1 - 1.5	0.1 - 0.5	0.6 - 1.0	0
Sustrato	Hojarasca de Pino - Encino			Hojarasca de Pastizal		Suelo mineral
Condición	Bosque de Pino - encino			Pastizal		

Figura 8. Establecimiento de plántulas de *Pinus ayacahuite*, (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) en dos condiciones ambientales, de acuerdo al micrositio (sustrato y espesor), después de una temporada adversa a su crecimiento

5. DISCUSIÓN

La disminución de la sobrevivencia de plántulas de las dos especies de pino, durante las estaciones de invierno y primavera, está relacionada con las bajas temperaturas y mínima precipitación (Mirov, 1967; Kramer, 1969; y Kozlowsky, 1979), así como por factores bióticos, como la criptofagia y la herbivoría.

Para la condición bosque de pino-encino, el ataque a las raíces de los pinos puede deberse a que, en invierno, existe disminución de follaje de herbáceas y por ello los organismos buscan su alimento en las raíces de pinos, lo que se conoce como criptofagia, y causar su mortalidad como ha ocurrido en algunas plantaciones (Musalem, 1984; Hansson, 1985; y Zamudio, 1985). La conducta criptofágica es poco conocida, por las dificultades técnicas que implica.

En este trabajo y con base en su distribución, hábitat y hábitos alimenticios, los organismos causantes pueden ser los siguientes: a) roedores, *Spermophilus variegatus variegatus*, *Peromyscus maniculatus*, *Sigmodon spp.* y *Microtus spp.*; b) musarañas, *Sorex oreopolus* y *S. vagrus* y c) tuzas, *Pappogeomys meriani irolonis*, *Thomomys umbrinus*. En general, todos ellos se localizan en la zona, se alimentan de varios productos (Ceballos y Galindo, 1984 y Cervantes *et al.*, 1994), entre ellos las raíces de pinos, sin embargo este consumo se dió en la temporada de invierno, cuando existe escasez de alimento y forraje (Abott, 1962, Janzen, 1971).

Por lo anterior, podemos suponer que la falta de renuevo en bosques de pino-encino, puede estar más relacionada con la fauna y no se debe a su baja capacidad de establecerse en lugares con sombra. Este hecho se ve reforzado porque los depredadores de raíces o el efecto que ejercen, no se presenta en la otra condición y en el bosque causaron el 100% de la mortalidad en plántulas de las 2 especies, sin embargo requiere ser más investigado.

En el pastizal la disminución en la sobrevivencia, parece deberse a que en la temporada de escasa o nula precipitación hay escasez de forraje, lo que ocasionó la herbivoría sobre plántulas de las dos especie de pino, causada por roedores o

lagomorfos, como ha ocurrido en experimentos con otras especies de pino según Chacón y Cano (1979) y Zamudio (1985).

Además la mortalidad de plántulas en zonas totalmente abiertas, puede indicar que las plántulas de ambas especies no resisten la sequía (Musalem, 1984), y una manera de atenuar estos efectos es contar con la sombra de los macollos, los cuales pueden atenuar la temperatura del suelo y la pérdida de agua (Grime, 1982; Velázquez *et al.* 1985; Pritchett, 1986), lo cual le permite lograr cierta rigidización de hojas (Kramer *et al.* 1952, Jackson, 1962; y Mirov, 1967), y disminuir los ataques de herbivoría para favorecer el establecimiento de las plántulas de pino, lo que explicaría porqué las plántulas sobrevivientes presentaron alta relación con la distancia, de 10 -15 cm, al vecino más cercano, mientras que aquellas que se transplantaron a mayor distancia, no lograron sobrevivir.

Las plántulas transplantadas cerca del macollo (distancias menores a 10 cm) no sobrevivieron posiblemente debido a la competencia, fundamentalmente por el agua, que ejerce el mismo (Mirov, 1967; Whittaker, 1975; Kozłowski, 1979; y Pritchett, 1986). La menor resistencia a la sequía en *P. ayacahuite*, var. *vietchii* puede deberse a su distribución en zonas preferentemente húmedas (Vela, 1976), mientras que *P. michoacana*, lo hace en zonas menos húmedas (Eguiluz, 1982).

Por otra parte los tipos de sustrato (suelo mineral y hojarasca de pastizal con espesor menor a 0.5 cm) presentaron una relación altamente significativa con el establecimiento, y se debe a que están presentes en el pastizal, donde ocurrió el establecimiento, sin embargo la distribución geográfica de las especies, indica que crece en varios tipos de sustrato (Eguiluz, 1982 y Mc Vaugh, 1992) lo que permite suponer que dicha relación, no puede ser generalizada.

Las plantas sobrevivientes fueron revisadas a los 3 años y a los 7 años, pero los continuos incendios inducidos por habitantes cercanas a la zona, el pastoreo y las sequías, al parecer son responsables de su bajo crecimiento, de tal forma que a los 7 años (1995) años su altura media fue de 60 cm y con muy escaso follaje, por lo que un control de los incendios y el pastoreo, podrán favorecer el éxito de las plantaciones.

A pesar de que autores como Mirov (1967), Rzedowski (1978), Christensen y Peet (1984), mencionan que los pinos crecen en condiciones xeromórficas, e incluso de que son colonizadores y resistentes a incendios, es necesario aclarar que esto no es general. Algunas especies, para su establecimiento, requieren de un micrositio con sustrato húmedo, y de un mecanismo que le permita guardar humedad en el periodo de sequía, el cual puede ser la sombra del zacatón.

Por otra parte autores como Pimentel (1978) reportan que los zacatales y el estrato arbustivo en general, impiden la llegada de la semilla de pino al suelo y en el caso de que lo logre, las plántulas mueren por falta de luz, por lo que recomienda eliminarlos. Al respecto es necesario mencionar que autores como Christensen y Peet (1982), Rzedowski (1978), Mirov (1976) y Jardel (1985) destacan que una etapa sucesional posterior a los zacatales es la presencia del bosque de *Pinus*, lo cual es muy común en varias áreas del Eje Neovolcánico, lo que apoya los resultados obtenidos. Lo anterior permite suponer que la eliminación de zacates, al reforestar, quizá no es lo más adecuado, en tanto que reforestar en los micrositios adecuados puede ser una buena alternativa. Con base en lo anterior se propone que el micrositio adecuado para la plantación de pinos de características similares, es cerca del zacatón, aproximadamente a 10 o 15 cm.

En general, se puede señalar que los factores bióticos y abióticos (sequía, herbivoría y competencia), controlan el establecimiento de esta especie en los pastizales, mientras que en el bosque de pino-encino fue principalmente el factor biótico (criptofagia).

CONCLUSIONES

1. La sobrevivencia de las plántulas, de ambas especies, disminuye en las estaciones de invierno y primavera.
2. El establecimiento de plántulas ocurrió en micrositios localizados entre 10 y 15 cm alejados del macollo, en la zona de pastizal.
3. En el pastizal la sobrevivencia de plántulas es afectada principalmente por la herbivoría y sequía.
4. En el bosque de pino-encino, la criptofagia impidió el establecimiento de plántulas de las dos especies.
5. El tipo de sustrato, influye en el establecimiento de las plántulas de las 2 especies de pino.

LITERATURA CITADA

- Abott, H.g. 1962. Tree seed preferences of mice and voles in Northeast. J. Forestry. 60: 97-99.
- Anaya, A. 1962. Estudio de las relaciones entre la vegetación forestal, el suelo y algunos factores climáticos en seis sitios del declive occidental del Iztaccihuatl. Tesis, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Borman, F., H. 1953. Factors determining the role of loblolly pine and sweetgum in early old-field succession in the piedmont of North Carolina. Ecol. Monogr. 23:339-358.
- Carreño, J.M. 1973. Evaluación de una área de plantación de coníferas de 20 años de edad. Tesis. Esp. Bosques. U. A. Chapingo, México.
- Ceballos, G. G. y C. Galindo. 1984 Mamíferos silvestres de la cuenca de México. Ed. Limusa. México.
- Cervantes, F. , A. Castro-Campillo y J. Ramírez Pulido. 1994. Mamíferos terrestres de México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool. 65:177 - 190.
- Chacón, J.M. y V.M. Cano. 1979. 10 años de observaciones en la regeneración de *Pinus arizonica* en Madera, Chihuahua. **En:** Memorias del Congreso Forestal Mexicano. Tomo I. pp 185-205. SARH. México.
- Christensen, N. L. y P. K. Peet. 1984. Convergence during secondary forest succession. J. Ecol. 72: 25 - 36.
- Daubenmire, R. F. 1979. Ecología Vegetal. Tratado de autoecología de plantas. 3a ed. Ed. Limusa. México. 496 pp.
- Eguiluz, T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. Ciencia Forestal 7: 38:30-44.
- Eguiluz, T. 1985. Biosistemática de los pinos mexicanos. **En:** Resúmenes IX Congreso Forestal Mundial. Tomo II, SARH. México.
- Eis, S., E.H. Garman, y L.F. Ebell. 1965. Relation Between production and diameter increment of Douglas fir [*Pseudotsuga mensiesii* (Mirb.) Frameo]; Grand fir [*Abies grandis* (Dougl) Lindl] and Western white pine [*Pinus monticola* (Dougl)] Can. J. Bot. 43:1553-1559.

- Fulé, P. Z., y W.W. Covington. 1997. Fire regimes and forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico. *Acta Bot. Mex.* 41: 43-79.
- García, E. 1982. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM.
- Garman, W. 1955. Seed production by conifers the coastal region the British Columbia, relating to disease and regeneration. B. C. For. Ser. Tech. Pub. 35.
- Golberg, D. 1982. Captación de humedad de *Pinus montezumae*. *Biótica*:17: 31-39.
- González, G.A. 1973. Evaluación del crecimiento en las poblaciones forestales de la Cuenca Coatzacoahuila. Tesis U.A. Ch. esp. Bosques. México.
- González, L. y D. López. 1990. Estudio ecológico de la interacción vegetación-Suelo-Recuperación en la zona erosionada del Mpo. de Texcoco, Edo. de México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México. México.
- Grime, J. P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y los procesos que implican. Limusa, México
- Hansson, L. I. 1985. The food of bank voles, wood mice and yellow-necked mice. **En:** The ecology of woodland rodents bank voles and wood mice. Symp. Zool. Soc. Lond. 55:141-168.
- Hedlin, F. A., O. Yates, O. Cibrián, T. O. Koerber y P. Merckel. 1980. Cone and seed insects of North American Conifer. Canadian Forest Service, United States Forest Service. SARH, México.
- Hernández, C. 1974. Comparación de tres métodos de preparación del terreno en bosques fríos forestales. Tesis. E.N.A. esp. en Bosques. Chapingo. México.
- Hernández, L. M. 1993. Evaluación de áreas semilleras del género *Pinus* del Municipio de Huitzilac, Morelos y Delegación Tlalpan, D. F. **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica, Soc. Bot. De México.
- Hulme, P. E. 1996. Natural regeneration of yew (*Taxus baccata* L.): microsite, seed or herbivore limitation?. *J. Ecology.* 84: 853 -861.
- INEGI, 1987. Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaria de la Presidencia, INEGI, México.
- Jackson. L. W. 1962. Effects of size of forest opening on morphology of pine seedlings. *Ecology* (43) 4:768-770.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animal. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2:465-492.

- Jardel, E. 1985. Bases ecológicas para la silvicultura del bosque de pino-encino. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 162-168.
- Kozlowski, T. 1971. Growth and development of trees. Vol. II. Academic Press. N. Y. U.S.A.
- Kozlowski, T. 1979. Tree growth and environment stresses. University of Washington Press.
- Kramer, P. J., 1969. Plant and soil water relationship: a modern synthesis. Mc Graw-Hill Book Co. N. Y. U.S.A.
- Kramer, P., J. Oosting y C.F. Korstain. 1952. Survival of pine and hardwood seedlings in forest and open. *Ecology*. 33: 427 - 430.
- Krugman, S.L., W. Stein, y D. M. Smith 1974. Seed biology. **En:** Seeds of Woody plants in the United States. Agriculture Handbook No. 450. Forest Service, USDA.
- Leopold, A. S. 1978. Fauna silvestre de Mexico. IMERNAR- Ed. Pax, México.
- Ligon, J.D. 1971. Reproduction interdependence of piñon jays and piñon pines. *Ecol. Monogr.* 48:111-126.
- Madrigal, X., J. Mas y H. González. 1978. La importancia del conocimiento del ecosistema para el establecimiento de plantaciones forestales. **En:** Memorias de la 1ª Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. Pub. Especial No. 13. SARH. México.
- Madrigal, X., L. Vela y J.A. Pérez. 1993. Arboles de zonas templadas: Coníferas. **En:** Memoria del XXX Aniversario del Herbario Nacional Forestal y de la VII Reunión Nacional de Encargados de Herbario. SARH-INIFAP. Pub. Esp. No. 62. 2ª ed. México.
- Marconi, P., C. Rodríguez y M.A. Musálem. 1985. Evaluación del espaciamiento de plantaciones de *Pinus oaxacana*. *Mirov.* **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. pp 680-697. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.
- Martínez, F.N. 1985. Análisis del Desarrollo y Estado Actual de las experiencias prácticas y técnicas de mejoramiento genético en México. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. pp 173-186. Pub. Esp. No.48. SARH. México.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2ª ed. Ed. Botas. México.
- Martínez, M. 1964. Los pinos de México. UNAM, México.
- Mas, P. J.H. Sánchez, y A. Román. 1977. La silvicultura en bosques naturales de la unidad industrial de explotación forestal Michoacana de Occidente, S.R.L. México y sus Bosques. 16:5-18
- Mas, P. J. 1985. El sitio experimental " La Nieve", 14 años después de su tratamiento silvícola. CIFO - INIF. SARH. México.

