



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

ECOLOGÍA DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE *Abies religiosa*  
(HBK) Schl. et Cham. EN EL PARQUE NACIONAL  
"CUMBRES DEL AJUSCO", D.F., MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G A  
P R E S E N T A :

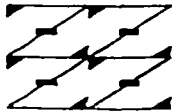
RUTH EUNICE ROMÁN IBARRA

DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL FRANCO BAQUEIRO

MÉXICO, D.F.

TESIS CON JUNIO DE 2003  
FALLA DE ORIGEN

U N A M  
F E S  
Z A R A G O Z A



LO HUMANO ES  
DE NUESTRA REFLEXION



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# PAGINACIÓN DISCONTINUA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**A mis hermanos y mi Papá**

**A quienes se fueron antes**

**A Cristian**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **Agradecimientos**

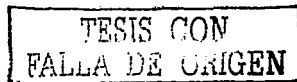
Agradezco de manera muy especial al Dr. Miguel Franco Baqueiro por dirigir esta tesis y por la cuidadosa e impecable revisión de la misma. Además, gracias Miguel por la enorme paciencia que me tuviste. Al M.C. Manuel Rico Bernal, al Dr. Isaías Salgado Ugarte y al M.C. Efraín Angeles Cervantes por sus atinados comentarios y valiosas sugerencias que enriquecieron y mejoraron substancialmente esta tesis. Mi agradecimiento al Biól. Rubén Zulbarán Rosales por su disposición y confianza. Sus comentarios a cerca del presente trabajo lograron elevar aún más su calidad. A la Dra. Carmen Mandujano por sus invaluable aportaciones en la estadística de este trabajo.

A mis amiguitos del Laboratorio con quienes he compartido muchos aspectos (y algunos años) de mi vida y quienes siempre me han brindado su amistad. A Lato Rendón (no te me escapabas, Panzón) por inculcarme el cariño ilimitado a los Bosques de oyamel y la incansable dedicación al trabajo de campo; a Rubén Pérez Ishiwara por su valiosa ayuda en campo y en el lab. y por sus bromas pasaditas que nos hicieron pasar buenos ratos a todos; a Adrianiux por todo su apoyo y compromiso y por la valiosa revisión de este manuscrito; a Angeliux y a César por sus constantes ocurrencias que hicieron más placentero el lugar de trabajo y por su generosa ayuda en esta tesis; a Paty y a Dolores por escucharme y por compartir conmigo parte de sus vidas y ¿cómo decirles muchachas? que sin ustedes mi vida no sería lo buena e interesante que ha sido. A Sandrilla, Ale González y Martha por su confianza y consejos; a Derik por su desinteresada contribución en este trabajo; a Andrés, Ale Naranjo, Nico, Luci, Gisela, Celia, Gabriel y Eric por su grata compañía y sus risas y a todos, todos los que intervinieron para que este trabajo llegara a término.

A mis amigos de generación con quienes compartí la formación de biólogo: Sandra Olvera, Ana María, Martina, Domi, Bertha, Mari, Tere, Juan José, Lourdes, Carmen, Tepoz, Luis Rojas y todos los que me faltan...

A mi Mamá por su ejemplo y apoyo incondicional, a mis hermanos por su compañía de tantos años. A mis sobrinos por su enorme cariño. A Esmeralda y a mi tía Cuca por apoyarme generosamente en los momentos complicados de mi existencia.

A Cristian por formar conmigo una historia nueva.



A la FES-Zaragoza que mucho le debo de lo que es ahora mi vida; al Instituto de Ecología por hacer la investigación que hace y a la máxima casa de estudios: la Universidad Nacional Autónoma de México.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

D

## CONTENIDO

Resumen	i.
Ecología de semillas y plántulas	1.
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>El bosque de oyamel en México</b>	
a) Tipo de vegetación	2.
b) Distribución en México	3.
c) Descripción y Fenología de <i>Abies religiosa</i>	4.
d) Fauna	4.
e) Aprovechamiento	4.
Descripción de la zona de estudio	5.
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>Germinación y ecología de semillas</b>	
1. Viabilidad y germinación	
Introducción	7.
Objetivos	8.
Método	8.
Resultados	12.
Discusión de Resultados	19.
Conclusiones	23.
2. Ecología de semillas	
Introducción	24.
Objetivo	25.
Método	25.
Resultados	26.
Discusión de Resultados	26.
Conclusión	27.
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>Ecología de plántulas</b>	
1. Remoción y sobrevivencia de semillas	
Introducción	28.
Objetivo	29.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Método	29.
Resultados	30.
Discusión de Resultados	34.
Conclusión	34.
<b>2. Establecimiento de plántulas bajo dos estratos</b>	
Introducción	35.
Objetivo	35.
Método	35.
Resultados	37.
Discusión de Resultados	38.
Conclusión	39.
<b>Discusión general</b>	40.
<b>Conclusiones generales</b>	42.
<b>Literatura citada</b>	44.

#### ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Distribución de <i>Abies religiosa</i> en México	3.
<b>Figura 1.2</b>	Localización de la zona de estudio	6.
<b>Figura 2.1</b>	Prueba de viabilidad	9.
<b>Figura 2.2</b>	Pruebas de germinación y viabilidad	10.
<b>Tabla 2.1</b>	Relación entre la viabilidad y el tamaño de las semillas	12.
<b>Figura 2.3</b>	Relación entre el tamaño y la viabilidad de las semillas	12.
<b>Tabla 2.2</b>	Resultados de las pruebas de germinación y Viabilidad	13.
<b>Tabla 2.3</b>	Relación entre la germinación y la viabilidad con diferentes tratamientos	15.
<b>Tabla 2.4</b>	Estadísticos de ajuste	16.
<b>Figura 2.4</b>	Curvas de germinación	18.
<b>Figura 2.5</b>	Diseño experimental de la prueba de fotosensibilidad	25.
<b>Tabla 2.5</b>	Relación entre la calidad de la luz y la germinación	26.
<b>Figura 2.6</b>	Relación entre el promedio de germinación y la calidad de luz	26.
<b>Figura 3.1</b>	Diseño experimental de remoción y sobrevivencia	30.

F

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



<b>Figura 3.2</b>	<b>Remoción de las semillas con respecto a la densidad, encierro y a la interacción densidad x encierro</b>	<b>31.</b>
<b>Tabla 3.1</b>	<b>ANOVA de dos vías de los resultados de la remoción de las semillas con respecto a la densidad, al encierro y su interacción</b>	<b>31.</b>
<b>Figura 3.3</b>	<b>Sobrevivencia de las semillas con respecto a la densidad, el encierro y su interacción</b>	<b>32.</b>
<b>Tabla 3.2</b>	<b>ANOVA de dos vías de los resultados de la sobrevivencia de las semillas con respecto a la densidad, al encierro y su interacción</b>	<b>33.</b>
<b>Tabla 3.3</b>	<b>Prueba de Rango Múltiple de Duncan</b>	<b>33.</b>
<b>Figura 3.4</b>	<b>Diseño experimental de las semillas y plántulas bajo dos estratos y dos condiciones</b>	<b>37.</b>
<b>Tabla 3.4</b>	<b>Relación entre el estado, la condición y su interacción en el establecimiento de las plántulas</b>	<b>37.</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TESIS  
CON  
FALLA DE  
ORIGEN**

## RESUMEN

Los bosques de *Abies religiosa* del Parque Nacional "Cumbres del Ajusco" se han visto constantemente alterados por acciones antropogénicas. Estas acciones modifican las condiciones del bosque, alterando tanto la producción como la germinación de las semillas, y posiblemente el comportamiento del banco de semillas. Con la finalidad de verificar la viabilidad de las semillas colectadas en el campo, se procedió a separarlas cualitativamente en dos categorías de tamaño: grandes (longitud aproximada de 0.9 cm - 1 cm) y chicas (intervalo de longitud aproximado de 0.75 cm - 0.85 cm) para posteriormente realizarles la prueba del Cloruro de Tetrazolio.

Para evaluar las propiedades de germinación y viabilidad se separó un lote de semillas grandes que posteriormente se dividió en pequeños lotes que fueron sometidos cada uno a diferentes combinaciones de temperatura, fotoperiodo y lavado. A las semillas que no germinaron con estos tratamientos se les aplicó la prueba del Cloruro de Tetrazolio para obtener el porcentaje de semillas latentes. Para conocer el efecto de la luz en la germinación y su relación con la posible formación de un banco de semillas, fue preciso someter a las semillas a tres tipos de luz: roja, blanca y rojo lejano.

Los resultados mostraron que las semillas grandes son más viables que las semillas pequeñas ( $p < 0.004$ ), que las semillas del oyamel son termosensibles y que contrario a la creencia que el aceite con el cual las semillas están cubiertas impide la germinación, el lavado de estos aceites posiblemente influyó en la propagación de hongos patógenos en las semillas. Además se encontró que el tipo de luz no afecta la germinación de las semillas ( $p > 0.05$ ), lo que implica que no se formará un banco de semillas o éste será transitorio.

En la evaluación de la remoción y la sobrevivencia de las semillas en el campo, se separaron varios lotes de semillas. Cada uno de estos lotes se dividió a su vez en dos sublotes uno de los cuales se aisló en encierros de malla de alambre y el otro se dejó sin encierro. Para observar la respuesta de las semillas y de las plántulas bajo diferentes estratos se colocó a la misma cantidad de semillas bajo 4 estratos. Por la notable ausencia de dispersores y al colocarse el experimento en plena época de lluvias (junio) se concluyó que las semillas fueron removidas por la lluvia. Se encontró además que la sobrevivencia de las semillas dependió de su densidad y que el traslado a otros sitios estuvo en función del tipo de encierro ( $p < 0.05$ ) al que fueron sometidas. La dinámica de las semillas y

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

plántulas dependió tanto de la condición (estrato; ( $p < 0.05$ )) como del estado (intacto o eliminado; ( $p < 0.05$ )) pero no de la interacción condición x estado ( $p > 0.05$ ).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **ECOLOGÍA DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS**

El ciclo de vida completo de una planta y la regeneración de las poblaciones vegetales dependen de los procesos de reproducción: la producción de individuos fisiológicamente independientes (Bazzaz y Ackery, 1992). Así como también dependen de que las semillas lleguen en el tiempo y en el lugar precisos. Estas pueden tener un estado fisiológico para germinar y establecerse como plántulas, quizás en un periodo limitado donde tengan oportunidad de regenerar el sitio donde se encuentran. En muchas especies, estos requerimientos se satisfacen por una estrategia de regeneración en la cual las semillas germinan una vez que caen al suelo. En otras especies, las semillas pueden permanecer largos periodos en el suelo, formando un banco de semillas (Murdoch y Ellis, 1992).

La germinación y la latencia son mecanismos de gran importancia adaptativa dando como resultado la emergencia de plántulas con mayor ventaja de espacio y tiempo. Las interacciones entre los agentes liberadores de la latencia - luz, temperatura y madurez- y la sensibilidad de la germinación a la luz, temperatura y estrés hídrico, son responsables de que la germinación se realice en situaciones o estaciones particulares (Bewley y Black, 1985).

La producción de semillas no es constante, pues se ve afectada por el tiempo, la densidad de la planta, la estructura de la población, las tasas de polinización y el nivel de defoliación, entre otros factores (Crawley, 1992). De esta manera, la sobrevivencia de las semillas tanto frescas como en latencia y la transición de semilla a plántula se vuelven procesos importantes en la historia de vida que pueden ser influenciados por dispersores y depredadores, así como por variaciones espacio-temporal en el ambiente abiótico (Silvertown, 1981; Fenner, 1985; Horvitz y Schemske, 1986; En: Horvitz y Schemske, 1994). Una vez que la semilla llegue al estadio de plántula, debe considerarse como una parte del ciclo de vida del árbol de suma importancia, pues un fracaso en los procesos adaptativos de este estadio puede eliminar a la especie (Gómez-Pompa y Del Amo, 1976).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO I

### EL BOSQUE DE OYAMEL EN MÉXICO

#### a) Tipo de Vegetación

Los oyameles se desarrollan en el tipo de vegetación de bosque templado, considerado dentro de los climas C de Köppen (Gómez-Pompa, 1985). Particularmente en climas templados-húmedos denominados C (w), cuya precipitación anual generalmente excede los 1000 mm (García, 1973). En términos generales del 80 al 94% de la precipitación anual cae de mayo a octubre; los meses secos abarcan de diciembre a marzo (Madrigal, 1967). La variación térmica que se presenta en esta vegetación es de 7 a 15°C (García, 1973).

Los bosques templados son muy característicos en la República Mexicana, presentan gran variedad florística y ecológica y ocupan cerca del 15% del territorio del país (Rzedowski, 1978). De manera general en los bosques de oyamel se encuentran cuatro estratos: el arbóreo superior, con especies del género *Pinus* y de *Abies religiosa*, el arbóreo inferior, formado por especies de *Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Salix*, *Prunus*, *Garrya*, *Buddleia* y otros. El arbustivo y el herbáceo están bien representados por los géneros *Senecio*, *Eupatorium*, *Stevia* y *Archibaccharis*. En el estrato rasante dominan los musgos y durante la época de lluvias existen numerosos hongos basidiomicetos. Las epífitas se encuentran como líquenes y musgos. Entre los líquenes encontrados están las especies de *Cladonia*, *Leptogium*, *Parmelia*, *Peltigera* y *Pseudovermia* además de *Usnea* que es muy abundante sobre el follaje de *Abies*. Los helechos y las orquídeas sólo son abundantes sobre *Alnus* y *Quercus*. La micoflora es diversa en los bosques de oyamel, entre los géneros de macromicetos se encuentran *Amanita*, *Acetabula*, *Boletus*, *Hebeloma*, *Lenzites*, *Melanoleuca*, *Sarcosphaera*, *Tremella* y *Xerulina* entre otros (Rzedowski, 1978).

Dentro de este tipo de vegetación los bosques de *Abies religiosa* se localizan preferentemente sobre pendientes pronunciadas, Madrigal (1967) cita pendientes que van del 17 al 35% para el Valle de México.

El tipo de suelos en los que se desarrollan mejor el oyamel son de Ando o también llamados húmicos de alófono, cuyas características principales es que tienden a ser profundos de color oscuro y húmedos pero bien drenados con gran cantidad de materia

horizontes (Anaya, 1962). También se encuentran suelos del tipo Litosol y Faeozem (Benítez y Equihua, 1986).

#### b) Distribución en México

La distribución geográfica natural de *Abies religiosa* abarca los paralelos 17°30' y 21°00' de latitud Norte y los 97° a 104°00' de longitud Oeste (Martínez, 1948). El Eje Neovolcánico Transversal concentra grandes extensiones de bosques de oyamel sobre todo en elevaciones como El Pico de Orizaba, Cofre de Perote, Nevado de Toluca, Nevado de Colima, cerro de Tancitaro (Hernández, 1985) así como El Ajusco, Popocatepetl e Iztaccíhuatl (Manzanilla, 1974). En la Sierra Madre del Sur existen manchones de bosques, en la zona del cerro Teotepec, en la Sierra de Igualatlaco y Sierra de Juárez en Oaxaca (Hernández, 1985); esta distribución se aprecia en la Figura 1.1.

El límite inferior de la distribución altitudinal en los bosques de *Abies religiosa* es de 2100 m localizado en el volcán de Colima, Jalisco y el límite superior se encontró en la Sierra del Ajusco, D.F. a los 3600 m (Manzanilla, 1974)

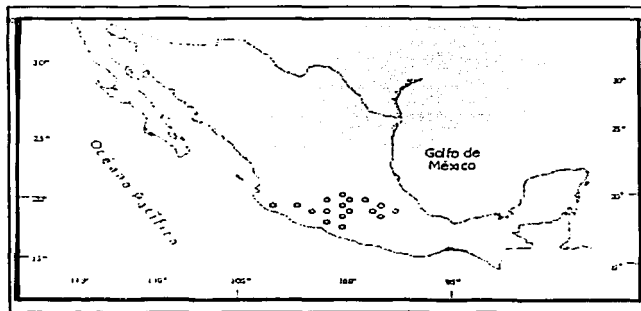


Figura 1.1 Distribución del *Abies religiosa* en México. Los puntos al centro del mapa muestran que el oyamel se localiza principalmente en el centro de México, sobre el Eje Neovolcánico Transversal (Hernández, 1985).

### c) Descripción y fenología de *Abies religiosa*

*Abies religiosa* es uno de los árboles mexicanos de más elegante porte. Las ramas laterales se acortan gradualmente hasta llegar a la punta formando así una copa cónica. Este abeto alcanza alturas de 35 a 40 metros y hasta 50 a 60 metros. El grosor del tronco llega a medir 1.2 m de diámetro, alcanzando en ocasiones 1.8 metros (Martínez, 1948).

El oyamel es una especie monoica es decir que ambos sexos se encuentran en un individuo. Los órganos femeninos y masculinos aparecen al mismo tiempo que las yemas vegetativas desde diciembre, los primeros continúan su desarrollo para alcanzar su madurez en los meses de marzo y abril, que es cuando ocurre la polinización. Una vez efectuada la polinización, se desprenden los amentos masculinos, los cuales se encuentran prácticamente en todo el árbol en las ramillas laterales. Las inflorescencias femeninas se concentran principalmente en la parte superior y maduran muy rápido. A partir del mes de noviembre del mismo año de la fecundación ya posee semillas capaces de germinar y entre diciembre del mismo año y enero del siguiente se diseminan las semillas al comenzar a desintegrarse los conos (Madrigal, 1967).

### d) Fauna

En la parte central del México existe fauna variada que incluye aves, como halcones y azulejos, roedores, como la ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), la tuza (*Pappogeomys merriami*), el conejo del monte (*Sylvilagus cunicularis*), el ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*) y el teporingo (*Romerolagus diazi*), además del Tlacuache (*Didelphis virginiana*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*) y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), entre otros (Aranda *et al.*, 1980; SEDUE, 1989).

Además existen diversos tipos de insectos, muchos de ellos considerados como plagas.

Existen insectos migratorios como la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), que hiberna principalmente en los bosques del estado de Michoacán.

### e) Aprovechamiento

El oyamel es una especie de gran valor de uso, en virtud de las características anatómicas de su madera. La madera es blanca, ligera, de textura mediana, de vetado suave y sin olor ni sabor. La albura es amarilla con tintes café claro y se diferencia del durámen por el color rojizo de este último (Martínez, 1948; Manzanilla, 1974). Se emplea



para hacer tejamaniles, viguetas y jirones. Ortega (1962) la recomienda para obtener pulpa para la fabricación de papel, que es su principal forma de aprovechamiento. Se utiliza también para elaborar cajas y canastas y por su color claro y carencia de olor, se le prefiere para la hechura de empaques para alimentos.

Con ella también se construyen persianas, tablillas para lápices, puertas, marcos y techos interiores. Madrigal (1967) menciona también su uso en la producción de postes para líneas de transmisión así como de durmientes. Martínez (1948) afirma que la trementina de los troncos jóvenes, llamada "aceite de palo" o "trementina de oyamel" se utiliza como bálsamo en la medicina o en la fabricación de barnices.

El oyamel se utiliza también para árboles de navidad (Chapa, 1976) y sus ramas se utilizaban en las ceremonias religiosas y sacrales (Martínez, 1948).

La majestuosidad y belleza de los bosques de oyamel los hace muy atractivos al turismo y al recreo (Rzedowski, 1978). Además se estima que una de las funciones básicas de estos bosques es el control de la erosión y la conservación ecológica (Hernández, 1985)

## **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El Parque Nacional "Cumbres del Ajusco", fue decretado como tal el 23 de septiembre de 1936 y cuenta con una superficie aproximada de 920 hectáreas. Comprende la parte más alta de la Serranía del Ajusco, donde es posible apreciar tres importantes elevaciones. El Cerro de la Cruz del Marqués (3710m), el Cerro Pico del Águila (3929 m) y el Cerro Santo Tomás (3710 m), además del volcán Xitle con una altura de 3121m (SEDUE, 1989; Moguel, 1991).

### **a) Localización**

El Ajusco se localiza en la Delegación Tlalpan, al sur del Distrito Federal (Figura 1.2); forma parte de la Sierra del Chichinautzin y constituye el límite orográfico al sur del Valle de México. Ocupa una franja altitudinal que va de los 2800 a los 3929 m en el Pico del Águila (Benítez y Equihua, 1986; Moguel, 1991). Se encuentra entre los paralelos 19° 10' y 19° 20' de latitud Norte y los 99° 00' y 99° 20' de longitud Oeste (SEDUE, 1989)

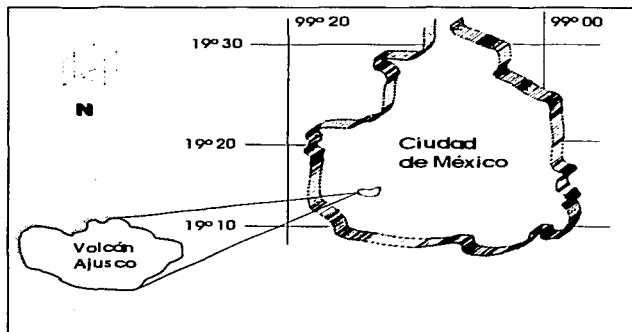
## b) Clima

De acuerdo con las variaciones locales de la altitud y el relieve, es posible distinguir dos zonas climatológicas:

- i) una zona templada con verano fresco largo y con lluvias en la misma estación [C(w) (w2) i g] según la clasificación de Köppen, modificada por García (1973). Comprende áreas que fluctúan entre los 2800 y los 3500 m.s.n.m y
- ii) una zona también templada pero con verano frío y corto [C(w) c]. Abarca las zonas más allá de los 3500 m de altitud. La temperatura del mes más frío varía entre 3°C y 8°C (García,1986; Benitez y Equihua ,1986)

## c) Geología

En el Pleistoceno y Plioceno surgieron los volcanes que formaron el Ajusco. Los procesos que dieron origen al Ajusco todavía están activos y constituyen las fuerzas que en la actualidad siguen formando el Eje Neovolcánico Transversal. El tipo de roca predominante es la volcánica de las que se encuentran basaltos residuales, aluviones, andesitas, cuarzos y piedra pómez (INEGI, 1984; Benitez y Equihua,1986).



**Figura 1.2 Ubicación de la zona de estudio.** Se muestra la localización del Parque Nacional "Cumbres del Ajusco" al sur de la Ciudad de México (SEDUE, 1989).

## CAPÍTULO II

### GERMINACIÓN Y ECOLOGÍA DE SEMILLAS

La heterogeneidad en la cobertura del dosel de los bosques del oyamel en el Eje Neovolcánico es una de las condiciones que determinan la apropiación del piso forestal por parte de las plantas del sotobosque, que dificultan la regeneración natural debido a que la competencia que dichas plantas establecen con las plántulas del oyamel les impide a éstas últimas regenerar las zonas carentes de árboles (Rendón *et al.*, 1997)

Por tanto, en la primera parte de este capítulo se pretenden conocer las propiedades de viabilidad y germinación de semillas de oyamel; así como las condiciones del medio que permiten la germinación para conocer el potencial de regeneración de los bosques de oyamel del Parque Nacional "Cumbres del Ajusco". Para ello se realizaron pruebas de viabilidad con cloruro de tetrazolio y pruebas de germinación bajo condiciones de laboratorio.