- Mc Vaugh, R. 1992. Gymnosperms and Pteridophytes. Seccion Pinaceae, Flora Novo-Galiciana. A descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico. Vol. 17., 24-32 pp. Ann Arbor, U. Michigan Herbarium. USA.
- Minckler, L. 1975. Woodland ecology. Syracuse University Press. USA.
- Mirov, N.T. 1967. The Genus *Pinus*. Ronald Press Company, NY.
- Musálem, M.A., J. Solis y M. Ramírez. 1975. Influencia de la preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento inicial de *Pinus radiata* D. Don, a raíz desnuda. México y sus Bosques. (14) 6:18-24.
- Musálem, M.A., R. Bonilla y A.M. Fierro. 1978. Arboretum de la Escuela Nacional de Agricultura. **En:** Plantaciones Forestales, 1ª Reunión Nacional, pp 122-141. Pub. Esp. No. 13. SARH. México.
- Musálem, M.A. 1984. Efecct of evironmental factors on regeneration of *Pinus montezumae* Lumb. in a temperature forest of Mexico. A díSSERTATION presented to the Faculty of Graduate School of Yale University. New Haven. Connecticut.
- Musálem, M.A. 1985. Influencia del fotoperíodo y la temperatura en la germinación de semilla de *Pinus montezumae*, Lamb. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.
- Niembro, A., M.A. Musálem y H. Ramírez. 1978. Efecto del tamaño y color de las semillas de *Pinus hartwegii* en la germinación. **En:** Plantaciones Forestales. 1ª Reunión Nacional, pp. 110-117. Pub. Esp. No 13. SARH. México.
- Niembro, A. 1985. La importancia del conocimiento y la necesidad de investigación en semillas forestales para el establecimiento de plantaciones en México. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.
- Patiño, F., P. De la Garza, Y. Villagómez, I. Talavera y F. Camacho. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo No. 63. INIF México.
- Pedraza, E. y C. Rodríguez. 1984. Evaluación de plantaciones para protección y recuperación de suelos en la cuenca oriental del ex lago de Texcoco. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales, pp. 769-803. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.
- Pimentel, L. 1978. Preparación del terreno en plantaciones forestales. **En:** Plantaciones Forestales. 1ª Reunión Nacional, pp. 187-193. Pub. Esp. No 13. SARH. México.

- Peters, B. 1981. Demografía de poblaciones de plántulas de *Pinus hartwegii* en habitats contrastantes en Zoquiapan, Edo. de México. **En:** Resúmenes del VIII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Ed. Limusa, México.
- Ramírez, G.A. 1989. Analogía entre parámetros fenológicos y factores climáticos de cinco especies de coníferas. **En:** Memorias de la 2ª Reunión Nacional de Agroclimatología. U.A.Ch. México.
- Reygadas, D., G. Ramírez y M. Zepeda. 1989. Evaluación de una plantación de coníferas en el campo experimental Sn. Juan Tetla, Puebla. **En:** Memorias del Congreso Forestal Mexicano, pp 765-768. Tomo II, SARH. México.
- Rivera, G. 1989. Contribución al estudio fitoecológico del parque cultural y recreativo Desierto de los Leones. Tesis. Biólogo. ENEP Zaragoza. UNAM. México
- Rodríguez, A. 1983. Muerdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* en México. *Ciencia Forestal* .8: 45: 7 - 45.
- Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Ed. Limusa. México
- Saldaña, A. L. R. Sánchez, M. Anaya , M. R. Pineda y M. P. Rosales 1990. Regeneración natural de especies arbóreas en la reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México
- SARH.1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión (1991-1992). SARH. México.
- SAS. 1985. User's guide: statistics. Version 5 edition. SAS Institute. Cary North Carolina. USA.
- Schupp, E. W. 1990. Annual variation in seedfall, postdispersal predation and recruitment of a neotropical tree. *Ecology* 71: 504 - 515.
- Smith, C. 1970. Coevolution of Pine Squirrels. *Ecological Monographs* 40: 348-371.
- Snook y Negreiros. 1984. Análisis del efecto de la intensidad de corta sobre la regeneración natural de pinos en un bosque de pino - encino. *Ciencia Forestal*. 9:47: 48 - 61.

- Streng, D. A., J. S. Glitzenstein y P. A. Harcombe. 1989. Woody seedling dynamics in a East Texas floodplain forest. *Ecological Monographs* 59: 177 - 204.
- Valencia, J. 1992. Análisis de la regeneración después del tratamiento de "árboles padre" en Atenquique, Jalisco. *Rev Ciencia Forestal en México*. vol 17:71: 63 - 85.
- Vander Wall, S. and Balda R.P. 1977. Coadaptations of the Clark's nutcracker and the piñon pine for efficient seed harvest and dispersal. *Ecol. Monogr.* 47: 89 - 111.
- Vázquez, I. y R. Martínez. 1982. Observaciones preliminares y control químico de la resinosidad en *Pinus sp.* *Ciencia Forestal*. 7: 38:3-20.
- Vela, L. 1976. Contribución a la ecología de *Pinus patula* Schl et Cham. Tesis, Biólogo. ENCB, IPN. México.
- Velázquez, A., M. Reyes y G. Zárate. 1985. Influencia de la interceptación de luz solar en el crecimiento de regeneración artificial de *Pinus hartwegii* Lindl. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales. pp 594-594 pub. Esp. No. 48. SARH. México.
- Villegas, I. 1978. Siembra directa en Plantaciones Forestales. en Plantaciones Forestales. 1a. Reunión Nacional. pp. 219-223. Pub. Esp. No 13. SARH. México.
- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147:250-259.
- Zamudio, J.L. 1985. Ensayo de adaptación de siete especies de coníferas en la Sierra Juárez, Mpo. de Ensenada B.C. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales, pp 187-203. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.

CAPITULO 3

Quercus

RESUMEN

El micrositio influye en el establecimiento de plántulas, sin embargo ha sido poco estudiado en encinos. Este trabajo tuvo como propósito, determinar la influencia del tipo de sustrato y el espesor de hojarasca, presentes en un bosque de pino encino y en pastizal, sobre el establecimiento de *Quercus crassifolia* y *Q. laurina*. La plantación se efectuó en un bosque de pino-encino y pastizal, ubicados en Milpa Alta, al sur de la Ciudad de México.

En cada condición se trasplantaron 100 plántulas de *Quercus crassifolia*, de un año de edad, y 100 de *Quercus laurina*, de aproximadamente medio año. Se anotó el tipo de sustrato (Hojarasca de pino encino, hojarasca de pastizal y suelo desnudo) y se midió el espesor de la capa de hojarasca. Las plántulas se revisaron mensualmente, hasta los 12 meses, anotándose la sobrevivencia y daños que presentaba. Los datos se analizaron con el paquete SAS (1985), a través de una prueba de ANOVA, por rangos de Kruskal-Wallis.

Los resultados muestran que las plántulas de *Q. crassifolia* presentaron mayor establecimiento, en las dos condiciones. El espesor de la hojarasca y la distancia al vecino más cercano, menores a 15 cm, presentaron efectos significativos sobre su establecimiento. *Quercus laurina*, presentó menor establecimiento en el bosque, debido a la herbivoría. Los espesores menores de 1 cm y distancias al vecino más cercano, mayores de 10 cm, presentaron efectos altamente significativos en su establecimiento.

Se plantea que la textura coriácea de las hojas y una mayor edad influyen favorablemente en el mayor establecimiento de plántulas de encinos.

Palabras clave. Encinos, *Quercus laurina*, *Quercus crassifolia*, establecimiento,

1. INTRODUCCIÓN

Los encinos generalmente forman parte de bosques mixtos y son especies generalmente arbóreas que pertenecen al género *Quercus* (Rzedowski, 1978). Según el Inventario Forestal de Gran Visión (SARH, 1992), los bosques de encinos, abarcan un total de 8.5 millones de hectáreas.

A nivel mundial, la madera de los encinos esta catalogada como de alta calidad, por lo que son muy importantes en la economía (Bello y Labat, 1987; González y Bello, 1988), sin embargo, en México, su uso es limitado.

La importancia ecológica de los encinares como centros de diversidad florística (Toledo, 1988), la importancia de sus frutos en la dieta de una fauna diversa (Leopold 1978), su potencial maderable (De la Paz, 1985; Bello y Labat, 1987), su gran importancia energética en las zonas rurales de México (SEMIP, 1988), el papel que juegan en la captación de humedad (Rzedowski, 1978), así como la acelerada destrucción de sus bosques y la escasa regeneración natural que presenta (Hernández y Ramírez, 1995), hacen necesario realizar estudios sobre su establecimiento y dinámica poblacional, para comprender los mecanismos y factores que influyen en la sobrevivencia de las plántulas.

En la actualidad, en México, se han realizado varios estudios acerca de la germinación en vivero y su establecimiento en campo (Ponce de León, 1985; Quintana y González, 1990; Cabrera *et al.* 1993; Romero y Camacho, 1993; Bonfil, 1995 y 98; Fischer y López, 1995; Ramírez y Hernández, 1995; y Robledo, 1997), sin embargo, los estudios que abordan el efecto del micrositio son escasos (Eckelman, 1995; y Hernández y Ramírez, 1995).

Algunos autores (Korstian, 1927; Barret, 1939; y Eckelman, 1995), señalan que la presencia de hojarasca es importante para su establecimiento, razón por la cual en el presente trabajo se evaluará la sobrevivencia y establecimiento de las especies *Q. laurina* y *Q. crassifolia*, en diferentes micrositios, con énfasis en el sustrato y su espesor, bajo dos condiciones: Bosque de pino-encino y Pastizal.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos generales

La familia Fagaceae cuenta con 6 géneros y aproximadamente 600 especies que se localizan en todo el mundo, principalmente en las regiones templada y subtropical de el hemisferio norte. Trelease (1924), Mc Vaugh (1974), Martínez (1977) y Nixon (1993), consideran que México es uno de los países con mayor representatividad de encinos, con aproximadamente de 150-300 especies.

Los encinos tienen la siguiente clasificación taxonómica:

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledonea

Subclase: Hamamelididae

Orden: Fagales

Familia: Fagaceae

Subfamilia: Quercoideae

Genero: Quercus

Además, de acuerdo a sus características morfológicas y anatómicas, el género se subdivide en 5 subgéneros (Trelease, 1924), de los cuales en México existen 3 y son:

Protobalanus. Representados únicamente por unos 3 o 5 especies restringidas al norte de la península de Baja California e islas adyacentes.

Leucobalanus. Se denominan así a los encinos blancos

Erytrobalanus. Grupo de encinos rojos o negros.

En México los trabajos realizados sobre la taxonomía de las especies, se remontan según Aguilar (1985), a las descripciones hechas por Luis Néé, Humboldt, Bonpland, Galeotti, Hartweg, Bentham, y más recientemente por Trelease, Muller y Martínez. A pesar de lo anterior, Aguilar (1985) y Juárez (1985), reportan que existen fuertes problemas taxonómicos en este género, causados por el gran polimorfismo

foliar y por las hibridaciones entre especies, lo que dificulta su conocimiento. Aunado es esto, existe también una falta de tecnología apropiadas para su aprovechamiento.

A últimas fechas se han hecho estudios florísticos más completos por regiones entre los que destacan: Mc Vaugh (1974), González (1985), Bello y Labat (1987), Valencia, (1992) y Vázquez (1993).

Importancia de los encinares

De acuerdo con Rzedwoski, (1978); González, (1985); Bello y Labat, (1987); y Vázquez (1993), los encinos presentan los siguientes usos:

Industrial. La madera de los encinos en los países europeos es muy importante, ya que se utiliza ampliamente en la construcción de gran variedad de productos de los cuales incluso exportan, La madera del encino constituye una fuente importante de celulosa y papel, pero de acuerdo al grupo al que pertenecen sus usos y tratamiento varían y son :

a) Encinos blancos (*Leucobalanus*): Barricas para añejamiento de licores, armazones para construcción, cajas para empaques y embalajes, durmientes, postes para cerca y pilotes para minas, jaulas para transporte de aves, etc.

b) Encinos rojos (*Erytrobalanus*): Pisos, lambrines, chapas, muebles, cabos y mangos de herramientas, culatas, hormas para calzado, y tarimas. Sus maderas requieren preservación, por lo que tiene efectos importantes en la economía.

En México, las especies *Q. laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. candicans* y *Q. acutifolia* son especies que tienen las mayores posibilidades de ser utilizadas industrialmente (Herrera, 1981; Barcenás, 1985; y De la Paz, 1985).

Ante la ubicación de los encinos como invasores de bosques de pino y la subutilización que tiene, Oliva (1977), propone que se utilice como materia prima en la elaboración de carbón activado, muy utilizado en las industrias de azúcar, alcohol, acetonas y ácidos.

En Guatemala, las cenizas de la madera de los encinos se usan comúnmente como lejía en la fabricación de jabón.

La corteza, por la cantidad de taninos que posee, tiene gran aplicación en la curtiduría.

Energético. En México, el principal uso es para combustible, en forma de leña o carbón y los encinos junto con el mezquite y huizache constituyen la base de la energía rural ya que su leña constituyen el 70% de la base energética nacional en el medio rural (SEMIP, 1988). Su uso como combustible ya se daba desde la época precortesiana y existen indicios de uso frecuente como vigas y pilotes.

Medicinal. En la medicina popular de algunos lugares de México, la corteza se utiliza para curar y endurecer las encías, calma el dolor de dientes. También se utiliza contra la diarrea y como astringente. Las hojas se utilizan para hornear algunos alimentos y, en algunas regiones del país, el cocimiento de los amentos se utiliza como calmante contra el vértigo y la epilepsia (Bello y Labat, 1987).

Alimenticio. Los frutos de algunas especies se utilizan como alimento, por algunos grupos étnicos, sobre todo en el norte de México y en California, porque las bellotas contienen almidón, aceites, ácido cítrico, azúcar y taninos, por lo que son suficientemente dulces para consumirse crudas sin preparación alguna.

Los encinos del grupo *Leucobalanus* tienen las bellotas más dulces y de sabor más agradable, por lo que se consumen siempre verdes o asadas. Las que pertenecen al grupo *Erytrobalanus*, aunque no son muy empleados como alimento, se tuestan para hacer café. Además las flores, aún cuando no producen néctar, si producen polen, el cual las abejas acopian con frecuencia. En los Estados Unidos y en México se ha registrado al encino como fuente de ligamasa, la cual a veces las abejas recogen y almacenan como miel. Las especies en cuyo follaje se produce, han recibido en México la denominación de "encina miel".

Forrajero. En España, para obtener cierto tipo de jamón serrano, se alimenta a los cerdos exclusivamente de bellotas de encinos, en México Zuñiga y Greelman (1985), trabajan con *Quercus rugosa* y *Q. laurina* con el fin de producir forraje altamente digestible para rumiantes y encuentran altas posibilidades de uso.