#### 1. VIABILIDAD Y GERMINACIÓN

##### INTRODUCCIÓN

La germinación se considera como la continuación del crecimiento embrionario, resultado de la ruptura de la cubierta de la semilla y la emergencia de una planta joven o plántula potencialmente independiente (Kramer y Kozłowski, 1979). Para que la germinación se lleve a cabo es importante que las semillas estén completas y sean viables, aunque se sabe que dicha condición no basta para que las semillas germinen (Spurr y Barnes, 1992)

La germinación se divide en tres etapas principales (Côme y Corbineau, 1989):

1. Imbibición: es la rápida toma de agua de la semilla para aumentar los procesos respiratorios;
2. Germinación *sensu stricto*: es la activación de los procesos embrionarios los cuales no están acompañados por ningún cambio morfológico aparente. Considerada como la verdadera germinación, esta es la fase crucial del proceso de germinación.
3. Crecimiento: es el momento en el que la radícula comienza a salir de la cubierta seminal.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para que la semilla germine es necesario que el microsítio sea el adecuado (Whitermore, 1992). Así, con las condiciones adecuadas de temperatura y humedad la semilla puede germinar casi inmediatamente después de haber caído al suelo. La temperatura óptima para la germinación de las semillas se considera cuando se da el más alto porcentaje de germinación en el tiempo más corto (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

Para los bosques templados –en general- se considera que la germinación está supeditada al clima y cuando este no es favorable las semillas entran en estado de latencia o letargo. Con esta estrategia las semillas retrasan la germinación hasta que se presenten condiciones favorables (Kramer y Kozłowzki, 1979; Vázquez-Yánes y Orozco-Segovia, 1984; Fenner, 1984; Bewley y Black, 1985). Por ejemplo, se sabe las semillas de algunas especies de bosques templados requieren permanecer a bajas temperaturas (aproximadamente a 4°C) durante cierto tiempo antes de poder germinar (Baskin y Baskin, 1998)

Existen varios métodos eficaces para medir la latencia de las semillas como son las sales de Selenio y Telurio y el indigo Carmin, además del Cloruro de Tetrazolio.

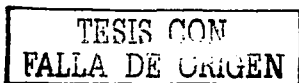
El más utilizado es el Cloruro de Tetrazolio (1,2,3-cloruro de difeniltetrazolio), pues su técnica es más rápida y es menos tóxico. Esta sal actúa al reducirse en las células vivas y pasar de un líquido incoloro a uno rosa o rojo en presencia de deshidrogenasa. Esta técnica se basa en la oxidación de los nutrientes del embrión (Kramer y Kozłowzki, 1979).

#### **OBJETIVOS:**

- 1. Determinar los requerimientos de luz y temperatura para la germinación de las semillas de oyamel del Ajusco**
- 2. Comparar la viabilidad entre dos tamaños de semillas (grandes y chicas) para conocer el potencial de establecimiento de nuevos individuos.**

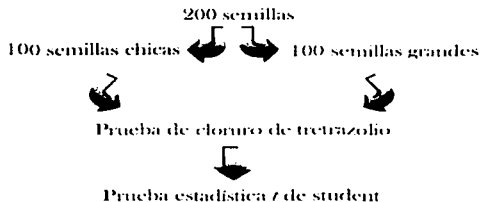
#### **MÉTODO**

Para las pruebas de viabilidad y germinación se colectaron conos de oyamel provenientes del Ajusco durante enero de 1997. Las semillas de estos conos se separaron y fueron clasificadas cualitativamente en dos categorías de tamaño. Aquéllas semillas que se consideraron “grandes” fueron seleccionadas por su robustez aparente que contó con un



diámetro y longitud mayores (longitud aproximada de 0.9 cm - 1.0 cm) que las semillas "chicas" que resultaron conspicuas por su menor longitud y diámetro (intervalo de longitud de 0.75cm - 0.85 cm aproximadamente).

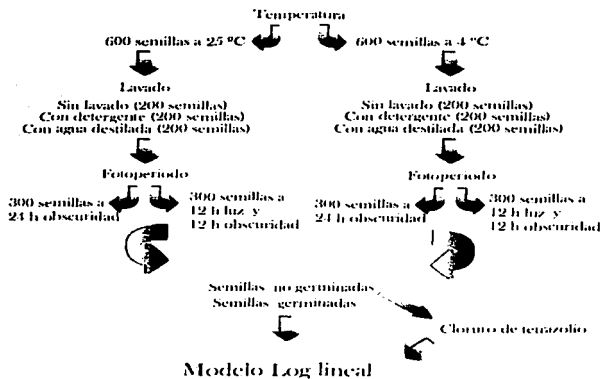
Para determinar la viabilidad se utilizó la prueba del Cloruro de Tetrazolio (CTZ) en 100 semillas grandes y 100 semillas chicas. Esta prueba consistió en imbibir las semillas durante 24 horas, posteriormente los embriones fueron expuestos, mediante la separación de éstos y el endospermo al CTZ y se registró el número de embriones de cada tipo que se colorearon después de 48 horas, para posteriormente determinar el porcentaje de viabilidad (Figura 2.1).



**Figura 2.1. Prueba de viabilidad.** Se muestra el diseño de la prueba de viabilidad efectuada a 100 semillas grandes y 100 semillas chicas utilizando Cloruro de Tetrazolio.

Los lotes (semillas grandes contra semillas chicas) fueron comparados utilizando una prueba de  $t$  de Student en el paquete estadístico SYSTAT (Systat W5, 1992).

Para la prueba de germinación se utilizaron 1200 semillas grandes. Con el objeto de conocer si la temperatura es un factor determinante para la germinación éstas fueron expuestas a un pretratamiento que consistió en someter a 600 semillas a una temperatura (4°C) durante 15 días y las restantes 600 se mantuvieron a temperatura ambiente de aproximadamente 25°C (Figura 2.2).



**Figura 2.2. Pruebas de germinación y viabilidad.** Se muestra el diseño experimental para las pruebas de germinación y viabilidad. La Temperatura a 25°C es la temperatura ambiente, mientras que la Temperatura a 4°C es la temperatura fría y se denominó temperatura 2. El Fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad es el Fotoperiodo 1, en tanto que el Fotoperiodo de 24 horas en oscuridad total se denominó fotoperiodo 2. El número de semillas por tratamiento fue n = 100.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Posteriormente cada lote de 600 semillas fue dividido en tres grupos y cada uno de ellos se sujetó a diferente condición de lavado. Esto con la finalidad de saber si la presencia de aceites en la semilla inhiben su germinación y si este fuera el caso, determinar si las semillas toleran y se ven beneficiadas en su germinación con lavado utilizando tanto agua como detergente. En el primer nivel de lavado las semillas no fueron lavadas y se denominó a éste como el "control" (C). El segundo consistió en lavar con detergente comercial en solución al 1% y se denominó "detergente" (D). En el tercer nivel las semillas se lavaron durante 15 minutos con agua destilada y se denominó "agua" (A). Cada nivel del lavado quedó con 400 semillas (200 previamente sometidas a 4°C y 200 conservadas a temperatura ambiente).

Una vez realizado lo anterior se llevaron a cabo los siguientes ensayos de germinación en germinadoras de ambiente controlado para los 12 lotes (1200 semillas):

Fotoperiodo 1 (1): se tomó a la mitad de la cantidad de semillas por nivel de lavado (600 semillas) y se sometió a un fotoperiodo de 12 horas luz a 22°C y 12 horas de obscuridad a 10°C

Fotoperiodo 2 (2): la otra mitad se destinó a un fotoperiodo de 24 horas en obscuridad total a 22°C durante el día y 12°C en la noche.

Las semillas se germinaron en agar bacteriológico en cajas de Petri. El número de semillas por tratamiento fue de 100. La cantidad de semillas germinadas se contó diariamente y el experimento terminó luego de tres días de no registrarse germinación en los tratamientos que recibieron luz.

A las semillas que no germinaron con los tratamientos anteriores se les aplicó la prueba del CTZ (Tabla 2.2). Las semillas que respondieron a esta prueba se sumaron a la cantidad de semillas germinadas con el objeto de obtener el número de semillas vivas (germinadas + latentes).

Para el diseño experimental planteado anteriormente se determinó realizar un modelo log-lineal (Tabla 2.3) en donde se involucró la proporción de semillas germinadas y viables. Esto con la finalidad de verificar la incidencia de los tratamientos de manera individual o en forma conjunta en las semillas.

Con los datos de germinación obtenidos por tratamiento se construyeron las respectivas curvas de germinación contra el tiempo. Estas curvas se ajustaron a un modelo logístico cuya ecuación es  $y = e^{a+bx}/1+e^{a+bx}$ . Las curvas de germinación

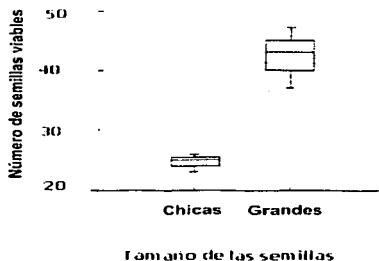
observadas se compararon con las ajustadas por el modelo. Los análisis se realizaron con GLIM 4 (Generalized Linear Models; Royal Statistical Society, London, 1992).

## RESULTADOS

La Tabla 2.1 muestra los resultados obtenidos en la prueba de viabilidad de semillas grandes y chicas. Se observa que la viabilidad de las semillas está relacionada con su tamaño ( $t = -5.818$ ). Esta relación muestra que las semillas pequeñas son menos viables que las semillas grandes (Figura 2.3).

**Tabla 2.1. Relación entre viabilidad y tamaño de las semillas del oyamel.** Se muestran los resultados de la prueba de  $t$  donde se comparó la viabilidad de dos tamaños de semillas provenientes del mismo lote.

Tamaño	Media $\pm$ (Error Estándar)	$t$	$p$
Semillas pequeñas	24.667 ( 2.147)	-5.818	0.004
Semillas grandes	42.333 ( 2.147)		



**Figura 2.3. Relación entre el tamaño de las semillas y su viabilidad.** Se muestra el promedio de semillas viables con respecto a su tamaño luego de aplicarles la prueba del Cloruro de Tetrazolio. La línea saliente superior de las cajas indica un máximo, la inferior muestra un mínimo, en tanto que la parte superior de las cajas manifiesta el Percentil 75, la línea intermedia es la mediana (Percentil 50) y la línea inferior en cada caja es el Percentil 25.



**Tabla 2.2. Resultados de las pruebas de germinación y viabilidad.** Se muestra la cantidad de semillas germinadas luego de que se les aplicaron los diferentes tratamientos. La cantidad de semillas latentes se obtuvo después de someter a las semillas que no germinaron a la prueba del Cloruro de Tetrazolio (CTZ). Las semillas muertas o no viables resultaron de la no respuesta a los tratamientos y al CTZ. Se obtuvieron los porcentajes de germinación y viabilidad. El número máximo de semillas por tratamiento fue de 100.

Tratamiento	Germinadas	Latentes	Muertas o no viables
C25-1	20	42	38
D25-1	5	54	41
A25-1	23	19	58
C4-1	24	11	65
D4-1	17	26	57
A4-1	20	15	65
C25-2	14	43	43
D25-2	2	27	71
A25-2	19	27	54
C4-2	19	30	51
D4-2	11	24	65
A4-2	34	9	57
<b>Porcentajes</b>	<b>17.33</b>	<b>27.25</b>	<b>55.42</b>

C25-1=Lavado control a temperatura ambiente y fotoperiodo 1, D25-1= Lavado detergente a temperatura ambiente y fotoperiodo 1, A25-1= Lavado con agua destilada a temperatura ambiente y fotoperiodo 1, C4-1=control a temperatura fría y fotoperiodo 2; D4-1=detergente a temperatura fría y fotoperiodo 1; A4-1=agua destilada a temperatura fría y fotoperiodo 1; C25-2=control a temperatura ambiente y fotoperiodo 2; D25-2=detergente a temperatura ambiente y fotoperiodo 2; A25-2=agua destilada a temperatura ambiente y fotoperiodo 2; C4-2=control a temperatura fría y fotoperiodo 2; D4-2=detergente a temperatura fría y fotoperiodo 2

Los números mostrados en la columna de "germinadas" corresponden a la germinación acumulada en 15 días, momento en que dejaron de germinar las semillas. La cantidad de semillas en latencia resultó del número de semillas que no germinaron y que respondieron a la prueba del CTZ al teñirse de rosa o rojo su embrión. Las semillas que no germinaron y que tampoco respondieron a la prueba del CTZ se muestran en la columna de "no germinadas" y su porcentaje (55.42%) es la diferencia del porcentaje total (100%) menos el porcentaje de las germinadas (17.33%) menos el porcentaje de las viables (27.25%).

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

El porcentaje de germinación se obtuvo de la relación del total de semillas sembradas en agar al inicio del experimento con respecto al total de semillas germinadas al término del experimento, en tanto que el porcentaje de semillas latentes se obtuvo de la relación de las semillas no germinadas pero viables al aplicarles la prueba del Tetrazolio.

A los datos obtenidos del experimento de germinación y viabilidad se les sometió a un modelo log-lineal del tipo  $\ln f_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \alpha\delta_{il} + \beta\gamma_{jk} + \beta\delta_{jl} + \gamma\delta_{kl} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \alpha\beta\delta_{ijl} + \alpha\gamma\delta_{ikl} + \beta\gamma\delta_{jkl} + \alpha\beta\gamma\delta_{ijkl}$  (Sokal y Rohlf, 1995).

Donde:  $\alpha$  = temperatura;  $\beta$  = fotoperiodo;  $\gamma$  = lavado;  $\delta$  = destino;  $\alpha\beta$  = temperatura-fotoperiodo;  $\alpha\gamma$  = temperatura-lavado;  $\alpha\delta$  = temperatura-destino;  $\beta\gamma$  = fotoperiodo-lavado;  $\beta\delta$  = fotoperiodo-destino;  $\gamma\delta$  = lavado-destino;  $\alpha\beta\gamma$  = temperatura-fotoperiodo-lavado;  $\alpha\beta\delta$  = temperatura-fotoperiodo-destino;  $\alpha\gamma\delta$  = temperatura-lavado-destino;  $\beta\gamma\delta$  = fotoperiodo-lavado-destino;  $\alpha\beta\gamma\delta$  = temperatura-fotoperiodo-lavado-destino.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Tabla 2.3. Relación entre la germinación y la viabilidad de las semillas con la acción de diferentes tratamientos de manera individual o en interacción doble o triple. Se muestran los resultados obtenidos después de la aplicación del modelo log-lineal (tabla de contingencia  $n$ -dimensional) donde se definen las diferentes respuestas de las semillas a los tratamientos cuando éstos se aplican solos o en interacción doble o triple.**

<b>Fuente</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>% de devianza explicada</b>	<b>g.l.</b>	<b>p</b>
Tem*fol*lav	202.44	100	23	
Tem*fol*lav*des	9.88	4.88	2	<0.05
Fot*lav*des	5.435	2.68	2	5.991
Tem*lav*des	4.935	2.43	2	5.991
Temp*fol*lav	1.567	0.77	2	5.991
Tem*fol*des	0.041	0.02	1	5.991
Lav*des	67.68	33.43	2	<0.05
Fot*des	0.518	0.25	1	3.841
Fot*lav	12.67	6.25	2	<0.05
Tem*des	43.54	21.50	1	<0.05
Tem*lav	2.393	1.18	2	5.991
Tem*fol	4.73	2.33	1	3.841
Lav	6.61	3.26	2	<0.05
Fot	0.707	0.34	1	3.841
Tem	7.39	3.65	1	<0.05
Des	34.29	16.93	1	<0.05
Error	0.054	0.02		
Total	202.44	100	23	

X<sup>2</sup><sub>0.05, 2</sub> ( $\alpha=5\%$ , g.l = 2), X<sup>2</sup><sub>0.05, 1</sub> ( $\alpha=5\%$ , g.l = 1). Tem = temperatura; fol = fotoperiodo; lav = lavado; des = destino. La notación "\*" entre factores, indica la suma de los factores y sus interacciones; por ejemplo: lav\*des indica lav+des+lav\*des, mientras que la notación "\*" entre factores se refiere a su interacción.

Para obtener la respuesta de las semillas a los tratamientos, los resultados de germinación y viabilidad se ajustaron a un modelo log-lineal corrido en GLIM 4, con probabilidad de distribución binomial y función de enlace LOGIT.

El modelo completo se construyó con los tratamientos planteados al inicio del experimento de germinación. A este modelo se sumó otro término llamado destino (des) referido a la respuesta de las semillas (germinadas o latentes) al aplicarles los diferentes tratamientos. Para verificar la respuesta de las semillas con respecto a la sustracción de los tratamientos se fueron restando paulatinamente uno o dos tratamientos del modelo original como es posible apreciar a lo largo de la Tabla 2.2. La devianza aproximada por  $X^2$  se modificó en cada extracción o adición de factores. Así, un término muy significativo cambiará considerablemente la devianza (Crawley, 1993) y el efecto del factor o factores y/o sus interacciones se consideró significativo con una probabilidad de  $X^2$  calculada mayor a la de tablas con una  $\alpha = 0.05$ .

**Tabla 2.4 Estadísticos de ajuste.** Se muestran los parámetros "a", "b" y error estándar correspondientes al modelo  $y = e^{a+bx}/1+e^{a+bx}$  para cada tratamiento. En los tratamientos 4-1 se aprecia que la ordenada "a" se mantuvo constante, en tanto que la pendiente "b" fue variando, mientras que para el resto de los tratamientos "a" varió y "b" se mantuvo constante

Tratamientos	a	b	Error Estándar
C25-1	-3.905	0.327	0.3743
D25-1	-4.067	0.327	0.6370
A25-1	-3.357	0.327	0.3923
C25-2	-2.450	0.327	0.7617
D25-2	-5.730	0.327	1.449
A25-2	-3.710	0.327	0.9387
C4-1	-3.412	0.324	0.0293
D4-1	-3.412	0.303	0.0536
A4-1	-3.412	0.331	0.0444
C4-2	-3.490	0.327	0.9474
D4-2	1.190	0.327	1.6880
A4-2	0.568	0.327	1.1840

C25-1=Lavado control a temperatura ambiente y fotoperiodo 1, D25-1= Lavado detergente a temperatura ambiente y fotoperiodo 1, A25-1= Lavado con agua destilada a temperatura ambiente y fotoperiodo 1, C4-1=control a temperatura fría y fotoperiodo 2; D4-1=detergente a temperatura fría y fotoperiodo 1; A4-1=agua destilada a temperatura fría y fotoperiodo 1; C25-2=control a temperatura ambiente y fotoperiodo 2; D25-2=detergente a temperatura ambiente y fotoperiodo 2; A25-2=agua destilada a temperatura ambiente y fotoperiodo 2; C4-2=control a temperatura fría y fotoperiodo 2; D4-2=detergente a temperatura fría y fotoperiodo 2.

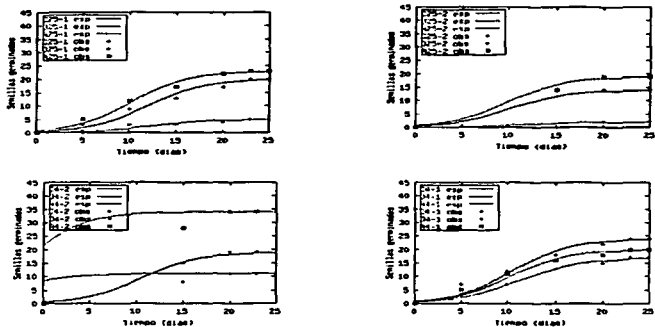
El ajuste de las curvas al modelo logístico se reflejó en el coeficiente de determinación ( $r^2= 0.9175$ ) obtenido por el método de regresión lineal procesado en GLIM (Generalized Linears Models; Royal Statistical Society, London, 1992).

Al aplicar el modelo logístico a cada uno de los datos observados, se obtuvieron los datos ajustados con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) muy cercano a 1, lo cual implicó que los datos ajustados fueron similares a los observados. El ajuste se realizó para observar el comportamiento de los datos y poder predecir su comportamiento a través del tiempo.

Cada tratamiento obtuvo un porcentaje de germinación distinto al de los otros (Tabla 2.2) y su significancia se observa en la Tabla 2.3. Los datos se corrieron en el paquete estadístico GLIM 4 (Royal Statistical Society, London, 1992).

El tratamiento al que respondieron mejor las semillas fue el agua destilada combinada con temperatura fría y fotoperiodo dos (A4-2), como se muestra en la Tabla 2.2. El más pobre porcentaje de germinación se obtuvo con el tratamiento de detergente a temperatura ambiente y fotoperiodo dos (D25-2), esto se aprecia en la Tabla 2.2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 2.4 Curvas de Germinación.** Se observa la relación entre las curvas ajustadas y los datos observados. a) los tratamientos C25-1, A25-1 Y D25-1 se refieren a cada uno de los niveles del lavado: C (Control), A (agua destilada) y D (detergente diluido); a temperatura ambiente (25) y a un fotoperiodo con 12 horas luz y 12 horas oscuridad (1); b) los tratamientos C25-2, A25-2 Y D25-2 variaron sólo en el fotoperiodo que fue de 24 horas en oscuridad total (2); c) los tratamientos C4-2, D4-2 y A4-2 obedecieron a los mismos niveles del lavado (C, D y A), a temperatura fría (4) y fotoperiodo en total oscuridad (2), d) mismos niveles del lavado, temperatura fría y fotoperiodo con 12 horas luz y 12 horas oscuridad. esp= curvas esperadas; obs= curvas observadas

Debido a la homogeneidad de los datos, las tres primeras gráficas se ajustaron al modelo logístico manteniendo el parámetro "b" constante y variando el parámetro "a". Sólo los datos de la última gráfica que resultaron más heterogéneos se ajustaron al modelo variando "b" y manteniendo constante "a".

En las curvas de germinación acumulada hay un aumento en la germinación conforme pasa el tiempo hasta un máximo, por lo que se utilizan modelos logísticos. En las curvas logísticas la primera etapa es la de crecimiento logarítmico, donde el aumento en la germinación es muy grande con respecto a las etapas posteriores, a continuación se presenta la etapa de disminución de la germinación y el proceso de germinación decrece (inflexión) hasta llegar a la etapa donde ya no hay más

germinación y la curva permanece constante que es el momento en que se dibuja una meseta en la curva.

## **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### Viabilidad en semillas grandes y chicas

El que el tamaño de la semilla esté correlacionado con su viabilidad, como lo muestran la Tabla 2.1 y la Figura 2.3, es posiblemente una respuesta de que la cantidad de nutrimentos almacenados está en función del tamaño de la semilla (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992). En consecuencia las semillas grandes permanecen más tiempo vivas que las pequeñas. Es de preguntarse entonces la razón por la que la planta produce semillas pequeñas, con baja viabilidad y una cantidad pequeña de reservas.