Uso múltiple. Otros autores como Mas (1977), Rzedowski (1978), Ffolliot (1992), y Leopold (1978), consideran que los encinares deben manejarse para la

producción de madera, leña, zonas de pastoreo, protección de especies animales, manejo de cuencas hidrológicas, recreación, e incluso actividad cinegética, lo cual ofrece un panorama amplio de la importancia y el múltiple uso que tienen estas comunidades.

Distribución de *Quercus* en México.

Trelease (1924) y Axerold (1983) consideran que *Quercus* es de origen boreal y se distribuye en nuestro país debido a los cambios climáticos ocurridos en la última glaciación.

Los bosques de encino son comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México y frecuentemente se encuentran mezclados con los pinares, con quienes constituyen una parte importante de la cubierta forestal de clima templado. Sin embargo existen encinares en regiones de clima cálido, en las francamente húmedas y aún en las zonas semiáridas (Rzedowski, 1978).

Se conocen encinos en casi todos los Estados, excepto en los Estados de Quintana Roo y Yucatán (Bello y Labat, 1987 y Rzedowski, 1978), y se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm, aunque más del 95% de su extensión se halla en altitudes entre 1200 y 2800 msnm .

Su distribución corresponde principalmente a las zonas montañosas: Eje Neovolcánico Transversal, Sierra Madre Oriental, Sierra de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre de Chiapas; sin embargo en el norte de México, las especies se desarrollan a baja altitud en las montañas áridas. En el Sur del país se encuentra confinado generalmente a las altas montañas, con una pocas especies al nivel del mar (Rzedowski, 1978).

Los bosques de encino, pueden presentarse como bosques puros, en las cuales generalmente están dominados por varias especies y en algunos casos como monoespecíficas, asimismo, frecuentemente se le encuentra con otros árboles diversos como codominantes o presentes dentro de la comunidad a árboles como *Pinus*, *Abies*, *Alnus*, *Arbutus*, *Buddleia*, *Cercocarpus*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Garrya*,

Juglans, Juniperus, Platanus, Populus, Prunus, Pseudotsuga y Salix entre otros (Mc Vaugh, 1974; Rzedowski, 1978; Aguilar, 1985; y Bello y Labat, 1987).

Factores que influyen en la distribución de encinares.

A pesar de que los estudios sobre este aspecto son escasos en México, estos muestran que los encinos presentan respuestas variables a los diversos factores y en general varía con las especies. Considerando lo anterior, a continuación se presentan los factores que influyen en su distribución.

Clima. Las comunidades de encinos se desarrollan en una amplia variedad de climas abarcando los Templados, Cálidos y Secos (Rzedowski, 1978; Bello y Labat, 1987 y Marroquí J. 1985).

Las precipitaciones medias anuales varían de 350 mm hasta 2000 mm, pero la distribución de la gran mayoría de los encinares se ubica entre las isoyetas de 600 y 1200 mm.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 10 y 26°C. El número de meses secos puede ser entre 0 y 9. Para otras especies Rundell (1980), menciona que las características perennifolia o caducifolia de los encinares, así como a las formas de crecimiento, arbustivas o arbóreas son adaptaciones al estrés hídrico y a factores climáticos como granizadas, heladas o nevadas.

Geología. Los encinos se desarrollan sobre diversos substratos de origen ígneo, sedimentario y metamórfico (Rzedowski, 1978; Marroquí, 1985; Vela y Boyas, 1985; Bello y Labat, 1987; y Vázquez, 1993).

Suelos. Los mismos autores, mencionan que los encinares crecen con mayor vigor en suelos profundos de terrenos aluviales, pero también se desarrollan en suelos someros o pedregosos, planos o muy inclinados, e incluso en pedregales. Típicamente el suelo es de reacción ácida moderada, con abundancia de hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial y frecuentemente también a mayor profundidad. La textura es variable de arcilla a arenosa, asimismo la coloración del suelo varía de rojos,

café, amarillos, negros o gris. Los suelos pueden ser andosoles, litosoles, rendzinas y fluvisoles.

Exposición. Los encinos se presentan en una amplia variedad de exposiciones y al parecer depende de la especie. Marroquí (1985), considera que la exposición más favorable para los encinos del noreste de México es la exposición Norte. Vela y Boyas (1985), para los encinos de la meseta tarasca reportan para *Q. laurina* una relación alta con las exposiciones Sur y Noreste, en tanto que para *Q. crassifolia* se relaciona más con la exposición Oeste. Eckelman (1995) encuentra, para *Q. prinopsis*, que se encuentra tres veces más frecuente en exposiciones sur que en el norte.

Pendiente. Los encinos muestran preferencias con las pendientes, pero varía con la especie (Marroquí, 1985; Vela y Boyas, 1985; y Eckelman, 1995). En general estas pueden ser de 0 a 80% de pendiente.

Incendios. Este factor influye en los encinares, sin embargo su efecto depende de la intensidad del incendio, de la edad del arbolado, de la especie, del tipo de crecimiento y de la capacidad de regeneración de la especie (Rundell, 1980).

Algunos encinares han desarrollado mecanismos adaptativos para prevenir el daño producido, entre los que destaca el enraizamiento profundo de la raíz primaria, lo que le permite poseer reservas alimenticias y recuperarse del daño. Esta característica tiene mayor importancia para evitar sequías, las cuales son más frecuentes que los incendios. Además la corteza varios encinos de zonas semiáridas, son resistente a los incendios (Plumb, 1980; Rundell, 1980; Spurr y Barnés, 1982; y Eckelman, 1995).

Sackett *et al.* (1992), estudió el efecto de los incendios sobre encinares de *Q. kelloggii* en Yosemite E. U., y encuentra que el calor no penetra a través del suelo en sitios donde la hojarasca de encino domina, evitando la mortalidad de raíces y por lo tanto del arbolado. En donde no existe hojarasca el calor del incendio fue de mayor intensidad y hubo mayor mortalidad del arbolado.

Caprio y Zwolinski (1992), también evaluaron el efecto del fuego sobre dos especies *Q. emory* y *Q. oblongifolia*. Reportan una mortalidad baja (11 y 15% respectivamente), y que en las áreas quemadas, un 94% de los árboles vivos

presentaban retoños, mientras que en las áreas no quemadas, solo un 8-16% lo presentaban. Señalan que *Q. emory* produjo más retoños que *Q. oblongifolia*, sin embargo ésta última es la que presenta mayor resistencia al incendio, lo que es importante ya que su hábitat, de pastos secos, los presentan de manera frecuente. En tanto la habilidad retoñadora de *Q. emory* puede ser una ventaja de sobrevivencia en un hábitat que frecuentemente tiene un dosel cerrado de árboles y arbustos, en donde los incendios son escasos, pero de alta intensidad y larga duración, por lo que comúnmente causan la muerte de tallos superficiales.

Marroquí (1985), considera que los incendios anuales en el noreste de México, son una de las causas de la presencia de chaparrales de encino, en los que se encuentra combinados con rosáceas y ericáceas.

Condición sucesional del bosque. Spurr (1952) hace notar que en la sucesión en bosques templados fríos los pinos son sustituidos por encinos, por lo que su distribución está ligada a la historia de la vegetación del lugar. Spurr y Barnes (1982), señalan que en un bosque maduro, los encinares pueden sufrir efectos de incendio, tala u otros factores que ocasionan la muerte del tronco, sin embargo el sistema de raíces permanece vivo, produciendo generación tras generación brotes de los tocones que le permiten perpetuarse.

En las zonas templadas menos húmedas del hemisferio norte y en las altas regiones en las zonas tropicales, los encinos son los árboles dominantes característicos de la última fase de sucesión. En las zonas de condiciones mesófilas, los encinos constituyen una etapa sucesional intermedia y en algunas zonas inundables y de pantano, constituyen el único y dominante estrato arbóreo. (Spurr y Barnes, 1982).

La asociación de coníferas con encinares, es un rasgo común en la vegetación de México, y al parecer esta muy ligada a los procesos sucesionales. Según Rzedowski (1978) la destrucción de los bosques de pino ha dado lugar a distintas agrupaciones y cita que la alteración de bosques de *Pinus ponderosa*, en Chihuahua, a originado los matorrales de encinos. En el Valle de México, los matorrales de *Q. microphylla*, parecen ser comunidades secundarias derivadas de la alteración de

pinares. González y Boyas (1990), reportan que *Quercus laurina* presenta alta regeneración dentro de un bosque de oyamel, por lo que podría desplazarlo, lo que coincide con Saldaña *et al.* (1990), quienes plantean que las especies de latifoliadas del Bosque Mesófilo de Montaña, principalmente *Quercus*, tiende a desplazar al bosque de pino, en ausencia de perturbaciones.

Aspectos demográficos de encinares.

La regeneración de los encinos, al igual que la de varias especies arbóreas, se ve afectada en mayor grado durante las primeras fases, la floración y producción de frutos, la germinación de semillas, el crecimiento inicial e el establecimiento de plántulas.

Producción de frutos y semillas. La producción de flores y frutos está relacionada con la superficie fotosintética de la planta y esto depende la distribución de encinares (Spurr y Barnés, 1982), de ésta manera, en las zonas templadas, los encinos tienen follaje caduco, pero en regiones tropicales, el follaje puede ser perenne; en los lugares secos, los encinos aparte de ser esclerófilos, presentan la hoja muy pequeña e incluso con vellosidades, lo que les permite resistir la desecación y producir frutos.

La polinización de las flores depende del viento, ya que las flores son pequeñas e inodoras, por lo que no atraen insectos (Sharp y Chisman, 1961), y la naturaleza colgante de los amentos facilita su movilidad y al mismo tiempo ayuda a la dispersión del polen. Isidro (1985) encuentra, para *Q. germana*, que el periodo de floración presenta una duración de aproximadamente 4 meses y el crecimiento de las hojas está altamente correlacionado con la temperatura máxima, la precipitación y la evaporación. Sharp y Chisman (1961), señalan que entre los factores perjudiciales para la producción de flores masculinas y dispersión de polen y por ende en la producción de frutos, se encuentran los vientos secos y las heladas.

Sharp y Sprague (1967), mencionan que al igual que otros árboles, la producción de bellotas disminuyen al año siguiente de una buena producción de

semillas. Ponce de León (1985) menciona, que la producción de semillas en un árbol adulto, de *Quercus sartorii*, es de 160 kg, lo que equivale a una producción de aproximadamente 50 000 semillas.

Figuroa *et al.* (1993), encuentra que las diversas especies de encinos, en general presentan patrones fenológicos diferentes, sin embargo los individuos de la misma especie sincronizan sus años semilleros.

Germinación. Las semillas de encinos presentan germinación hipogea. Existen varios factores que influyen en este proceso, entre lo que destacan:

a) Fotoperíodo. Este factor varía con las especies, así tenemos que 12 horas de luz o de oscuridad favorecen dicho proceso (Alfaro y Romero, 1993; Romero y Camacho, 1993). Sin embargo, para *Q. rugosa*, Sierra y González (1993), reportan que condiciones de humedad alta o baja, con o sin hojarasca, alto o bajo nivel de luz, no influyen significativamente en su porcentaje de germinación pero sí en su velocidad. La aplicación de ácido giberélico, a razón de 300 ppm, incrementa la germinación de encinos (Villalón, 1995). Robledo (1997) encuentra que el peso de las semillas, influye de manera diferente en encinos rojos y blancos

b) Edad de la semilla. Las semillas pierden rápidamente su viabilidad, por lo que deben conservarse. La conservación de semillas, en laboratorio es difícil para *Quercus*, pues la humedad que contienen las semillas es suficiente para producir germinación y si se deseca se provoca pérdida de viabilidad (Ponce de León, 1985; Bonner y Vozzo, 1987).

c) Depredación. Este factor ocasiona la disminución del potencial de regeneración. Bazzas (1979), menciona que las bellotas de encinos atraen a un gran número de depredadores, al respecto Jensen (1985), señala que los roedores prefieren semillas grandes, ricas en energía y nitrógeno, como las de *Quercus* y *Corylus*. Los insectos también ocasionan grandes pérdidas (Del Río, 1985),

Establecimiento de plántulas. El establecimiento de plántulas depende de un gran número de factores, entre los que destacan:

a) Depredación. Esto puede deberse a insectos (Del Río, 1985; Bonfil, 1998), así como de diversos mamíferos y aves (Leopold, 1978; Griffin, 1976 y 1980; Koenig,

1980; y Verner, 1980). En algunos casos existe efecto múltiple de los depredadores, al respecto, Griffin (1976), encuentra que roedores, jabalíes y venados consumen las plántulas de encino y los chapulines ocasionan alta mortandad en plántulas al atacar las hojas de renuevo y las raíces de los encinos, lo que ocasiona una nula regeneración.

b) Condición ambiental. La cobertura del dosel tiene mayor influencia en el crecimiento debido a que el encino puede desarrollarse más fácilmente en condiciones de sombra, por tener mayor eficiencia fotosintética (Kramer *et al.*, 1952; Carvell y Tryon, 1961; Bazzas, 1979). Asimismo, Ponce de León (1985), para *Q. germana*, encuentra mayor crecimiento y sobrevivencia en bosque más que en un acahual. Señala que las condiciones de escasa humedad atmosférica a nivel suelo, en zonas taladas, ocasionan una baja probabilidad de sobrevivencia.

Saldaña *et al.* (1990), reportan que los encinos, presentan buena regeneración bajo el dosel de las diferentes comunidades de *Pinus*, sin embargo no parece ser una respuesta general, ya que Quintana y González (1990) hacen notar que la sobrevivencia de plántulas es menor en sitios arbolados, asimismo reportan que el número de hojas se incrementó en zonas abiertas, por lo que las especies pueden presentar respuestas diferentes.

c) Aprovechamiento forestal. En la mayoría de las comunidades de encinos en México, se lleva a cabo explotación forestal y son escasos los trabajos enfocados a conocer el efecto de este aprovechamiento sobre la dinámica de los encinos. Pineda (1985), señala que la extracción selectiva favorece e incrementa las poblaciones de encinos, característica que es apoyada por varios autores nacionales y extranjeros (Drury y Nisbet, 1973; Mas, 1977 y 1985; Rzedowski, 1978; Spurr y Barnes, 1982; Pérez y Pérez, 1984; Vela y Boyas, 1985; Ffolliot y Gottfried, 1991; y Eckelman, 1995).

Mas (1985) encuentra que la regeneración del encino, bajo diferentes tipos de cortas en un bosque de pino-encino, es diferente y considera que las cortas de selección, cortas sucesivas y áreas sin cortas, presentaron mayor regeneración de encinos, en tanto que el método de matarrasa y árboles padres, hubo menor

incorporación de plántulas. En virtud de que se consideran especies indeseables, recomienda envenenar tocones o someterlos a un manejo silvícola.

d) Interferencia por herbáceas. Las herbáceas son importantes en el establecimiento de encinos, ya que su control incrementa la emergencia de plántulas de algunos encinos (Adams *et al.*, 1992; Hernández y Ramírez, 1995).

e) Tipo de sustrato. Ovington y Mac Rae (1960) consideran, con base en los altos valores de nutrimentos obtenidos en las reservas de la bellota, que las plántulas pueden requerir menos de los nutrimentos del suelo, sin embargo, Ferrel (1953), reporta que los encinos al emitir su radícula coloca a la plántula en condiciones de obtener más rápidamente humedad y así resistir mejor las condiciones de sequía por lo que dependen del tipo de sustrato.

Korstian (1927), menciona que las plántulas de encino se establecen mejor en suelos sueltos, pues la radícula no puede penetrar en superficies excesivamente compactadas, por lo que la germinación de encinos es más difícil en suelos arcillosos. Además hace notar que la capa de hojarasca juega un papel importante en el establecimiento de la plántula.

Al respecto, Barret (1939), encuentra, para *Quercus prinus*, que menos de 1 pulgada o más de 2 pulgadas de hojarasca reduce la sobrevivencia de las plántulas. Asimismo, el manejo del sustrato, parece favorecer el establecimiento en *Q. mexicana* (Hernández y Ramírez, 1995).

Otros factores que influyen en el establecimiento de plántulas son: enfermedades por hongos (Vaartaja, 1962), los cuales dañan y debilitan las plantas, e incendios. Al respecto Plumb (1980), y Rossi, (1980), señalan que los incendios afectan a los encinos de California, en sus estadios de plántula, pero no a los adultos.

Establecimiento de encinos en plantaciones

Las plantaciones forestales en nuestro país, en una gran mayoría, carecen de registros iniciales, de las características de las semilla, del terreno, del tipo de plantación, de la preparación del suelo, del tiempo de transplante y de su seguimiento

(Mas, 1985), por lo cual los reportes que se citan a continuación solo dan información parcial.

Gutiérrez (1985), informa de una plantación efectuada en 1970, con *Quercus penduriformis* y *Quercus sp.*, con una sobrevivencia del 95%, sin embargo, no reporta la edad del arbolillo transplantado, ni la edad en la cual se tuvo ese porcentaje de sobrevivencia. Asimismo en una reforestación, realizado por él, con tres especies de encinos: *Quercus rugosa*, *Q. panduriformis* y *Quercus sp.* encuentra una sobrevivencia, en el primer ciclo de lluvias, de un 80%, 53% y 60% respectivamente, pero a los tres años la sobrevivencia solo fue para *Q. rugosa* con un 60% en tanto que para las otras 2 especies restantes fue nula y lo atribuye a la falta de lluvias de invierno.

A últimas fechas se están realizando estudios de encinares entre las que destacan la de Cabrera *et al.* (1993), quienes evalúan la sobrevivencia y crecimiento de una plantación de encinares en cuatro microambientes en el Ajusco, D. F. En el mismo lugar Bonfil (1995 y 1998), experimentó con *Q. rugosa* y *Q. laurina*, encontrando mayor sobrevivencia de la primera. Gallegos y Morales (1995), encuentran, al realizar una plantación mixta de pino-encino, que el encino, *Quercus mexicana*, presenta mayor sobrevivencia que los pinos. Sin embargo, hasta el momento, no se ha abordado el aspecto de micrositio, específicamente sobre el tipo y espesor de la hojarasca, el cual parece ser importante en el establecimiento, por lo cual en este trabajo se evaluará su efecto en la sobrevivencia y establecimiento de dos especies de encinos, en dos condiciones ambientales.

3. METODOS

Este trabajo se desarrolló de forma simultánea con el de los pinos, por lo que el área, la selección de sitios, plantación, caracterización del micrositio, la obtención y el análisis de datos fue similar. Por lo tanto, en este rubro se señalan sólo la selección de especies y sus características.

Selección de especies

La elección de las especies se basó en: a) presencia de la especie en el Eje Neovolcánico, b) amplio rango de distribución y c) presentar producción de semillas.

Con estos criterios se eligieron las especies *Q. crassifolia* y *Q. laurina*, las cuales presentan las siguientes características:

***Quercus laurina* Humb. & Bompl.**

Distribución. Esta especie, se distribuye en los estados de Michoacán, Colima, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Distrito Federal, Chiapas, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas, y muy probablemente también Guatemala. Su rango altitudinal se ubica entre los 1 500 hasta los 3 300 msnm. (Vela y Boyas, 1985; Bello y Labat, 1987; y Vázquez, 1993; así como revisiones del Herbario Forestal Nacional INIF)

Hábitat. Según Vela y Boyas (1985), esta especie tiene preferencia por las exposiciones Sur y Noroeste y se puede desarrollar sobre pendientes que oscilan entre un 20 hasta un 60%. Dichos autores mencionan que se le encuentra en varios tipos de bosques que pueden ser de Pino, Pino-encino, encino, Mesófilo de Montaña, e incluso con bosque de *Abies*, ya sea en laderas de cerros, cañadas o barrancas, por lo cual se asocia con varias especies arbóreas. Los suelos son generalmente profundos, aunque también se reportan someros y raramente sobre sustratos rocosos

Fenología. La fenología al parecer es variable ya que esta especie en la Sierra de Chichinautzin, Morelos, la fructificación puede ocurrir desde febrero hasta octubre (*obs. pers.*), sin embargo Vázquez (1993) menciona que fructifica en septiembre y octubre.

Importancia. Además de la leña y madera, De la Paz (1985), considera que posee grandes cualidades de tener un uso industrial.

Los datos de las plántulas son:

Localidad de origen.- Bosque de encino, Sierra de Chichinautzin, Morelos,
México.

Fecha de colecta de semillas: Febrero de 1987.

Porcentaje de germinación en laboratorio: 77% de germinación.

Fecha de siembra en invernadero de la ENEP Zaragoza: Febrero de 1987

Fecha de plantación en la zona experimental: Junio de 1987

Edad de las plántulas: 4.5 meses

***Quercus crassifolia* Humb & Bompl.**

Distribución. Bello y Labat (1987), mencionan que se distribuye en Michoacán, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Veracruz, San Luis Potosí, Tlaxcala, recientemente Vázquez (1993), también incluye Guanajuato y Sinaloa.

Hábitat. Vela y Boyas (1985), Bello y Labat (1987), y Vázquez (1993) reportan que esta especies se desarrolla sobre laderas de cerro, terrenos planos con declive y barrancas con fuerte pendiente (45-90%), suelos someros o profundos, rocosos o pedregosos, forma parte del bosque abierto de pino-encino o en pequeños manchones puros.

Dichos autores mencionan que esta especie se asocia con: *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. montezumae*, *P. pringlei*, *P. teocote*, *P. leiophylla* y *P. patula*. También con: *Q. rugosa*, *Q. laurina*, *Q. castanea*, *Q. obtusata*, *Q. crassipes*, *Q. scytophylla*, *Q. resinosa* y *Q. affinis*, y *Q. conspersa*.

Altitud. Los mismos autores reportan una distribución que en forma global, nos indica que esta especie tiene una distribución altitudinal entre los 1 500 hasta 2 800 m snm. Vela y Boyas (1985) encuentran que se presenta preferentemente en exposiciones Oeste.

Fenología. Vázquez (1993), menciona que florece de febrero a mayo y fructifica de julio a noviembre, sin embargo la colecta de las semillas, para este trabajo ocurrió a principios de junio.

Importancia. Además de su uso para leña y madera, Camacho (1985), menciona que, a principios de siglo, las hojas tiernas se utilizaban como alimento, al igual que las bellotas por algunos grupos étnicos. De la Paz (1985), considera que potencialmente tiene amplios usos industriales

Los datos de las plántulas son:

Localidad de origen.- Bosque de encino, Villa del Carbón, Estado de México.

Fecha de colecta de semillas: Julio de 1986.

Porcentaje de germinación en laboratorio: 84% de germinación.

Fecha de siembra en invernadero de la ENEP Zaragoza: Julio de 1986

Fecha de plantación en la zona experimental: Junio de 1987

Edad de las plántulas. 1 año

Plantación.

En cada condición se trasplantaron:

100 plántulas de 4. 5 meses de *Quercus laurina*

100 plántulas de 1 año de *Q. crassifolia*.

El número fue uniforme debido a la disponibilidad de plántulas que presentaron apariencia sana, es decir con el follaje verde, sin vestigios de daños ni plagas. Se presentan los resultados solo del primer año, debido a que incendios inducidos por campesinos de la zona, alteraron el experimento.

4. RESULTADOS

Sobrevivencia

La datos de sobrevivencia (Cuadros 11 y 12) señalan que fue diferente tanto entre las especies como en las condiciones. Sin embargo de manera general se puede notar que en las estaciones de invierno y primavera, se presentan disminuciones importantes. De manera particular se presentó lo siguiente:

Quercus laurina. En la condición de bosque de pino-encino, la sobrevivencia no mostró variación en el primer mes, sin embargo a fines de verano, se presentó una disminución, la cual se acentuó en invierno, hasta llegar a un 50% y, en primavera, permaneció con mínimos cambios, presentando una sobrevivencia del 48%.

En la condición de pastizal, en el segundo mes, se presentó un descenso hasta un 86%, la cual se mantuvo durante el invierno hasta el octavo mes, posteriormente, a fines de invierno y principios de primavera, presentar una ligera disminución hasta llegar a un 71%. En general la sobrevivencia y el establecimiento fue mayor en la zona de pastizal (Cuadro 11 y Figura 9).

Quercus crassifolia. Esta especie presentó un comportamiento diferente ya que, en el bosque de pino-encino, la sobrevivencia no disminuyó, ni se detectaron daños, ni herbivoría, en los primeros meses. Hasta el séptimo mes, correspondiente al invierno, disminuyó a un 78%, el cual se mantuvo hasta el fin de primavera.

En el pastizal, la variación se presentó mortalidad en el segundo y tercer mes (fines de verano y principios de otoño), lo que disminuyó la sobrevivencia hasta llegar a un 88%. En los siguientes meses, estación de invierno, se presenta una nueva disminución la cual continua hasta fines de primavera, presentando una sobrevivencia del 72%. La sobrevivencia y establecimiento fue similar, ligeramente mayor en el interior del bosque (Cuadro 12, Figura 10).

Es interesante señalar que la sobrevivencia de ambas especies fue similar en la condición de pastizal, a pesar de la diferencia de edades. En el bosque *Q. crassifolia*, de mayor edad, presentó mayor sobrevivencia.

Cuadro 11. Supervivencia de plántulas de *Quercus laurina*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año, en Milpa Alta, D. F.

Tiempo (meses)	0	1	2	3	5	7	8	9	10	11	12	
Estación	verano			otoño			invierno			primavera		
	Supervivencia (%)											
Condición												
Bosque de Pino-Encino	100	100	83	83	80	80	60	55	50	49	48	
Pastizal	100	100	86	86	86	86	86	80	77	75	71	

n= 100 plántulas/condición

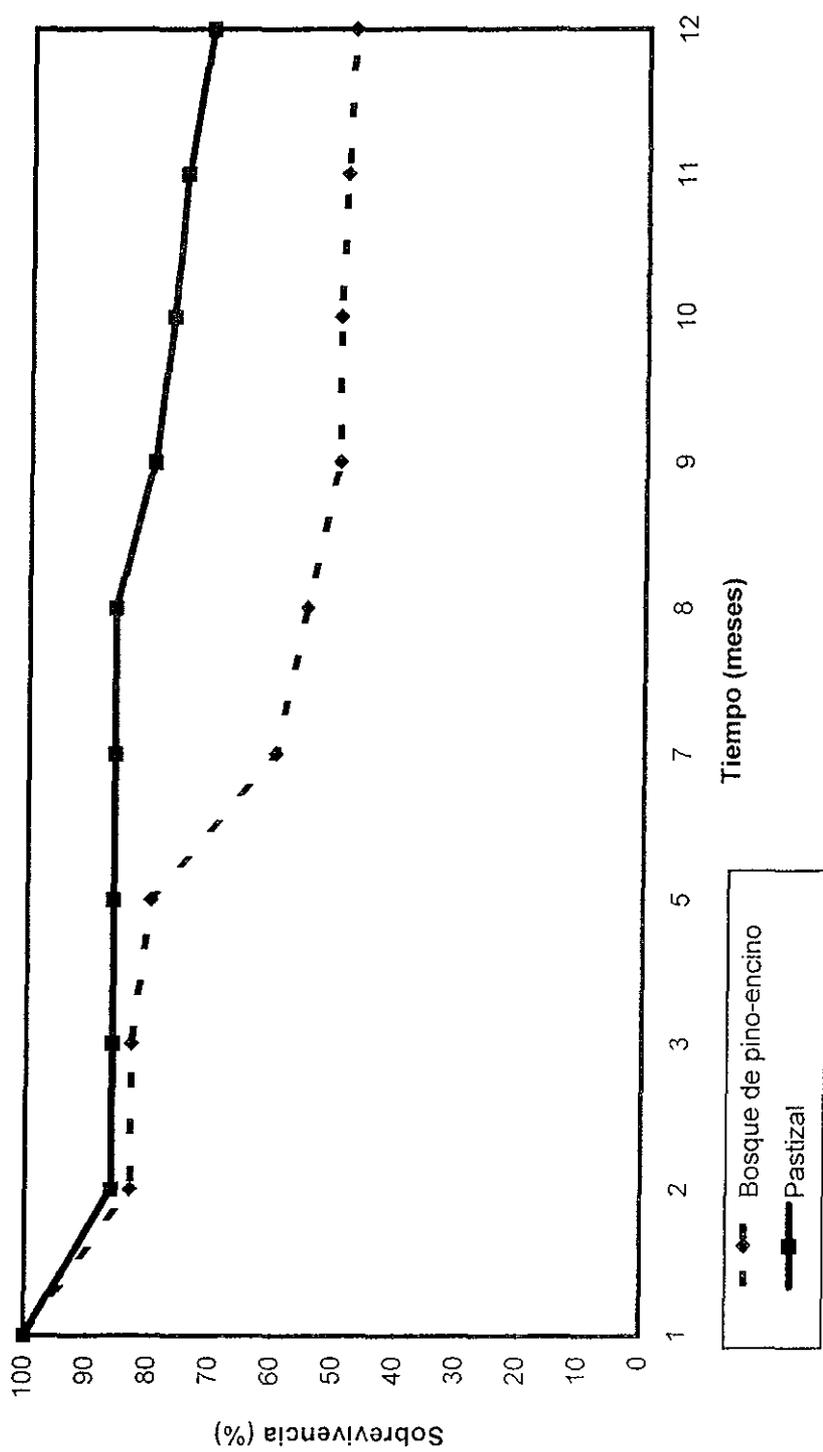


Figura 9. Variación de la sobrevivencia de plántulas de *Quercus laurina* trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Miipa Alta D. F.