Una variedad de mecanismos fisiológicos y vicisitudes en el desarrollo de las semillas son responsables de la existencia en la variación de su tamaño, en resumidas cuentas el tamaño de las semillas varía en mucho menor medida que su abundancia un año tras otro. La razón de esto es que es mejor producir pocas semillas viables que muchas poco viables (Harper *et al.*, 1970). Aún así, la producción de semillas relativamente pequeñas, seguramente proporciona una mayor probabilidad de reclutamiento si las condiciones de germinación y crecimiento de las plántulas resultantes son favorables.

### Germinación y viabilidad

El porcentaje de germinación total para las semillas del *Abies religiosa* luego de aplicarles los diferentes tratamientos fue de 17.33% (Tabla 2.2). Es muy probable que los diferentes tratamientos aplicados hayan contribuido de manera particular a evitar la germinación y de esta manera obligar a muchas semillas a que permanecieran en latencia y por consiguiente a disminuir el porcentaje de germinación. Esto sugiere un mayor número de semillas latentes que germinadas (Tabla 2.2).

En la Tabla 2.2 se aprecia que bajo el tratamiento A4-2 germinó la mayor cantidad de semillas (34) con respecto a los demás tratamientos. La combinación de estos tres factores ocasionó que las semillas respondieran favorablemente. Es probable que la obscuridad total incidiera en la fisiología de la semilla de tal forma que haya respondido mejor a bajas temperaturas lo que coincide con la afirmación de Rzedowski (1978) de que las semillas del oyamel responden mejor a bajas temperaturas por tener

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

un origen boreal. Aunado a esto la adición de agua es una condición esencial para la germinación de las semillas (Hilhorst y Karssen, 1989).

Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1984), afirman que la presencia de aceites en las semillas incide inversamente en su viabilidad. Es decir, a mayor cantidad de aceites presentes en las semillas su viabilidad será menor y germinarán por lo tanto menos. En este sentido se decidió utilizar detergente para disolver los aceites esenciales localizados en las vejigas externas de las semillas y verificar el número de semillas germinadas. Sin embargo, en el presente estudio se encontró que el menor número de semillas germinadas (5 y 2) corresponde a los tratamientos con detergente (D25-1 y D25-2, respectivamente). En otras palabras, el aceite presente en las semillas del oyamel no disminuye su germinación y si incide en la germinación su lavado. En resumen, posiblemente fue el lavado del aceite presente en las vejigas de las semillas del oyamel el que ocasionó una menor germinación, ya que muchas de las semillas sometidas a los tratamientos con detergente se vieron invadidas por hongos (obser. per.). Una posible explicación a este resultado se encuentra en el estudio realizado por Bohlmann (et al., 1998) a *Abies grandis* (una conífera de Norteamérica) donde se indujo la biosíntesis del (E)- $\alpha$ -bisaboleno (un tipo de terpenoide) y se llegó a la conclusión de que este aceite es parte de la respuesta defensiva de ésta conífera hacia insectos herbívoros y posiblemente también hacia hongos patógenos. Aunado a esto, se ha comprobado que algunas especies de coníferas producen aceites esenciales (terpenos) para evitar ser devastadas por insectos (Nault y Alfaro, 2001). Aunque el papel que juegan los terpenos en la ecología de la germinación no es actualmente bien conocido (Baskin y Baskin 1998), es posible que las semillas sin este tipo de defensas se vuelvan más susceptibles y que muchas de ellas mueran antes de germinar.

#### Modelo log-lineal

El paquete estadístico GLIM 4 (Generalized Linear Models) transforma los resultados a proporciones tradicionalmente mediante el arco seno de su raíz cuadrada (Zar, 1984; Crawley, 1993) y probit. El tipo de distribución del error es binomial. La transformación probit se utiliza para linealizar las relaciones entre el porcentaje de mortalidad y los tratamientos (Crawley, 1993). De esta manera, se observó el número de semillas que respondieron favorablemente a los tratamientos y las que no respondieron a éstos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



La diferente respuesta de las semillas (germinadas o latentes) denotada por des (destino) tuvo influencia en el modelo ( $P < 0.05$ ) como es posible apreciar en la Tabla 2.3. El hecho de que las semillas germinaran o permanecieran en latencia estuvo probablemente determinado por el tratamiento que se les aplicó. El efecto de un solo tratamiento como la temperatura (Tem) contribuyó a explicar el 3.65% de la devianza total ( $X^2 = 7.39$ ) lo que indica que este factor por sí solo tuvo influencia en la respuesta de las semillas. El fotoperiodo (Fot) fue un factor que no tuvo influencia en el modelo por su baja devianza ( $X^2 = 0.707$ ); es decir, las semillas respondieron independientemente de la aplicación de este factor. El lavado (Lav) en acción individual resultó ser un término significativo ( $P < 0.05$ ) lo cual quiere decir que las semillas germinaron de forma diferente entre niveles de lavado.

Probert, (1992) sostiene que la temperatura junto con la humedad aumenta la tasa de deterioro en la semilla, sin embargo, en el presente estudio se encontró que las dobles interacciones de la temperatura con el fotoperiodo (Tem\*fot) y de la temperatura con el lavado (Tem\*lav) no tuvieron mayor aporte al modelo y por lo tanto las semillas no se vieron afectadas de manera significativa por estas dos dobles interacciones con base al porcentaje explicado de la devianza total. En cambio en la interacción de la temperatura con el destino (Tem\*des) la devianza cambió considerablemente ( $X^2 = 43.54$ ) y fue significativa ( $P < 0.05$ ). La temperatura constituyó un factor relevante en el destino de las semillas ya que la temperatura determina el estado de latencia en las mismas tal y como sucede en algunas especies del género *Lactuca* (Hilhorst y Karssen, 1989). En semillas de especies de bosques templados como *Acer* y *Fagus* se ha observado que necesitan bajas temperaturas (invierno) como una condición indispensable para que en primavera puedan romper la latencia. De la misma manera las semillas de *Zizania palustris* requieren de enfriamiento como un mecanismo natural para que la germinación ocurra en primavera (Probert, 1992). De igual forma las semillas de muchas coníferas como el oyamel requieren de la temperatura del invierno (aproximadamente 4°C) para que su germinación pueda ocurrir cuando la temperatura ha ascendido lo suficiente (Baskin y Baskin, 1998), que para este caso es en verano. De esta forma las semillas que fueron sometidas al pretratamiento de 4°C, germinaron más que las que no se sometieron a este enfriamiento (Figura 2.4), pues como afirma Washitani (1984) el comportamiento ecológico de las plantas superiores de manera general está gobernado por la temperatura.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La interacción del fotoperiodo con el lavado (Fot\*lav) implicó un aporte importante al modelo pues esta interacción explicó un 6.25% de la devianza total. Este resultado se debió a que al variar el fotoperiodo (horas luz y temperatura) y el tipo de lavado en alguno de sus niveles, cambió la germinación pues cuando se imbebe una semilla su respuesta a la luz es diferente de cuando no se sumerge en agua (Hart,1988). En la interacción del lavado por el destino (lav\*des) se observó que la devianza registró un valor alto ( $X^2=67.68$ ). La explicación de esto es que probablemente el lavado en cualquiera de sus tres niveles (control, detergente o agua destilada) influyó marcadamente para que las semillas germinaran o permanecieran en latencia.

Ninguna de las interacciones triples causó un efecto significativo en las semillas, lo que implicó que las interacciones triples de este modelo no explicaron lo que ocurrió con las semillas en el experimento. La única interacción entre cuatro factores: temperatura, fotoperiodo, lavado y destino (Tem\*fot\*lav\*des), resultó significativa ( $P<0.05$ ).

#### Ajuste al modelo logístico

La curva logística se usa frecuentemente para describir los datos en proporciones (Crowley, 1993). El ajuste de los datos al modelo logístico (Tabla 2.4) fue bastante bueno ( $r^2=0.917$ ), probando con ello su bondad para analizar el comportamiento de la germinación en el tiempo (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996).

El comportamiento de los datos dio como resultado las curvas de la Figura 2.4.

En las gráficas a), b) y c) de la Figura 2.4 las curvas logísticas se dibujaron más nitidamente debido a que las semillas respondieron más constantemente a los tratamientos, obteniendo así datos más homogéneos, en tanto que para las curvas de la gráfica c) la respuesta de las semillas varió mucho en cada tratamiento lo que originó datos más heterogéneos, forzando de esta manera el ajuste.

En la gráfica a) las semillas que fueron sometidas a los tratamientos C25-1, D25-1 y A25-1 reflejaron una capacidad germinativa menor a las de la gráfica c) cuyas semillas se exhibieron a los tratamientos C4-2, D4-2 y A4-2. Esto debido a que las semillas del oyamel al ser de origen boreal (Madrigal, 1967) requieren de temperatura fría antes de poder germinar. Esta capacidad germinativa en las semillas se observa en la pendiente que dibujó cada una de las curvas, de este modo la pendiente en cada una de las curvas de la gráfica a) varió ligeramente (Tabla 2.4) pues bajo la temperatura

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ambiente a la que se sometieron, la respuesta de las semillas fue muy constante, en tanto que en los datos mostrados en la gráfica c) la respuesta de las semillas fue extremadamente variable lo que hizo que la pendiente fuera marcadamente diferente (Tabla 2.4). En tanto, las curvas de la gráfica b) con tratamientos C25-2, D25-2 y A25-2 presentaron menor número de semillas germinadas con relación a las curvas de la gráfica d), esto se explica con relación a la temperatura: existen semillas que requieren de un periodo frío para germinar (Probert, 1992; Baskin y Baskin, 1998) y este es el caso del oyamel; si no hay un enfriamiento previo muchas de las semillas no romperán la latencia y por lo tanto germinarán menos, mientras que si se someten a un periodo de enfriamiento la germinación se verá favorecida como lo mostraron las curvas de la gráfica d) cuyos tratamientos fueron C4-1, D4-1 y A4-1. El número de semillas germinadas también se manifestó en la pendiente en cada una de las curvas. Las curvas de la gráfica b) que tuvieron menor número de semillas germinadas presentaron pendientes menos pronunciadas, en tanto que las curvas de la gráfica d) mostraron pendientes más pronunciadas (Tabla 2.4).

#### CONCLUSIONES

1. Las semillas de *Abies religiosa* son termosensibles.
2. Las semillas grandes tienen mayor viabilidad que las semillas pequeñas. Esto sugiere que las semillas de mayor tamaño son las que se establecen, más que las de menor tamaño.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2. ECOLOGÍA DE SEMILLAS

En la segunda parte del presente capítulo se buscó conocer las propiedades fotosensibles en semillas del oyamel del Ajusco con la finalidad de conocer si la calidad de luz influye en la formación de un banco de semillas transitorio. Para ello se separaron lotes de semillas y se colocaron bajo diferentes fuentes de luz en condiciones de laboratorio.

### INTRODUCCIÓN

La luz es una condición ecológica que afecta la germinación de muchas semillas. Además la acción de la luz promueve el incremento en el crecimiento del embrión (Kramer y Kozłowski, 1979). Según Casal y Sánchez (1998) las semillas tienden a germinar donde el ambiente lumínico es favorable, ya que es en ese lugar donde posteriormente se establecerán como plántulas y completarán su ciclo de vida.

La respuesta a la luz de día por parte de las semillas va a depender de la especie y de la variación en la luz. Algunas presentan su máxima germinación en un fotoperiodo de 8-12 horas luz, pero no responden cuando ese fotoperiodo aumenta de 14-20 horas luz. Por ejemplo, las semillas del abeto Douglas (*Pseudotsuga manziensis*), germinan con fotoperiodos de 16 horas luz, pero no responden a uno de 8-12 horas luz (Kramer y Kozłowski, 1979).

En los procesos regulados por la luz, el fitocromo es el pigmento fotorreceptor que a la vez actúa como desinhibidor o desencadenador de los procesos fisiológicos involucrados en la germinación.