Cuadro 12. Supervivencia de plántulas de *Quercus crassifolia*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, con respecto a las estaciones del año, en Milpa Alta, D. F.

Tiempo (meses)	0	1	2	3	5	7	8	9	10	11	12	
Estación	verano			otoño			invierno			primavera		
Supervivencia (%)												
Condición												
Bosque de Pino-Encino	100	100	100	100	100	80	80	78	78	78	78	
Pastizal	100	100	94	88	88	82	80	78	77	74	72	

n= 100 plántulas/condición

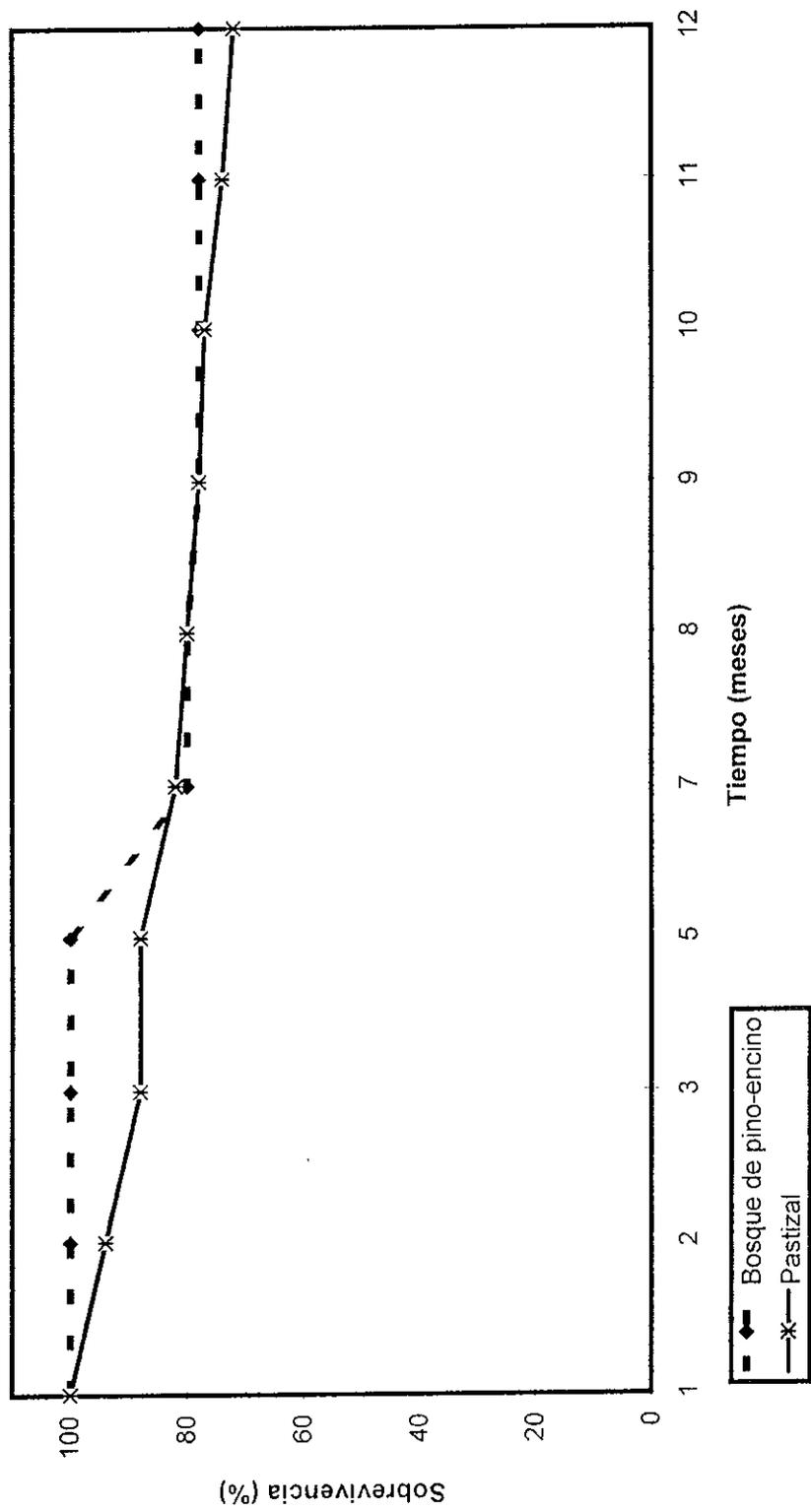


Figura 10. Variación de la sobrevivencia de plántulas de *Quercus crassifolia*, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta, D. F.

Factores que influyen en la sobrevivencia

Los factores que influyeron en la sobrevivencia (Cuadro 13), se obtuvieron a través de los síntomas que se detectaron en las plántulas, así como al análisis fitopatológico de las muestras obtenidas de plántulas catalogadas como muertas. Dichos síntomas fueron:

Herbivoría. Se detectó en ambas condiciones y en ambas especies. Se le atribuyó a este factor la mortalidad de plántulas que presentaron herbivoría en más del 75% de sus ramas y que en muestreos posteriores ya no presentaron hojas de renuevo.

En la condición de bosque de pino-encino, la herbivoría, afectó más a *Q. laurina* (52%) y en menor medida a *Q. crassifolia* (22%). En la condición de pastizal, su efecto fue menor y ocasionó un porcentaje de mortalidad similar para ambas especies: 14% para *Q. laurina* y 12% para *Q. rugosa*.

Sequía. Se atribuyó la mortalidad por este factor a aquellas plántulas que mostraron marchitez generalizada, en tallo y hoja, y que en muestreos posteriores no presentaron renuevos, así como el resultado negativo del análisis fitopatológico. Este factor se presentó únicamente en la zona de pastizal, durante la estación de primavera y afectó ligeramente más a *Quercus crassifolia* (16%) que a *Q. laurina* (11%).

Micrositios y establecimiento de plántulas.

Las variables relacionadas con el micrositio (Figuras 11 y 12), de acuerdo a la prueba de rangos de Wilcoxon (Cuadro 14), presentaron las siguientes relaciones con el establecimiento de plántulas:

Condición ambiental. Para *Q. laurina*, la condición de pastizal presentó un efecto significativo ($p < 0.001$) sobre el establecimiento. Casi todos los micrositios de esta condición, presentaron establecimiento, lo cual no ocurrió en el bosque.

Cuadro 13. Causas de mortalidad de plántulas de dos especies de encino, trasplantadas en dos condiciones ambientales, en Milpa Alta, D. F.

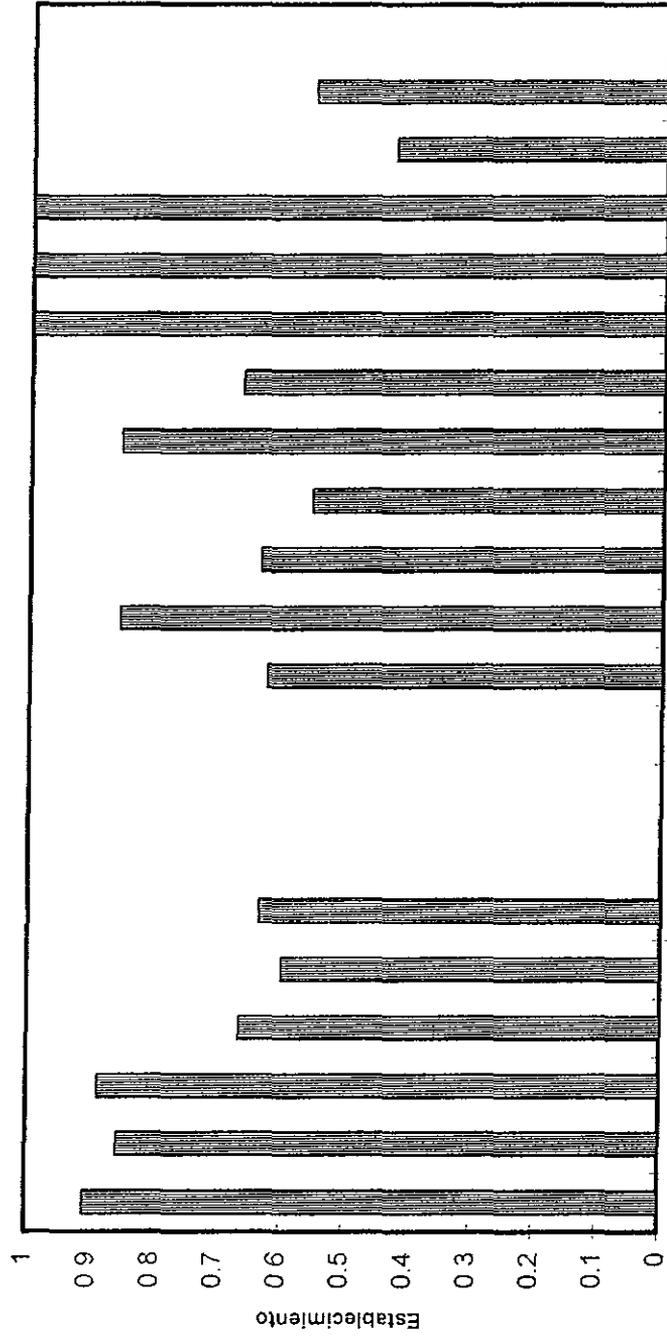
Condición ambiental	Bosque de pino encino		Pastizal	
	<i>Quercus laurina</i>	<i>Q. crassifolia</i>	<i>Quercus laurina</i>	<i>Q. crassifolia</i>
Especie				
Causa	Mortalidad (%)			
Herbivoría	52%	22%	14	12
Sequía			11	16

n= 100 plántulas/especie/condición

Cuadro 14. Significancia estadística, para la sobrevivencia de plántulas de dos especies de encino, de las diferentes variables estudiadas (Prueba de Kruskal-Wallis).

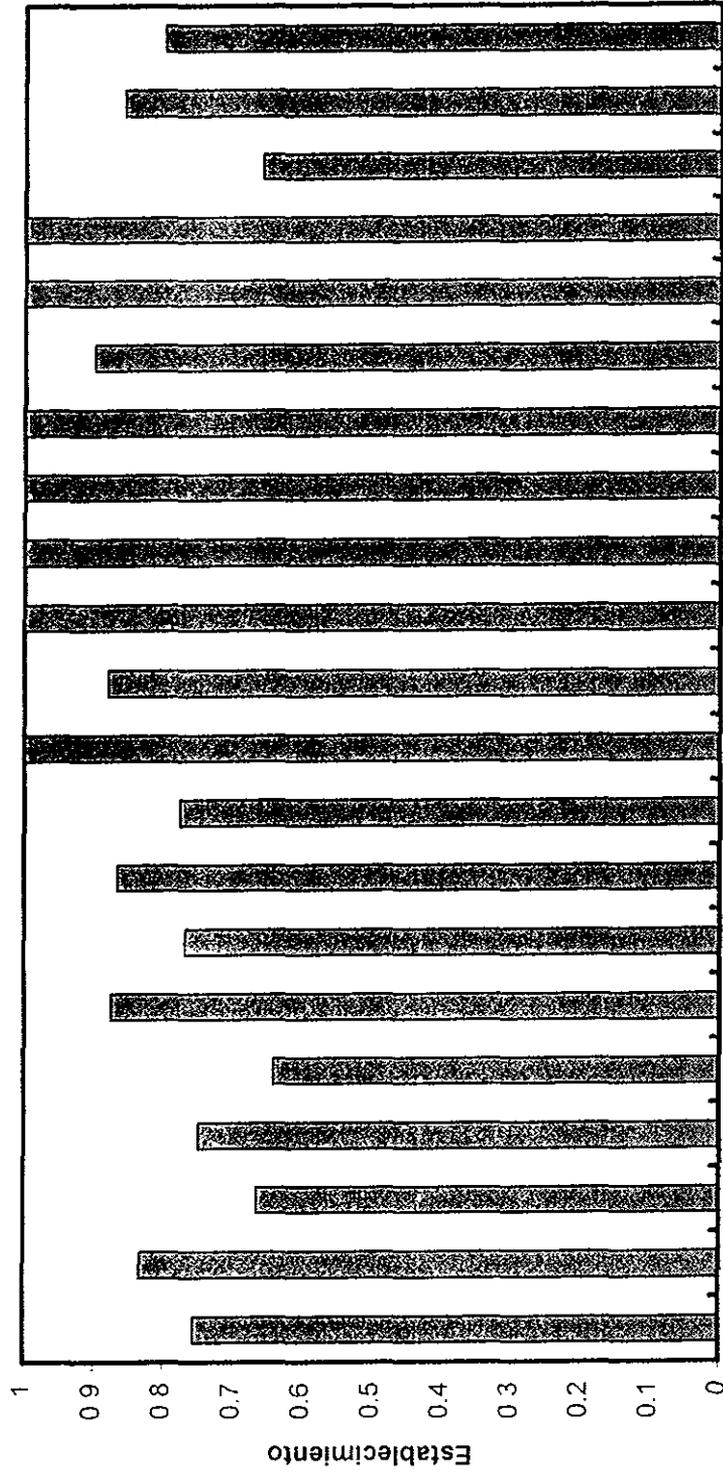
Establecimiento de plántulas de las especies:	Condición	Sustrato*			Espesor (cm)			Distancia al vecino más cercano (cm)			
		1	2	3	0	-0.5	0.6 - 1.0	1.1 - 1.5	4-10	11 - 15	16 - 20
<i>Quercus laurina</i>	Bosque Pastizal			**		***	***	1.1 - 1.5	4-10	11 - 15	16 - 20
		**				***				***	***
<i>Q. crassifolia</i>							*	*	**	**	

* (1 = Hojarasca de pino - encino; 2= Hojarasca de zacatal y 3 = Suelo mineral)
 (***) $p < 0.0001$, ** $p < 0.001$ y * $p < 0.01$).