Según la respuesta que tengan las semillas a la luz se les divide en tres grupos: fotoblásticas positivas (germinan con la luz); fotoblásticas negativas (germinan en la oscuridad) e indiferentes a la luz.

En las semillas fotoblásticas positivas la luz roja (r, 660 nm) activa al fitocromo (P) transformándolo en fitocromo del rojo lejano (Pfr, 730 nm), mientras que la luz roja lejana (fr, 730 nm) lo desactiva convirtiéndolo en fitocromo de la luz roja (Pr, 660 nm).

El valor de la proporción de Pfr/Pt (conocida como fotoequilibrio) que induce la germinación, varía de una especie a otra. Este fotoequilibrio depende de la composición espectral bajo la cual se encuentre la semilla. Se dice, por ejemplo, que la composición

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

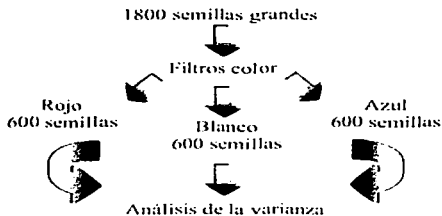
espectral de la cubierta vegetal es rica en rojo lejano (Franco 1986; Orozco- Segovia, 1989 ; Salisbury y Ross, 1992)

## OBJETIVO

**Establecer si existe fotosensibilidad en las semillas de *Abies religiosa* y las consecuencias que esto tiene con la posible formación de un banco de semillas.**

## MÉTODO

1. La prueba de fotosensibilidad se dividió en tres tratamientos: luz roja, luz del rojo lejano y el testigo (para los tratamientos de luz roja y luz del rojo lejano se utilizaron cajas filtro de acrílico);
  2. Se separaron 1800 semillas grandes y se dividieron entre los tres tratamientos;
  3. Se hicieron 24 repeticiones por cada tratamiento; es decir fueron 25 semillas por lote.
  4. Las semillas se sembraron en agar bacteriológico (Figura 2.5).
- El experimento terminó luego de 15 días después de los cuales ya no hubo germinación.
- El análisis que se llevó a cabo fue un ANOVA utilizando el paquete estadístico JMP (SAS, Institute, 1995).



**Figura 2.5 Diseño experimental de la prueba de fotosensibilidad.** El esquema muestra la distribución de las semillas entre los tres diferentes tipos de filtros.

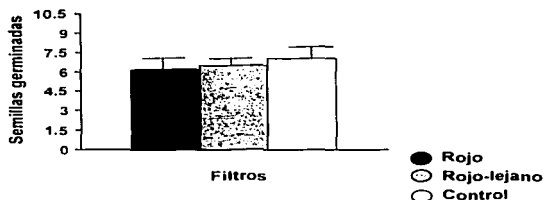
## RESULTADOS

**Tabla 2.5. Relación entre la calidad de la luz y la germinación de las semillas.** Se muestran los resultados de la prueba de fotosensibilidad llevado a efecto en semillas grandes de *Abies religiosa* luego de aplicarles un ANOVA.

Fuente	g.l.	S.C.	M. C.	F	p
Filtros	2	13.1944	6.5972	1.2345	0.2973
Error	69	368.750	5.3442		
Total	71	381.944	5.3795		

Los resultados mostrados en la Tabla 2.5 indican que la cantidad de semillas germinadas no dependió de la calidad de luz ( $P > 0.05$ ) a la que fueron sometidas.

Se utilizaron 25 semillas por lote y el promedio de semillas germinadas en función de la calidad de luz se aprecia en la Figura 2.6. En general en los tres tratamientos se observó un porcentaje de germinación que no alcanzó el 30%.



**Figura 2.6. Relación entre el promedio de semillas germinadas y la calidad de luz.** Se muestra la respuesta de las semillas en función del tipo de filtro bajo el que se colocaron para verificar su germinación. Las líneas verticales que atraviesan a las barras indican el error estándar

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las semillas del oyamel estudiadas en el laboratorio se mostraron indiferentes a la luz, es decir, que se comportaron como semillas no fotolábiles (Salisbury y Ross, 1992).

Esto es congruente con la falta de un banco de semillas: las semillas que no necesitan ningún tipo especial de luz para germinar no forman banco de semillas. *Abies*

*religiosa* no forma banco de semillas o éste es transitorio (Rendón-Salinas *et al.*, 1997), es decir, las semillas de *Abies* no son fotoblásticas y las semillas no fotoblásticas no forman banco de semillas (Orozco-Segovia, 1989). Lo anterior implica que el oyamel pertenece al reducido grupo de especies (5%) cuya respuesta a la luz es indiferente (Côme, 1970).

Una de las especies que presenta indiferencia a la luz para su germinación es *Goodyera repens*, una orquídea terrestre. Estudios realizados por Mckinley, (1995), demostraron que tanto en la luz roja como con luz fluorescente, las semillas tuvieron un nivel de germinación similar. Adicionalmente, los tratamientos con luz azul y luz ultravioleta no mostraron diferencias significativas de los colocados en obscuridad continua.

Otra especie que no requiere de luz para su germinación es *Agropyron cristatum*, un pasto perenne, que se desarrolla en sitios abiertos de comunidades de pinos piñoneros, juniperos y pino ponderosa. Este pasto requiere poca humedad y presenta tolerancia intermedia a la sombra (Dillman, 1946; Harris, 1967; Johnson, 1983).

#### CONCLUSIÓN

Las semillas de *Abies religiosa* no son fotosensibles y por lo tanto se espera que formen un banco de semillas transitorio o que no formen banco de semillas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO III

### ECOLOGÍA DE PLÁNTULAS

La sobrevivencia y el establecimiento de las plántulas son de capital importancia para la ocurrencia de los bosques de oyamel del Ajusco. Es fundamental que el ambiente en el que se desarrolle la planta joven sea el más adecuado y en función a ello ésta pueda sobrevivir.

La calidad del sitio es muy importante para que la semilla absorba el agua y los nutrimentos adecuados y esto repercute en el buen desarrollo de la plántula. Es por ello que en este capítulo se persigue conocer la manera en que las semillas y plántulas de oyamel son capaces de establecerse y sobrevivir en su ambiente natural. Para ello el método efectuado en campo se planteó en dos direcciones: verificar la remoción y la sobrevivencia de las semillas, así como vigilar el establecimiento y la sobrevivencia de las plántulas al colocarlas bajo dos diferentes estratos.

#### 1. REMOCIÓN Y SOBREVIVENCIA DE SEMILLAS

##### INTRODUCCIÓN

Definiremos aquí a la remoción como el traslado o movimiento de las semillas posterior a la dispersión. El movimiento de las semillas se puede deber a diversos factores ya sean físicos (lluvia o pendiente) o biológicos (insectos, pájaros o mamíferos). La época de lluvias en el Ajusco comienza en el mes de mayo y culmina en octubre, durante estos 6 meses la cantidad de lluvia es del 80-94% (Madrigal, 1967), lo que implica que el transporte por lluvia sea muy probable. Aunado a esto, las semillas aladas de muchas coníferas (*Pinus jeffreyi*, *P. ponderosa* y *P. contorta*) además de *Abies religiosa*, son típicamente dispersadas a distancias cortas del árbol padre (Isaac, 1930; Boyer, 1958; Mc Caughey *et al.*, 1986; Green y Johnson, 1986; En: Vander Wall, 1994). Muchas de estas semillas son rápidamente removidas por vertebrados que pueden ocasionar su muerte (Vander Wall, 1994).

El oyamel es una especie muy exigente, de tal forma que si sus semillas son removidas de un sitio a otro y las semillas capaces de germinar no encuentran agua no crecerán igual que las otras semillas, de esta forma perderán la oportunidad de obtener la luz solar necesaria sin la cual seguramente no sobrevivirán (Harold y Hocker, 1984).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Para verificar la remoción de las semillas se utilizaron lotes de semillas aislados en mallas de alambre y lotes no aislados (Gryj, 1990; Martínez, 1995) los que han demostrado ser muy efectivos.

## **OBJETIVO**

**Evaluar el destino de las semillas en el campo una vez que han sido dispersadas y depositadas en el suelo.**

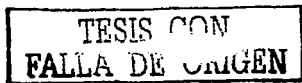
## **MÉTODO**

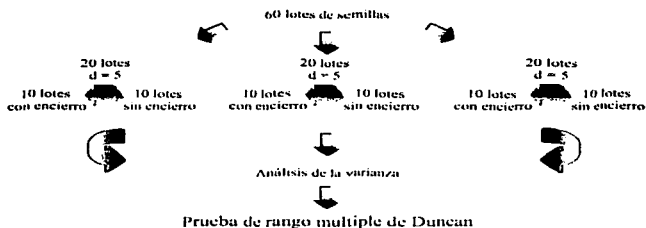
En el bosque de oyamel del Ajusco se llevó a cabo el experimento de remoción y sobrevivencia de las semillas. Para ello se separaron 60 lotes de semillas mismos que se dividieron en 3 grupos de 20 lotes, cada uno con diferente densidad de semillas por lote: 20 lotes de 5 semillas cada uno, 20 lotes de 15 semillas cada uno y 20 lotes de 50 semillas cada uno; esto se hizo con la finalidad de conocer si la depredación de semillas es dependiente de la densidad a la que se encuentran. Luego, para saber si las semillas eran removidas de su sitio, cada grupo de 20 lotes se dividió a la mitad, de tal forma que 10 lotes de cada grupo se colocaron en encierros de malla de alambre de 30x30 cm y los otros 10 lotes se dejaron sin encierro (Figura 3.1). Todos los lotes (con encierro y sin encierro) se localizaron a partir de 6 árboles jóvenes que se seleccionaron al inicio del experimento. Con el objeto de ubicar a los lotes de semillas a partir del árbol seleccionado se les asignó distancia (2 a 10 m) y ubicación alrededor de éste (0 a 360°).

Los lotes ya divididos, su ubicación y su distancia se determinaron por medio de una tabla de números aleatorios. De tal forma que al final cada árbol tuvo un cierto número de lotes asignados por azar con distancia y orientación también determinadas al azar.

Esto se realizó en el mes de junio de 1997 y el registro del destino de las semillas se llevó a cabo en el mes de agosto del mismo año.

Los resultados de este diseño se sometieron a un ANOVA de 2 vías y posteriormente a una Prueba de Duncan. Ambos análisis se efectuaron en el paquete estadístico JMP (SAS, Institute, 1995).





**Figura 3.1. Diseño experimental de Remoción y sobrevivencia.** Se muestra el diseño experimental llevado a cabo para verificar la remoción y la sobrevivencia de las semillas del oyamel en el campo. A los resultados obtenidos se les realizó un ANOVA de 2 vías y posteriormente una Prueba de Duncan. d = densidad de semillas.

## RESULTADOS

Los resultados de remoción y sobrevivencia se obtuvieron en porcentajes de tal forma que el mayor porcentaje de remoción fue del 100% y el mayor porcentaje de sobrevivencia se contó como el 100%. Para que la distribución de los datos se comportara aproximadamente normal, los porcentajes se convirtieron a proporciones y luego las proporciones se transformaron mediante el arcoseno de su raíz cuadrada (Zar,

1984).