Espesor (cm)	0.1 - 0.5	0.6 - 1.0	1.1 - 1.5	0.1 - 0.5	0.6 - 1.0	0
Sustrato	0.85	0.82	0.62	0.62	0.62	0
Condición	Bosque de Pino-encino			Pastizal		
	0.85	0.65	0.62	0.62	0.62	0

Figura 11. Establecimiento de plántulas de *Quercus laurina*, (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) en dos condiciones ambientales, por micrositio (sustrato y espesor), después de una temporada adversa de crecimiento



Espesor (cm)	0.1 - 0.5	0.6 - 1.0	1.1 - 1.5	0.1 - 0.5	0.6 - 1.0	0
Sustrato	Hojarasca de Pino-encino			Hojarasca de pastizal		Suelo mineral
Condición	Bosque de Pino-encino			Pastizal		

Figura 12. Establecimiento de plántulas de *Quercus crassifolia*, (fracción de sobrevivientes entre el número inicial) en dos condiciones ambientales, por micrositio (sustrato y espesor), después de una temporada adversa de crecimiento

Para la especie *Q. crassifolia*, dicha relación no fue significativa, pues hubo establecimiento en ambas condiciones, lo que indica que esta variable es relativamente importante solo para el establecimiento de las plántulas de *Q. laurina*.

Sustrato. Esta variable presentó efectos significativos ($p < 0.001$) con el establecimiento de las plántulas de *Q. laurina*. Al respecto los sustratos **hojarasca de pastizal** y **suelo mineral** presentaron establecimiento, en tanto que en el sustrato **hojarasca de pino-encino**, con espesores mayores a 1 cm, no lo presentó.

Para *Q. crassifolia* esta variable fue no significativa y el establecimiento se presentó en los diferentes tipos de sustrato.

Espesor. Esta variable presentó relaciones diferentes para cada especie. Para *Q. laurina* los espesores menores a 1 cm, presentaron una relación altamente significativa ($p < 0.0001$), en las dos condiciones. En el bosque de pino-encino, no se presentó establecimiento en espesores de 1 a 1.5 cm (Figura 11).

Para *Q. crassifolia* los espesores de hojarasca mayores a 0.5 cm de espesor presentaron un efecto significativo ($p < 0.01$). Los espesores menores de 0.5 cm, presentan ligeramente menor establecimiento en ambas condiciones, en tanto en los espesores de 1.0 a 1.5 cm, sobre todo en la condición de pastizal, el 100% de las plántulas presentó establecimiento, sin embargo esto mismo se presentó en otras zonas con menor espesor, por lo que el efecto del espesor parece no ser muy determinante (Figura 12).

Distancia al vecino más cercano. Esta variable presentó un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$) con el establecimiento de plántulas de *Q. laurina*, fundamentalmente en distancias mayores a 10 cm. Probablemente a distancias menores resienta la competencia. En contraste el establecimiento de plántulas de *Q. crassifolia* presentó un efecto significativa con las distancias al vecino más cercano menores a 15 cm.

5. DISCUSIÓN

El establecimiento de plántulas de las especies de *Quercus* fue afectado por dos factores: la herbivoría y la sequía, lo que coincide con lo reportado para otras especies (Pase, 1969; Gutiérrez, 1985; González, *et al.*, 1990; Maldonado y Silva, 1990; McPherson, 1992; Hernández y Ramírez, 1995; Fischer y López, 1995; y Bonfil, 1998).

El establecimiento dentro del bosque de pino-encino, fue afectado principalmente por herbivoría. Este hecho puede deberse a que en el interior del bosque, existe mayor humedad y menor temperatura (Pritchett, 1986; Faccelli y Pickett, 1991; Lorimer *et al.*, 1994; y Bonfil, 1998) y por lo tanto las plántulas permanecen con el follaje fresco, lo que los hace más atractivos para los herbívoros (Del Río, 1985), y por ello presentan herbivoría, la cual reduce la superficie fotosintética y, por la baja biomasa radicular que presenta *Q. laurina* (Robledo, 1997), posiblemente no es capaz de regenerarse a esta edad, como se reporta para otros encinos (Vaartaja, 1962; Griffin, 1980, Spurr y Barnés, 1982; y Eckelman, 1995).

El efecto de la herbivoría es acrecentado por la presencia de posibles competidores, fundamentalmente herbáceas y gramíneas, ya que para *Q. laurina*, el nulo establecimiento fue específicamente en zonas con espesores de hojarasca mayores a 1 cm, con vecinos a menos de 10 cm. Esto puede contribuir a explicar la menor sobrevivencia y menor desarrollo de plántulas de encinos en el interior de bosques, como algunos autores han encontrado (Quintana y González, 1990; Adams *et al.*, 1992; y Lorimer *et al.*, 1994).

En el pastizal, las plántulas de *Q. laurina*, al crecer en zonas cercanas al macollo de gramíneas, son favorecidas por la sombra de éstos y además aprovechar una mayor humedad del suelo, lo que también permitió ser más atractivas a los insectos y probablemente no se establecieron por las mismas razones.

La sequía, influyó en el establecimiento, también en el pastizal. Al respecto es necesario señalar que *Q. laurina* se distribuye preferentemente en zonas protegidas, donde la temperatura es menor y la sombra es mayor (Vela y Boyas, 1985), lo que

aunado a su baja biomasa radicular (Robledo, 1997) son características que no le permiten resistir la sequía.

Con base en lo anterior los micrositios de suelo mineral sin capa de hojarasca y sin sombra de los macollos, al estar más expuestos a la irradiación solar no son favorables para el establecimiento de plántulas de *Q. laurina*.

Por otra parte los micrositios con escaso o nulo espesor de hojarasca (menores de 1 cm), pero ubicados entre 10 y 15 cm de su vecino, resienten la sequía, posible razón por la que las plántulas rigidizan sus hojas, lo cual seguramente los hace menos atractivo para los herbívoros y esto le permita sobrevivir y poder establecerse.

Lo anterior puede contribuir a explicar porque la apertura de claros en bosque favorece su establecimiento y su desarrollo como han hecho notar varios autores (Pineda, 1985; Mas, 1985; Pérez y Pérez, 1980; Drury y Nisbet 1973; Ffolliot & Gottfried, 1991; Zavala, 1993; y Lorimer *et al.*, 1994)

Las plántulas de *Q. crassifolia*, presentan un comportamiento diferente ante dichos factores, sin embargo esta especie presenta mayor amplitud ecológica que *Q. laurina* (Bello y Labat, 1987; Vela y Boyas, 1985 y Vázquez, 1993), lo que aunado a su mayor edad, y por lo tanto con mayor biomasa radical, son características que le permiten resistir más la herbivoría y la sequía, así como poder rebrotar, como se observó en algunas plántulas en los años siguientes, lo que explicaría porque su establecimiento es mayor en ambas condiciones y es más independiente de la condición ambiental en la que se desarrolla.

La relación que presenta el establecimiento de sus plántulas, con sustratos de hojarasca, en espesores mayores a 0.5 cm, y vecinos cercanos (a distancias menores de 15 cm) probablemente se deba a que su mayor desarrollo, demanda mayores nutrimentos y mayor humedad (Carvel y Tryon, 19961; Ponce de León, 1985; Lorimer *et al.*, 1994), por lo que al desarrollarse en estas condiciones, podría indicar que sus raíces resisten la competencia y tienen mayor probabilidad de obtener agua y nutrimentos, y de esta manera poder seguir resistiendo las sequías y la herbivoría, los cuales son factores que permanecen de manera constante como señalan Mc Pherson (1992) y Lorimer *et al.* (1994).

6. CONCLUSIONES

1. La sobrevivencia y establecimiento de plántulas de *Quercus laurina* y *Q. crassifolia* es afectada principalmente por la herbivoría, en el interior de bosque, y la sequía, en los sitios abiertos.
2. Las plántulas de *Q. crassifolia* presentan mayor sobrevivencia y establecimiento en las 2 condiciones, por lo que se recomienda su transplante a la edad de 1 año.
3. Micrositios con espesores de hojarasca menores a 1 cm, con vecinos cercanos en un intervalo de 11 - 20 cm, en zonas de pastizal, favorecen el establecimiento de plántulas de *Q. laurina*.
4. El establecimiento de *Q. crassifolia* se da en un rango más amplio de micrositios que *Q. laurina*.

LITERATURA CITADA

- Adams, T. , P. Sands, W. Westkamp y N. Mc Dougal. 1992. Oak seedling establishment in California Oak Woodlands. **En:** Ecology and Management of Oak and associated Woodland: Perspectives in the Southwestern United States and Northern México. USDA . For. Serv. Rocky Mount. For. and Ran. Exp. St. Fort Collins, Co. General Technical Report. RM -218: 137-140.
- Axelrod, D. 1983. Biogeography of oaks in the Arco-Tertiary Province. *Ann. Missouri Bot. Gar.* 70: 629- 657.
- Aguilar, M. L. 1985. Problemas taxonómicos de los encinos. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. pp 3-5. Pub. Esp. No. 49 SARH México.
- Alfaro, O y S. Romero. 1993. Estudio sobre la germinación de *Q. crassifolia* H & B y *Q. rugosa* Née (Fagaceae). **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. Mexico.
- Bárceñas, G. 1985. Estado actual del conocimiento de la madera de encino. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. pp 238- 276. Pub. Esp. No. 49 SARH, México.
- Barret, L. 1939. Influence of forest litter on the germination and early survival of chesnut oak (*Quercus montana*). *Ecology* 12:476-484.
- Bazzas, F. 1979. The physiological ecology of plant succession. *Ann Rev. Ecol. Syst.* 10:351-371.
- Bello, M. A. y J. N. Labat. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. Cuaderno De Estudios Michoacanos 1. SARH - CEMCA. México.
- Bonfil, C. y J. Soberón. 1990. Regeneración de un bosque de encino en la Reserva Ecológica del Ajusco, D. F. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. De México.
- Bonfil, C. 1995. Establecimiento, sobrevivencia y crecimiento de plántulas de dos especies de encino en el Ajusco, D. F. **En:** Memorias del III Seminario nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledons reserves and herbivore on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal Botany.* 85: 79 - 87

- Bonner, F. T. y J. A. Vozzo. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. Gen. Tech. Rep. SO-66. New Orleans, LA. Dep. Agriculture, For. Serv. South. For. Exp. St. 21pp.
- Boorman, F. H. 1953. Factors determining the role of loblolly pine and sweetgum in early old field succession in the Piedmont of North Carolina. Ecol. Monogr. 23: 339 - 358.
- Cabrera, L., P. Mendoza, V. Peña, C. Bonfil, y J. Soberon. 1993. Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento de una plantación de encinos en la Reserva Ecológica de Ajusco Medio, D. F. **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. México.
- Caprio, A. y H. Zwolinski. 1992. Fire effects in two species oak: *Quercus emory* and *Q. oblongifolia* in the southwestern Arizona. **En:** Ecology and Management of oak and associated woodlands: Perspectives in the Southwestern United States and Northern Mexico. USDA Forest Service, Rocky Mountain For. and Ran. Exp. Stat. Fort Collins. Co. General Technical Report. RM -218.
- Carvell, K. y E. Tryon. 1961. The effect of environmental factor on the abundance of oak regeneration Beneath Mature Oak Stands. Forest Science 7 (2): 98-105.
- De la Paz, C. 1985. Variación de la estructura anatómica de los encinos y su efecto en el aprovechamiento de los mismos. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 162-168.
- Del Río C. 1985. Entomofauna asociada a *Quercus* spp, en la meseta Tarasca. Bol. Téc. Inst. Nal. Invest. For. No. 124. México.
- Drury, W. H. y Nisbet, I. C. 1973. Succession. The Arnold Arboretum Journal. 54 (3):331-368.
- Eckelman, C. M. 1995. Regeneración y dinámica natural de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre Oriental, en el Noreste de México, **En:** Memorias del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Faccelli, J. M. y S. T. A. Pickett. 1991. Indirect effects of litter on woody seedlings subject to herb competition. Oikos. 62: 129 - 138.
- Ferrell, W. K. 1953. Effect of environmental conditions on survival and growth of forest tree seedling under field conditions in the piedmont region of North Carolina. Ecology 34:667-668.

- Ffolliott, P. 1992. Valores múltiples de los bosques en el suroeste de los Estados Unidos y Norte de México. **En:** Ecology and management of oak and associated Woodlands: Perspectives in the southwestern United States and Northern Mexico. USDA Forest Service. Rocky Mountain For. and Rang. Exp. Stat. Fort Collins. Co. General Technical Report . RM -218.
- Ffolliott, P. y G. Gotfried. 1991. Natural Tree regeneration after clearcutting in Arizona's ponderosa pine forest: Two long-term case studies. Res. Note RM-507. Fort Collins Co. USDA For. Serv. Rocky Moun. For. Rang. Exp. Stat. 6 p.
- Figueroa, R. M., M Olvera y S. Moreno. 1993. Fenología de cuatro especies de encino en cerro grande, Estados de Jalisco y Colima. **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. México .
- Fisher, M., y R. López. 1995. Observación sobre la regeneración de dos especies de encino en Santa Rosa, Iturbide, N. L. **En:** Memorias del III Seminario nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte Científico. No. Esp. 15.
- Gallegos, A. y M.E. Morales, 1995. Plantaciones mezcladas de *Pinus oocarpa* y *Quercus resinosa*. **En:** Memorias del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte Científico. No. Esp. 15.
- González, L. M. 1985. Claves de identificación de los encinos de Jalisco. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 162-168.
- González, C., L. Sánchez y J. Boyas. 1990. Análisis estructural de las comunidades vegetales del Mpo. de Huixquilucán, Edo. de México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- González, M., P- Quintana y N. Ramírez. 1990. Estructura y patrones sucesionales en bosque de pino-encino de los Altos de Chiapas, México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- González, V. y M. A. Bello. 1988. Arboles de zonas templadas. Encinos. Taller. **En:** Memoria del XXX Aniversario del Herbario Nacional Forestal y de la VI Reunión Nacional de Encargados de Herbario. pp 100-117. Pub. Esp. No. 62. SARH- INIFAP. México.
- Griffin, J. R. 1976. Regeneration in *Quercus lobata* savannas, Santa Lucia Mountains, California. Amer. Mid. Nat. 95: 422-435.