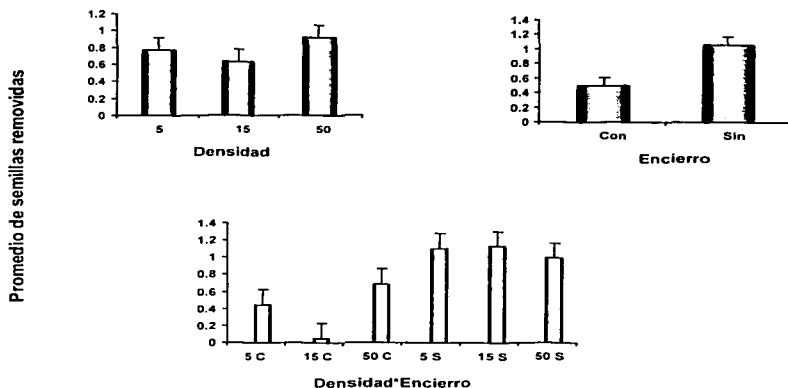
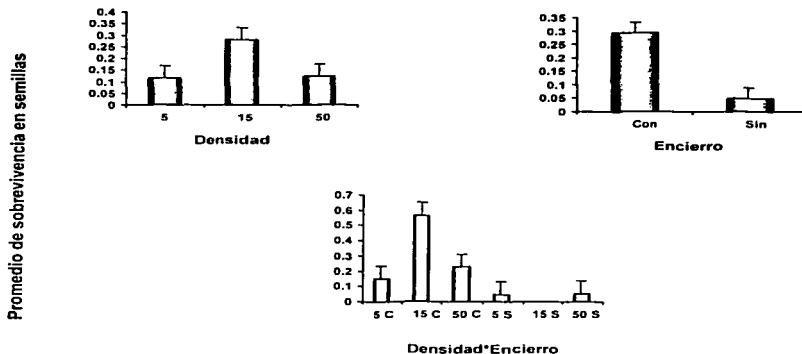


Figura 3.2. Remoción de las semillas con respecto a la densidad, al encierro y a la interacción densidad\*encierro. Se observa el promedio de semillas removidas con respecto a la densidad de sus lotes, al tipo de encierro y a la interacción densidad\*encierro. Los datos del promedio de semillas removidas son el resultado de la transformación del arcoseno de su raíz cuadrada. C = con encierro, S = sin encierro.

Tabla 3.1. ANOVA de dos vías de los resultados de la remoción de las semillas con respecto a la densidad y al encierro y su interacción. Se muestra la respuesta de las semillas para cada uno de los tratamientos (densidad y encierro) y la interacción de ambos (densidad x encierro)

Tratamiento	g.l.	S.C.	F	p
Densidad	2	0.803014	0.9527	0.3921
Encierro	1	4.641272	11.0126	0.0016
Densidad*Encierro	2	0.675307	0.8012	0.4541

Es posible apreciar en la Tabla 3.1 que sólo el efecto de encierro fue significativo ( $p < 0.05$ ) en la remoción de las semillas. En la Figura 3.2 puede observarse que la



**Figura 3.3. Sobrevivencia de las semillas con respecto a la densidad, al encierro y a la interacción densidad\*encierro.** Se observa el promedio de semillas sobrevivientes con respecto a la densidad de sus lotes, al tipo de encierro y a la interacción densidad\*encierro. Los datos del promedio de la sobrevivencia de semillas son el resultado de la transformación del arcoseno de su raíz cuadrada. C= con encierro, S= sin encierro.

remoción de las semillas fue mayor cuando éstas no fueron protegidas con un encierro de malla de alambre.

En la Figura 3.3 se muestra la proporción de la sobrevivencia de las semillas, donde es posible apreciar que el encierro al que fueron sometidas sí tuvo efecto en su sobrevivencia. Las interacciones mostraron que el mayor promedio de semillas sobrevivientes se obtuvo con la interacción 15 C, en tanto que el menor número de semillas que sobrevivieron se observó en la interacción 15 S

**Tabla 3.2. ANOVA de dos vías de los resultados de la sobrevivencia de las semillas con respecto a la densidad y al encierro y su interacción.** En la tabla se muestra la respuesta de las semillas para cada uno de los tratamientos (densidad y encierro) y la interacción de ambos (densidad x encierro).

<b>Tratamiento</b>	<b>g.l.</b>	<b>S. C.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Densidad	2	0.344804	3.7597	0.0296
Encierro	1	0.893445	19.4841	0.0000
Densidad x Encierro	2	0.483796	5.2753	0.0081

En la Tabla 3.2 se observa que los tres tratamientos aplicados a las semillas (densidad, encierro y la interacción densidad\*encierro) resultaron significativos ( $P < 0.05$ ) en la sobrevivencia de las semillas. Esto quiere decir que; i) Las semillas con encierro tuvieron una mayor sobrevivencia que las semillas sin encierro, ii) la sobrevivencia varió de manera significativa entre las 3 diferentes densidades utilizadas, y iii) debido a que esta última variación no tenía una tendencia monotónica (creciente o decreciente) con la densidad, el resultado neto de la sobrevivencia depende de la combinación densidad\*encierro.

**Tabla 3.3. Prueba de Rango Múltiple de Duncan** aplicada a la densidad de las semillas. Se muestran las diferencias entre las medias de las densidades de las semillas.

<b>Densidad</b>	<b>Diferencia Crítica</b>	<b>Diferencia</b>
5 50	0.044	0.130
5 15	0.217*	0.136
50 15	0.174*	0.130

\* = significativamente diferente a ese nivel; nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

La Tabla 3.3 muestra las comparaciones entre las tres densidades de las semillas. Se aprecia que hay diferencia significativa cuando se compara la densidad de 5 semillas con la de 15 semillas y lo mismo ocurre cuando se contrasta la densidad de 50 semillas con la de 15 semillas utilizando un  $\alpha = 0.05$ . Lo anterior implica que la densidad de 15 semillas influyó en la sobrevivencia de las semillas más que las otras dos densidades.

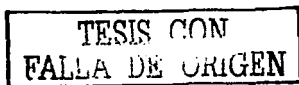
## **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El que la remoción de las semillas haya respondido al efecto de encierro ( $P < 0.05$ ) como lo muestra la Tabla 3.1, se debió a que el encierro de malla de alambre actuó como un filtro que impidió que las semillas fueran depredadas por roedores o simplemente acarreadas por la lluvia. No podemos, sin embargo, saber cuál de estos dos factores (u otros) o en que proporción actuaron sobre el destino de las semillas.

Con relación a las diferencias en la sobrevivencia de las semillas, ésta fue significativa ( $P < 0.05$ ). Con respecto a la densidad esta fue menor en las densidades baja y alta (5 y 50 semillas) y mostró que la sobrevivencia en la densidad de 15 semillas es significativamente superior (Tabla 3.3). Este patrón de sobrevivencia diferencial no es fácilmente explicable ya que se espera que la sobrevivencia aumente conforme disminuye la densidad de semillas (Janzen, 1970). Aunque no podemos descartar el papel de los depredadores, el traslado de las semillas se llevó a cabo muy posiblemente por lluvia. Esta afirmación parte del hecho de que, primeramente, el experimento se montó en plena época de lluvias (junio) y en segundo lugar, el hecho de que en los sitios de estudio no se encontraron indicios de la presencia de algún depredador o dispersor. En un experimento no publicado, los alumnos del curso de campo del posgrado en Ecología de la UNAM encontraron que los dispersores prefieren otro tipo de semilla. En este experimento se colocaron tanto en un mismo sitio como en sitios distintos semillas de cacahuete y semillas de oyamel y se pudo verificar que los roedores del Ajusco consumieron ávidamente las semillas de cacahuete pero rara vez consumieron las semillas de oyamel. En ocasiones éstas presentaban mordiscos de roedores pero nunca fueron consumidas en su totalidad; aún cuando no había semillas de cacahuete cercanas.

## **CONCLUSIÓN**

La cantidad de semillas removidas y su sobrevivencia dependió tanto del tipo de encierro al que se sujetaron como a la densidad con la que fueron colocadas en el campo.



## 2. ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS BAJO DOS ESTRATOS

### INTRODUCCIÓN

Kitajima, (1996, En: Poorter, 1998) afirma que las plántulas son las que dependen de las reservas de la semilla para su crecimiento, aunque en la práctica no es fácil establecer cuando esta condición concluye (Poorter, 1998). Cuando una plántula ya no depende de los recursos de la semilla se considera como un organismo independiente y por esta razón se dice que la plántula se ha establecido (Fenner, 1985). El éxito en el establecimiento de las plántulas es un evento muchas veces azaroso que depende en gran medida del sitio donde se deposita la semilla (Wheelwright y Orlans, 1982; Janzen, 1983; Herrera, 1985, En: Martínez, 1995).

Las plántulas del oyamel forman parte del estrato rasante de los bosques de *Abies religiosa*. Esto significa que tendrán que competir con organismos tales como musgos y plantas herbáceas por el agua y los nutrientes necesarios para poder sobrevivir. Aunado a esto, la competencia por luz con los organismos de otros estratos es también muy importante. Aparte de la sombra producida por los árboles en sitios perturbados las plántulas de *Abies religiosa* compiten por luz con algunos arbustos como acaena *Acaena elongata* y senecio *Senecio angulifolius*; (observación personal).

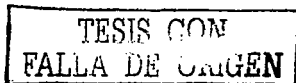
Muchos autores (Chapa, 1976; López, 1993; Angeles *et al.*, 1993) sostienen que las plántulas de *Abies religiosa* son tolerantes a la sombra, mientras otros mantienen la tesis de que son heliófilas (Manzanilla, 1974; González, 1985). Sin embargo, (Musálem, 1984) indica que es posible que su comportamiento no esté en función de la cantidad de luz sino más bien del micrositio donde se desarrollan.

### OBJETIVO

**Documentar la dinámica de las semillas y plántulas colocadas bajo diferentes estratos (arbustivo alto y arbustivo bajo) y de esta forma analizar las perspectivas de sobrevivencia de plántulas en bosques perturbados.**

### MÉTODO

En otra fase de campo se introdujeron semillas de *Abies religiosa* para seguir su sobrevivencia y crecimiento. A fin de observar la respuesta de las semillas a diferentes condiciones se colocaron bajo dos diferentes estratos. Se eligieron para el estrato



arbustivo alto al senecio (*Senecio angulifolius*) y para el arbustivo bajo a la acaena (*Acaena elongata*) por ser dos especies frecuentes en los bosques del oyamel. Se introdujeron un total de 10, 000 semillas, divididas en cuatro tratamientos (A,B,C y D):

- A): Bajo estrato arbustivo bajo      B): Bajo estrato arbustivo alto  
C): En ausencia de arbustivo bajo    D): En ausencia de arbustivo alto

Las parcelas que correspondieron a los tratamientos para el estrato arbustivo bajo (A y C) se colocaron una al lado de la otra. Lo mismo se hizo para los tratamientos B y D. Cada parcela se marcó con banderas de plástico de color.

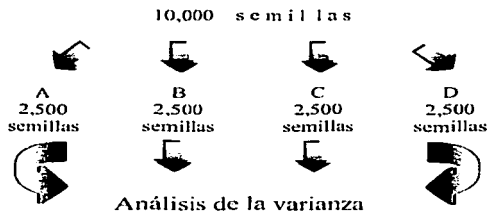
Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones (1 A, 2 A... 5 A; 1B, 2B... 5B;1C, 2C... 5C; 1D, 2D... 5D). Cada una de las parcelas fue de 1m<sup>2</sup> y le correspondieron 500 semillas. El número de las semillas y el tamaño de la parcela se tomó con base en un estudio similar de Rendón-Salinas *et al.*, (1997)

Las parcelas se ubicaron donde se localizaron poblaciones de *Senecio* y de *Acaena*. Para el tratamiento de ausencia de los estratos se procedió a escoger sitios donde éstas especies estaban presentes y en donde posteriormente se realizó un barbecho. Las parcelas se ubicaron aleatoriamente en los cuatro sitios. Los análisis se realizaron en GLIM 4 (Royal Statistical Society,1992)

El experimento se realizó en el mes de agosto del 97 y se verificó en octubre del mismo año.