- Griffin, J. R. 1980. Animal damaged to Valley Oaks acorn and seedling Carmen Valley , California. **En:** Plumb, T. R. (Coord) Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44, pp 242-245.
- Gutiérrez, J. L. 1985. Utilización del género *Quercus* en suelos degradados de Patzcuaro, Michoacán. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 162-168.
- Hernández, A. y A. Ramírez. 1995. Efecto del tratamiento del manejo del sotobosque en la regeneración natural de encinos del A. E. F. Piedra Alta, San Luis Potosí. **En:** Memorias del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencia Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Herrera, A. 1981. Avances en la determinación de las características del maquinado de cinco especies de encino que vegetan en México. *Ciencia Forestal* (6) 34: 45-63.
- Holland, V. y J. Norton. 1980. Effect of blue oak on nutritional quality of rangeland forage in Central California. **En:** Plumb, T. R. (Coord) Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44. pp323-328.
- Isidro, M. A. 1985. Crecimiento longitudinal y fenología de *Quercus germana* Sch y Cham. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 69-84.
- Jardel, E. 1985. Bases ecológicas para la silvicultura del bosque de pino-encino. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 162-168.
- Jenzen, T. S. 1985. Seed-seed predator interactions of european beech, *Fagus sylvatica* and forest rodent *Clethrionomis glareolus* and *Apodemus flavicollis*. *Oikos* 44: 149-156.
- Juárez, S. 1985. Necesidades de una revisión taxonómica del género *Quercus*. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 8-10.
- Koenig, W. 1980. Acorn storage by acorn woodpeckers in an oak woodland: An energetic analysis. **En:** Plumb, T. R. (Coord) Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44.

- Korstian, C. F. 1927. Factors controlling germination and aerly survival in oaks. Yale Sch. For. Bull. 19.
- Kozlowski, T. 1971. Growth and development of trees. Vol. II. Academic Press. N. Y. U.S.A.
- Kozlowski, T. 1979. Tree growth and enviroment stresses. University of Washington Press.
- Kramer, P. J. 1944. Relation between light intensity and rate of photosynthesis of loblolly pine and certain hardwoods. *Plant physiol.* 19: 350 - 358.
- Kramer, P., J. Oosting y C.F. Korstain. 1952. Survival of pine and hardwood seedlings in forest and open. *Ecology.* 33: 427 - 430.
- Kramer, H. y O. Aguirre. 1995. Importancia de los aclareos en los bosques de pino-encino. **En:** Memorias del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencia Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Leopold, A. S. 1978. Fauna silvestre de México. IMERNAR. Ed. Pax. México.
- Lorimer, C., J. Chapman, y W. D. Lambert. 1994. Tall understory vegetation as a factor in the poor development of oak seddlings beneath mature stands. *Ecology.* 82: 227 - 237.
- Maldonado, O. y B. Silva. 1990. Efecto de la depredación en el crecimiento y establecimiento de *Quercus sartorii*. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Marroquín, J. 1985. Ecología de los encinos del noreste de México. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp21-31.
- Martínez, M. 1977. Los encinos de México. Serie Técnica, No. 8. CFM. Morelia Michoacán. 230 pp
- Mas, P. J. 1977. Los encinos como fuente potencial de madera para celulosa y papel en México. *Ciencia Forestal*, Vol. 2 (9) : 39-58.
- Mas, P. J. 1985. Incremento de encinos. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 117-127
- Mc Vaugh, R. 1974. Flora Novogaliciana. *Contr. Univ. Michigan Herb.* 12,I: 1 - 93.

- Mc Pherson, G. R. 1992. Ecology of oak woodlands in Arizona. **En:** Ecology and management of oak and associated woodlan: Perspectives in the southwestern United States and Northern Mexico. USDA Forest Service. Rocky Mountain For. and Ran. Exp. Stat. Fort Collins. Co. General Technical Report . RM -218.
- Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. **En:** T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds.) Biological diversity of Mexico. Origins and distribution. Oxford University Press. Oxford.
- Oliva, G. 1977. Utilización del encino como materia prima en la elaboración del carbon de tipo activado. Mexico y sus Bosques, Vol. XVI, No. 2 :
- Ovington, J. D. y C. Mac Rae. 1960. The growth of seedlings on *Quercus petraea*. J. Ecol. 48: 549-555.
- Parker, G. D. Leopold y J. K. Eichenberger. 1985. Tree dynamics in an old growth deciduos forest. Forest Ecology and Management. 11: 31-57.
- Pase, C. P. 1969. Survival of *Quercus turbinella* and *Q. emory* seedlings in an Arizona Chaparral comunity. Southwestern Naturalist. 14:149-156.
- Peet, R. K. y N. L. Christensen. 1980. Succession. A population process. Vegetatio. 43: 131 - 140.
- Pérez, P. y G. Pérez. 1984. Estudio ecológico-florístico y el significado económico de la vegetación en la comunidad de Macuiltianguis, Oaxaca. Tesis Univ. Auton. Chapingo. México.
- Pineda, M. R. 1985. Consecuencias de la tala selectiva en la estructura de un bosque de pino-encino (*Pinus - Quercus*) en la Sierra de Juárez, Oaxaca. **En:** Il Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 135-142.
- Plumb, T. 1980. Responses os oaks to fire. **En:** Plumb, T. R. (Coord) Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44. pp262-215.
- Ponce de León, L. 1985. Ecofisiología de las primeras etapas del crecimiento de *Quercus sartorii*. **En:** Il Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México. pp 85-94.
- Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Ed. Limusa, México

- Quintana, P. y M. González. 1990. Remoción de bellotas y sobrevivencia de plántulas de *Quercus crispipilis*, en bosques fragmentados de los Altos de Chiapas, México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- Ramírez, A. y A. Hernández. 1995. Ensayos de propagación por semilla de *Q. mexicana*. H. B. en el A. E. F. Piedra Alta, San Luis Potosí. **En:** Memorias del III Seminario nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Robledo J. A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, D.F. Efecto del tamaño de la semilla. Tesis, Biología, FES Zaragoza, UNAM.
- Romero, S. y F. Camacho. 1993. Germinación de *Q. crassipes* H.&B. y *Q. candicans*. Née (Fagaceae). **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. Mexico .
- Rossi, R. S. 1980. History of cultural influences on the distribution and reproduction of oaks in California. **En:** Plumb, T. R. (Coord). Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44. pp 7-18.
- Rundell, P. W. 1980. Adaptations of mediterranean climate oaks to enviromental stress. **En:** Plumb, T. R. (Coord). Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44. pp262
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa, México.
- Sackett, S. S. Hasse y G. Burke. 1992. Soil temperatures relationship to fir present in lots ponderosa pine in Valley Yosemite that include black oak of California. **En:** Ecology and management os oak and associated woodlands: Perspectives in the southwestern United States and Northern Mexico. USDA For. Serv. Rocky Mountain For. and Ran. Exp. Stat. Fort Collins. Co. General Technical Report RM -218.
- Saldaña, A. L. R. Sánchez, M. Anaya , M. R. Pineda y M. P. Rosales 1990. Regeneración natural de especies arbóreas en la reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. **En:** Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. de México.
- SARH. 1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión. 1991-1992. SARH México.

- Schupp, E. W. 1990. Annual variation in seedfall, postdispersal predation and recruitment of a neotropical tree. *Ecology* 71: 504 - 515.
- Scout, T. y N. Pratini. 1992. Selection of seedlings during oak woodland restoration. **En:** *Ecology and management of oak and associated woodlands: Perspectives in the southwestern United States and Northern Mexico*. USDA Forest Service. Rocky Mountain For. and Ran. Exp. Stat. Fort Collins. Co. General Technical Report . RM -218.
- SEMIP. 1988. Energía rural en México. Resumen Ejecutivo Nacional, Vol 1. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, México
- Sharp, W. M. y H. H. Chisman. 1961. Flowering and fruiting in the white oaks. I. Staminate flowering through pollen dispersal. *Ecology* 42: 365 - 372.
- Sharp, W. W. y V. G. Sprague. 1967. Flowering and fruiting in the white oaks. Pistillate flowering, acorn development, weather and yields. *Ecology* 48: 234 - 251.
- Sierra, C. y R. González. 1993. Efecto de algunos factores bióticos (intensidad luminosa, humedad y hojarasca) que intervienen en la germinación y crecimiento de *Quercus rugosa* Née. **En:** Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. México.
- Snook, L. 1985. El encino en la silvicultura: Problema y potencial. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México, pp 158-161.
- Spurr, S. H. 1952. Origin of the concept of forest succession. *Ecology* (33)3: 426-427.
- Spurr, S. y B. Barnés. 1982. *Ecología Forestal*. AGT Editor SA. México.
- Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. 81: 17 - 30.
- Trelease, W. 1924. *The american oaks*. Memories of the National Academy of Sciences. 20. Washington. USA.
- Vaartaja, O. 1962. The relationship of fungi to survival of shaded tree seedlings. *Ecology* (43) 3: 547-549.
- Valencia, A. S. 1992. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Guerrero, México. *Contribuciones del Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM*, 1.
- Vázquez, L. 1993. Los encinos de Puebla. Tesis. Biólogo. FES Zaragoza. UNAM.

- Vela, L. y J. Boyas. 1985. Ecología de encinos de la Meseta Tarasca. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México pp 43-55.
- Verner, J. 1980. Birds of California oak habitat. Management implications. **En:** Plumb, T. R. (Coord). Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44.pp 246-264.
- Villalón, M. H. 1995. Germinación de semillas almacenadas de encinos (*Quercus polymorpha* Sch et Cham.) bajo diferentes tratamientos. **En:** Memorias del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Zuñiga, V. y K. A. Greelmann . 1985. Obtención de alimento para ganado a partir de madera de encino. **En:** II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. No. 49 SARH. México pp 368-374.

CAPITULO 4

Discusión general

DISCUSION GENERAL

De acuerdo con los resultados presentados en los capítulos anteriores, se puede mencionar que, en general, la disminución de la sobrevivencia de plántulas ocurrió principalmente en invierno y primavera, lo que indica que la disminución de humedad propicia una serie de factores que ocasionan mortalidad en las plántulas, los cuales son diferentes para cada género.

Abies religiosa presenta el mayor número de factores que limitan el establecimiento de plántulas: sequía, enfermedad por hongos, ataque de líquenes, efecto físico y químico de la hojarasca y efecto físico del musgo, en tanto, el establecimiento de *Pinus michoacana* y *P. ayacahuite* var *vietchii* es afectado por tres factores: sequía, herbivoría y criptofagia. *Quercus laurina* y *Q. crassifolia* son afectados únicamente por la sequía y la herbivoría.

A partir de lo anterior se puede notar que la sequía es el único factor que comparten estas especies. Un evento que podría atenuarlo y favorecer el establecimiento de las plántulas y por tanto la restauración del estrato arbóreo con estas especies, serían las lluvias de invierno, provocadas por los "nortes", frecuentes en los bosques del Eje Neovolcánico (Rzedowsky, 1978; García, 1982); por lo que, en general, las reforestaciones con dichas especies, tendrían mayor éxito, si se efectúan en años en los que exista una alta probabilidad de presentar lluvias invernales, lo cual es importante investigar, como lo han señalado otros autores (Eis *et al.*, 1965; Chacón y Cano, 1979; y Zamudio, 1985).

Otro aspecto general que es importante resaltar, es que en el interior de los bosques con mayor dosel, bosques maduros, las interacciones bióticas afectan el establecimiento de las plántulas de todas las especies, pero en mayor grado a los a los pinos.

Las dos especies de *Pinus*, sin importar su edad ni especie, presentaron el mismo factor de mortalidad en el interior del bosque, la criptofagia, una de las razones de la escasa regeneración en éstos y posiblemente sea un factor más que

favorece su reemplazo por latifoliadas. En tanto en las zonas abiertas, con deterioro parcial o pastizales, existen interacciones bióticas, pero son mayores los efectos climáticos, los cuales son más importantes en las áreas totalmente abiertas y sin vegetación.

Por otra parte, los factores que favorecen el establecimiento también son diferentes: para *Abies religiosa*, son las áreas abiertas, con presencia de dosel y con espesores de hojarasca menores a 1.5 cm o suelo mineral desnudo; para *Pinus*, son los micrositios localizados a una distancia entre 10 y 15 cm del macollo, en áreas abiertas y sustrato sin hojarasca; en los encinos, los micrositios que favorecen el establecimiento, al parecer son afectados por la edad y por la especie ya que para *Quercus laurina*, los micrositios con espesores menores a 1 cm, con vecinos cercanos en un intervalo de 11-20 cm, en zonas abiertas de pastizal o bosque, son favorables, en tanto *Q. crassifolia*, a la edad de un año, no parece tener preferencia por algún micrositio.

Con base en lo anterior, se puede señalar que el sustrato y su espesor es relativamente importante en *Abies* y *Q. laurina*, mientras que para las dos especies de *Pinus* y *Quercus crassifolia* no lo son.

Si bien el sustrato, principalmente hojarasca y su espesor, se ha señalado como un factor importante en el establecimiento de plántulas (Evans y Young, 1970; Elleberg, 1988; Faccelli y Pickett, 1991; Rizvi y Rizvi, 1992; y Zavala, 1995), su efecto varía con los géneros, las especies y la edad de la planta.

Por otra parte, de acuerdo con los datos del Inventario Nacional Forestal Periódico (SARH, 1994), los bosques "abiertos" abarcan aproximadamente el 60% de los bosques mixtos templados. Asimismo el Inventario Forestal de Gran Visión (SARH, 1992) menciona las siguientes áreas perturbadas:

- 1) Areas perturbadas, las cuales tienen superficie arbórea desmontada y vegetación alterada con diferentes grados de recuperación.

- 2) Areas fuertemente perturbadas, definidas como aquellas que además de presentar vegetación espaciada, presentan grados avanzados de erosión.

En ambas áreas, se requiere incrementar el establecimiento de plántulas, ya sea a través de regeneración natural o reforestaciones, para lograr la restauración (Jordan, 1990, Pottinger, 1993), del 60% de los bosques mixtos templados de México.

Con base en los resultados, y considerando las lluvias invernales, es factible la restauración del bosque de oyamel, en sus áreas perturbadas, equivalentes al bosque con deterioro parcial de este estudio, y para favorecer el establecimiento de sus plántulas se propone manejar la hojarasca, si su espesor es mayor a 1.5 cm, por medio de incendios controlados.

Los incendios son el mecanismo natural que ocasiona la disminución de la capa orgánica del suelo, junto con hongos y ocurre en varios bosques de coníferas (Manzanilla, 1976; Rzedowski, 1978; Cutter *et al.*, 1993; y Fulé y Covington, 1997). Su efecto podría durar por lo menos tres años (Alhlegree, 1974), probablemente el tiempo necesario para permitir el establecimiento de nuevas plántulas.

Lo anterior se ve apoyado por las observaciones de Manzanilla (1976) quien hace notar que en algunos lugares incendiados se han observado buenas regeneraciones. Otra manera de manejar el sustrato, previa experimentación, sería utilizar la hojarasca con fines agrícolas, como abono o aprovechar sus posibles efectos químicos para control de malezas y, de esta manera, disminuir sus efectos y aprovechar el bosque integralmente.

Para las áreas fuertemente perturbadas, la regeneración natural puede existir, pero el establecimiento de plántulas sería mínimo, por el efecto de la sequía. Para poder favorecer el establecimiento, se propone que es necesario establecer una plantación previa. Los encinos de hojas coriáceas, como *Quercus rugosa* y *Q. crassifolia*, pueden ser utilizados. Asimismo, posiblemente se pueda utilizar *Pinus patula*, quien antecede a *Abies* (Vela, 1976), o *Pinus michoacana* si la zona está a menos de 3000 msnm y existe presencia de gramíneas. Otra alternativa sería

establecer la plantación, después del crecimiento de arbustos y herbáceas, con árboles de vivero de al menos un año.

Para el caso de los pinares, los resultados revelan que es factible su restauración en zonas donde se ha perdido parcial o completamente el estrato arbóreo, pero requiere la presencia del pastizal para transplantar los arbolillos a una distancia de 15 - 20 cm de macollo o zacatón. En zonas totalmente deterioradas y con proceso de erosión y sin estrato herbáceo, el establecimiento es nulo por lo que, es necesario establecer plantaciones de encinos de hojas coriáceas y posiblemente estrato herbáceo, preferentemente gramíneas. Posteriormente la plantación de *Pinus*, en particular *Pinus michoacana*, que presentó mejores resultados en este estudio.

En los encinares, la restauración es más factible, en cualquiera de las dos áreas perturbadas: Las reforestaciones, preferentemente, deben utilizar plántulas de especies con hojas más coriáceas, como *Q. crassifolia* y por lo menos de un año de edad. Al respecto Bonfil, (1998) así como Gallegos y Morales (1992), encuentran resultados similares, con *Q. rugosa* y *Q. resinosa*.

Es necesario mencionar que un factor limitante para el éxito del establecimiento y de la restauración de los encinares, son los incendios, el cual se ha reportado que afecta la sobrevivencia de plántulas (Plumb, 1980; Rossi, 1980, Eckelman, 1995; y Gallegos y Morales, 1995) por lo que es necesario considerar mecanismos de control para favorecer el establecimiento.

Es importante señalar que deben realizarse más experimentos con plantaciones mixtas, de latifoliadas y coníferas. Este tipo de plantaciones posiblemente acelere los procesos de restauración, ya que los encinos presentan ciertas ventajas en el establecimiento, con respecto a los pinos sin embargo, éstos, por su mayor crecimiento, posiblemente puedan favorecer el desarrollo de los encinos, como reporta Eckelman (1992).

CONCLUSIONES GENERALES

1. En el interior de los bosques existen una gran variedad de interacciones bióticas (hongos, líquenes, herbivoría y criptofagia) y abióticas (efecto físico y químico de la hojarasca). La conjunción de estas afecta más al oyamel (*A. religiosa*), mientras que las bióticas afectan más a los las dos especies de *Pinus* y en menor grado a las especies de *Quercus*, que son los únicos que presentan establecimiento en esta condición.

2. Zonas de bosque con claros o zonas abiertas, como los bosques con deterioro parcial y pastizales, el factor abiótico sequía, es el que afecta principalmente el establecimiento de las plántulas. Asimismo también ofrece micrositos en los que se presenta establecimiento de plántulas de todas las especies, lo cual indica que es posible restaurarlos, si la plantación se realiza en los micrositos adecuados.

3. Zonas totalmente abiertas, sin capa vegetal, ni hojarasca, limitan el establecimiento de plántulas de coníferas en general, no así para los encinos trasplantados, sobre todo aquellos mayores de un año y con hojas más coriáceas, por lo que se pueden utilizar en la restauración de estas zonas, sin embargo se plantea que requieren medidas de control de incendios.

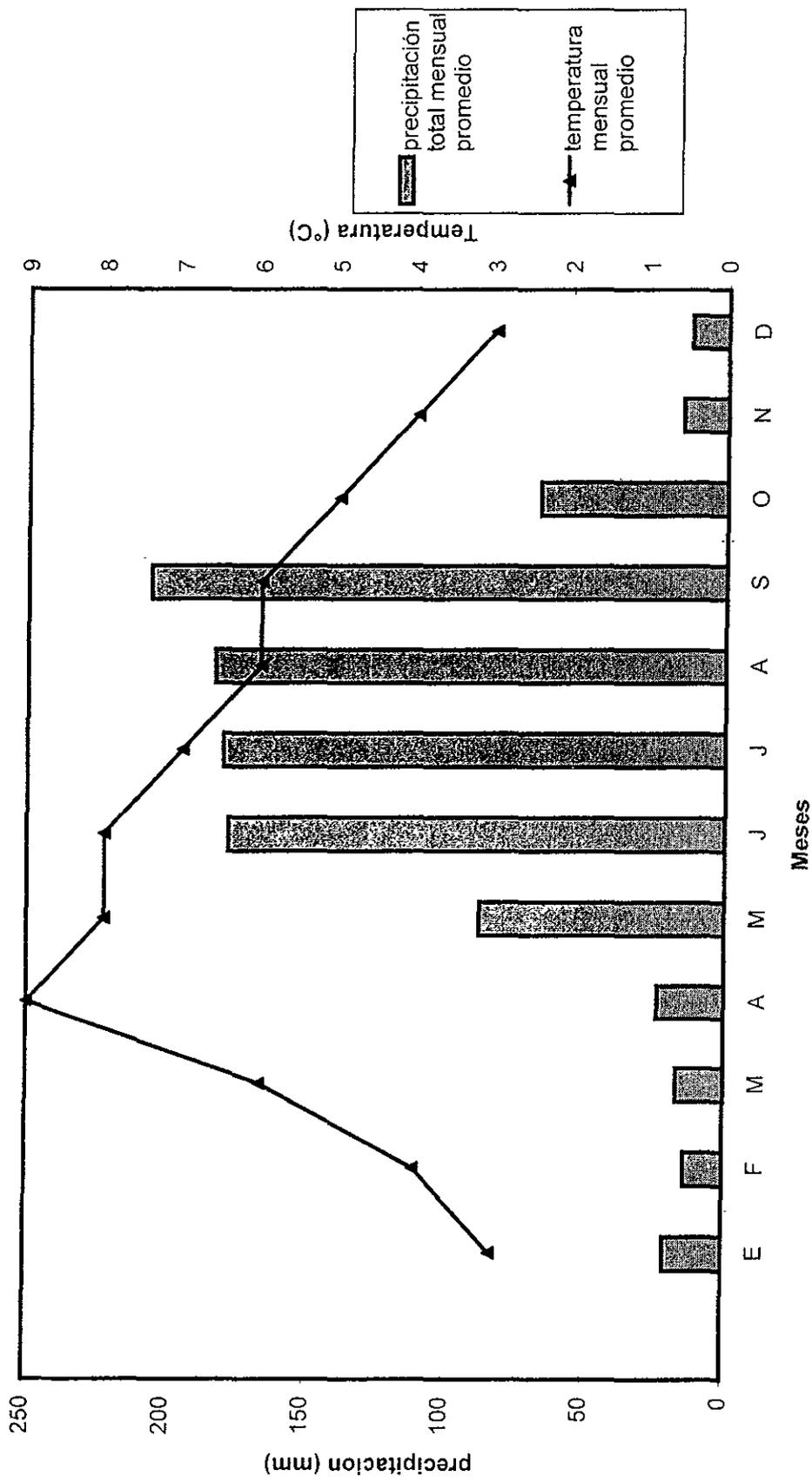
LITERATURA CITADA

- Ahlgree, C.E. 1962. Small and reforestation following prescribed burning. *J. Forestry* 64:614-618
- Bonfil, C. 1995. Establecimiento, sobrevivencia y crecimiento de plántulas de dos especies de encino en el Ajusco, D. F. **En:** Memorias del III Seminario nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledons reserves and herbivore on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal Botany*. 85: 79 - 87
- Chacón, J.M. y V.M. Cano. 1979. 10 años de observaciones en la regeneración de *Pinus arizonica* en Madera, Chihuahua. **En:** Memorias del Congreso Forestal Mexicano. Tomo I. pp 185-205. SARH. México.
- Cutter, S., H. Lambert y W. Renwick. 1991. Exploitation, conservation, preservation. A geographical perspective on natural resource use. 2a Ed. Jhon Wiley. USA.
- Eckelman, C. M. 1995. Regeneración y dinámica natural de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre Oriental, en el Noreste de México, **En:** Memorias del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.
- Eis, S., E.H. Garman, y L.F. Ebell. 1965. Relation Between production and diameter increment of Douglas fir [*Pseudotsuga mensiesii* (Mirb.) Franco]; Grand fir [*Abies grandis* (Dougl) Lindl] and Western white pine [*Pinus monticola* (Dougl)] *Can. J. Bot.* 43::1553-1559.
- Elleberg, H. 1988. Vegetation ecology of central Europe. Cambridge University Press. Cambridge.
- Evans, R. A. y J. Young. 1970. Plant litter and establishment of alien annual weed species in rangeland communities. *Weed Science* 18: 697-703.
- Faccelli, J. y S. T. A. Pickett. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Bot. Rev.* 57:1-32.
- Fulé, P. Z. y W. W. Covington. 1997. Fire regimes and forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Acta Bot. Mex.* 41: 31-79.

- García, E. 1982. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM.
- Gallegos, A. y M.E. Morales, 1995. Plantaciones mezcladas de *Pinus oocarpa* y *Quercus resinosa*. **En:** Memorias del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte Científico. No. Esp. 15.
- Jordan, W. 1990. Restoration ecology. In: Jordan, W., Gilpin, M. y J. Aber (Eds.) Restoration Ecology. Cap. 1. Cambridge University Press.
- Manzanilla, H. 1976. Investigaciones epidemiológicas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. SAG. Mexico. 165 pp.
- Plumb, T. 1980. Responses os oaks to fire. **En:** Plumb, T. R. (Coord) Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44. pp262-215.
- Rossi, R. S. 1980. History of cultural influences on the distribution and reproduction of oaks in California. **En:** Plumb, T. R. (Coord). Symposium of Ecology Management and Utilization of California oaks. USDA Forest Service. General Tech. Rep. PSW-44. pp 7-18.
- Pottinger, A. J. 1993 The experience of foresters in re-establishment and habitat restoration. Bot. Garden Conservation 2 (2): 26 - 34.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México Ed. Limusa. México
- SARH.1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión (1991-1992). SARH. México.
- SARH, 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico. Memoria Nacional. Subsecretaria Forestal y de Fauna silvestre. SARH. México.
- Vela, L. 1976. Contribución a la ecología de *Pinus patula* Schl et Cham. Tesis, Biólogo. ENCB, IPN. México.
- Zamudio, J.L.1985. Ensayo de adaptación de siete especies de coníferas en la Sierra Juárez, Mpo. de Ensenada B.C. **En:** III Reunión Nacional. Plantaciones Forestales, pp 187-203. Pub. Esp. No. 48. SARH. México.

Zavala, F. 1995. Algunos efectos de los aprovechamientos forestales sobre la vegetación en el suroeste de Durango, con énfasis en encinos. **En:** Memorias del III Seminario nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico. No. Esp. 15.

ANEXO 1. CLIMOGRAMA Y DATOS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION
OBTENIDOS DE LA ESTACION DEL MINERAL DEL CHICO, HIDALGO.



Variación de la temperatura y precipitación en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.

Fuente: Estación climatológica del Mineral Del Chico, Hidalgo (1980-1991) y modificado de acuerdo con García (1982)

Datos climatológicos registrados en la estación meteorológica Mineral del Chico, Estado de Hidalgo. La temperatura fue modificada de acuerdo con García (1982).

año 1989

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
T° máxima	18.4	18.8	22	22.2	23.7	21.7	19	18.5	17.2	17	16.9	16.3
T° mínima	4.9	4.4	5.7	6.8	18.1	9.9	9.6	9.3	8.9	8.5	7.1	5.5
T° media	11.6	11.6	13.4	19.5	16.4	15.8	14.3	13.9	18	12.8	12	10
pp total	n r	n r	n r	29	14	151	n r	251.5	3.13	n. r	20	26.5

año 1990

Mes	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
T° máxima	24	25	28	29	n r	25	n r	18.5	24	23	23.9	24
T° mínima	0	0	5	2	7.6	8	7	6	5	5	1	-2
T° media	10.5	11.9	15.6	15.5	17.1	15.7	14.3	14.1	14	13.9	12	9
pp total	58.9	35.5	23	86.5	153.5	452	170	263	130	71	n r	0