**Figura 3.4. Diseño del experimento de sobrevivencia de semillas bajo dos diferentes estratos.** En la figura de arriba se muestra el diseño experimental de la sobrevivencia y el establecimiento de plántulas de oyamel bajo dos diferentes estratos (arbusitivo alto y arbusitivo bajo). A, B, C y D= Tratamientos A= semillas colocadas bajo el estrato arbusitivo bajo (*Acaena elongata*); B= semillas colocadas bajo el estrato arbusitivo alto (*Senecio angulifolius*); C= en ausencia del estrato arbusitivo bajo; D= en ausencia de estrato arbusitivo alto. Los resultados se compararon con un ANOVA de 2 vías.

## RESULTADOS

**Tabla 3.4. Relación entre el estado y la condición en el establecimiento de las semillas en octubre de 1997.** Se muestran los resultados obtenidos de las semillas al ser sometidas a tres tratamientos diferentes (Condición, Estado y Condición x Estado).

Fuente	g.l.	$\chi^2$	$p$
Condición	1	4.963	0.0259
Estado	1	6.667	0.00982
Condición*Estado	1	2.171	0.14063

condición= estrato original (bajo o alto); estado= intacto o eliminado

En la tabla 3.4 se manifestó que existe relación significativa ( $p < 0.05$ ) entre la condición y el estado pero no hay significancia para la interacción entre estos dos factores. Lo cual implicó que los factores por separado tuvieron mayor efecto en el establecimiento de las plántulas y semillas bajo diferentes estratos que su interacción.

Los resultados se obtuvieron en proporciones y se analizaron en el paquete estadístico GLIM 4 (Royal Statistical Society, 1992) para que la distribución de los valores se aproximara a una distribución normal se utilizó el modelo log-lineal cuya probabilidad se obtuvo de tablas de  $X^2$  con  $\alpha = 0.05$ .

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

GLIM 4 considera luego de la transformación el número de éxitos y de fracasos (error binomial) que sucedieron en el evento de establecimiento de las semillas bajo diferentes estratos. Este paquete considera a los éxitos y a los fracasos como el cociente (p/q) y los iguala a una ecuación logística. Posteriormente se introduce un predictor lineal utilizado para la transformación logit del  $\ln(p/q)$ .

En estudios de la relación estrato-plántula que se llevaron a cabo en *Picea engelmannii* y *Pinus contorta* la sobrevivencia de las plántulas registradas bajo la cubierta vegetal fue superior al 95%, excepto donde la cubierta vegetal fue muy densa pues la respuesta de la semilla varió del 76-80% (Coates *et al.*, 1991). Esto implica que efectivamente la cubierta vegetal bajo la cual se encuentren las plántulas influye en su establecimiento. Los resultados obtenidos por la prueba de ji-cuadrada (Tabla 3.4) reflejaron que el tipo de estrato influyó en el establecimiento y sobrevivencia de las plántulas así como también influyó la presencia o ausencia del estrato. El hecho de que la Condición (estrato original) resultara significativa ( $p < 0.05$ ) se explica porque la presencia del estrato bajo como *Acaena elongata* permitió una mayor acumulación de humedad lo que ocasionó la germinación de las semillas pero las plántulas no tuvieron oportunidad de desarrollarse dada la falta de luz que impidió que realizaran la fotosíntesis. En tanto que bajo el estrato arbustivo alto como el *Senecio angulifolius* muchas de las semillas no germinaron debido a la escasez de humedad que se generó pero las semillas que llegaron a germinar pudieron establecerse como plántulas puesto que la cantidad de luz filtrada ayudó al proceso fotosintético (Rendón-Salinas *et al.*, 1997). El Estado (estrato intacto o eliminado) resultó también significativo ( $p < 0.05$ ) ya que evidentemente la presencia o ausencia del estrato interviene en la respuesta que tengan las semillas y plántulas del oyamel, así, por ejemplo, se ha reportado que las plántulas de éste abeto se establecen mejor en sitios abiertos (Manzanilla, 1974; González, 1985), mientras que también se afirma que prefieren sitios sombreados (Chapa, 1976; López, 1993; Angeles *et al.*, 1993). Sin embargo, las plántulas no respondieron a la interacción entre la Condición y el Estado.

## CONCLUSIÓN

El establecimiento de las plántulas de *Abies religiosa* depende tanto de la Condición (tipo de estrato) como de la presencia o ausencia del mismo estrato (Estado).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## DISCUSION GENERAL

El oyamel es una especie muy exigente en cuanto a sus requerimientos ambientales. Es quizás por esta razón que su distribución no sea muy amplia y que su producción en viveros no sea muy exitosa (Fernández, 1987). La permanencia de una especie se fundamenta en la cantidad de individuos que se producen y de cuántos sobreviven. La producción de semillas en los bosques de oyamel depende de si el año en que se produjeron las semillas fue "año semillero". Rendón-Salinas *et al.* (1997) sostienen la hipótesis de que los años semilleros en el oyamel se dan aproximadamente cada dos años a lo que denominaron "ondas de producción". La importancia de la producción masiva de semillas se basa en el hecho de que aumenta la probabilidad de que un mayor número de plántulas tenga oportunidad de establecerse. El establecimiento y permanencia de las plántulas es un evento primordial pues garantiza de cierta forma la producción de semillas aún a largo plazo. Ciertamente ninguno de los eventos anteriores se llevaría a cabo si no hay sobrevivencia de semillas. Pues este acontecimiento marca la transición a la etapa de plántula y estos son procesos fundamentales en la historia de vida que pueden estar en función de depredadores, dispersores y de la variación espacio-temporal en el ambiente (Silvertwon, 1981; Fenner, 1985; Horvitz y Schemske, 1986. En: Martínez, 1995).

El hecho de que los árboles de zonas templadas vivan en ambientes que varían de un año a otro, favoreciendo la reproducción y el reclutamiento (Tomback *et al.*, 2001) se ve reflejado en la respuesta que generan las semillas (latencia o letargo) cuando las condiciones externas no son favorables (Kramer y Kozlowski, 1979). La latencia en las semillas de *Abies religiosa* se presenta en mayor proporción en las semillas de mayor tamaño y grosor (Tabla 2.1 y Figura 2.3) hecho que presupone que el banco de semillas, el cual es transitorio para esta especie (Rendón-Salinas *et al.*, 1997), se formaría en su mayor parte por semillas grandes. Evidentemente el banco de semillas se produciría cuando no se presentaran las condiciones favorables para la germinación, que para el caso particular de las semillas de oyamel será en pleno invierno, pues al ser de origen boreal (Rzedowski, 1978) sus semillas permanecen en letargo durante la época fría del año. Comportamiento que comparten otras especies de coníferas como *Acer*, del Norte de Estados Unidos (Probert, 1992). A inicios de la primavera o durante la época de lluvias las semillas de bosques templados romperán la latencia. Para terminar con el letargo las semillas de oyamel necesitan que la temperatura aumente. Este requisito se cumple justamente a inicios de la época de lluvias.

Baskin y Baskin, (1998) argumentan, a este respecto, que la temperatura óptima promedio para la germinación de especies de bosques templados es de aproximadamente 24°C y que requieren de tratamientos fríos (estratificación a 4°C) durante varias semanas para que incrementen la tasa de germinación. Lo que concuerda con los resultados obtenidos para la germinación del oyamel (Tabla 2.2).

Puesto que el agua es una condición esencial para la germinación de las semillas, el evento de la germinación se conecta lógicamente con la época de lluvias en los bosques de oyamel. De igual manera la presencia o ausencia de humedad determinó la respuesta de las semillas al fotoperiodo (Tabla 2.3), de este modo los días largos o cortos van a influir en la germinación de las semillas, en función de la humedad presente en el ambiente (Hart, 1988).

Además de la humedad, la semilla requiere de cierta cantidad de reservas para poder germinar, a este respecto, Harper *et al.*, (1970) sostiene que el tamaño de la semilla está correlacionado con la cantidad de reservas que éstas contienen, de la misma forma Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1984), determinaron que el tamaño y la cantidad de nutrimentos en una semilla están en función de su viabilidad. Las semillas de *Abies* mientras más grandes sean tendrán una mayor viabilidad (Tabla 2.1 y Figura 2.3), de tal manera que el gasto energético que realiza el árbol en la producción de semillas se destinará a más semillas de mayor tamaño y menos de tamaño pequeño, pues las primeras garantizan a largo plazo la persistencia de la especie (Harper *et al.*, 1970).

La luz es también uno de los principales factores que controla la latencia en las semillas (Pons, 1992) ya que las semillas germinarán sólo donde la luminosidad ambiental les sea favorable para establecerse como plántulas (Casal y Sánchez, 1998). Sin embargo, en el presente estudio, las semillas de oyamel no presentaron sensibilidad a ninguno de los tres filtros a los que fueron expuestas (Tabla 2.5), lo cual indicó que éstas no son fotosensibles, lo que implica que no podrían formar un banco de semillas o en caso de formarlos éste sería transitorio (Rendón-Salinas *et al.*, 1997) ya que se ha llegado a la conclusión de que el fotoblastismo es un fenómeno ligado a la permanencia de las semillas en el suelo (Orozco-Segovia, 1989).

La remoción de las semillas fue determinada por una parte, por las trampas de malla de alambre utilizadas (Tabla 3.1), y por otra parte por la densidad de las semillas (Tabla 3.3). No existe evidencia suficiente que comprobara que las semillas de oyamel

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

son removidas por agentes dispersores como algunos roedores o por la lluvia misma. Sin embargo, se ha comprobado que los roedores del Ajusco prefieren otro tipo de semillas antes que las de oyamel.

El establecimiento de las plántulas bajo diferentes estratos (Condición) resultó significativo ( $p < 0.05$ ) debido a que las plántulas del oyamel prefieren estratos arbustivos altos porque permiten la entrada de luz y de esta forma pueden efectuar la fotosíntesis, no así con el estrato bajo pues la captación de luz es menor limitando el proceso fotosintético. Sin embargo, las semillas germinan preferentemente en estratos bajos ya que la humedad es mayor que en estratos más altos donde la humedad es más escasa y se filtra mayor cantidad de luz (Rendón-Salinas *et al.*, 1997). La significancia ( $p < 0.05$ ) para el Estado (estrato intacto o eliminado) dado en la Tabla 3.8 se explica en la respuesta que presentan las plántulas del oyamel a diferentes condiciones de luz o sombra. Algunos autores afirman que las plántulas de *Abies religiosa* prefieren sitios abiertos para desarrollarse (Manzanilla, 1974; González, 1985), otros (Chapa, 1976; López, 1993; Angeles *et al.*, 1993), sin embargo, han comprobado que las plántulas toleran ambientes sombríos.

Así, las plántulas del oyamel establecidas bajo algún estrato o en su ausencia después de ser removidas o no por algún agente, provendrán generalmente de semillas grandes sometidas a periodos fríos antes de germinar y a la estación lluviosa para su germinación y quizá de un banco de semillas transitorio, originado entre diciembre y enero.

## CONCLUSIONES GENERALES

1. Las semillas son termosensibles y requieren ser sometidas a un tratamiento frío (invierno) antes de poder germinar.
2. Las semillas grandes tienen mayor viabilidad que las semillas pequeñas.
3. Las semillas no son fotoblásticas y sólo requieren humedad para poder germinar. En consecuencia, con la llegada de las lluvias germinan o perecen agotando cada año el banco de semillas que se forma entre diciembre y enero.
4. Las semillas de *Abies religiosa* son susceptibles de ser removidas por depredadores o por la lluvia, a menos que existan trampas que logren detener esta remoción como demostraron ser los encierros de malla de alambre. La sobrevivencia de las semillas

de *Abies religiosa* estuvo supeditada tanto a su densidad como al encierro y a la interacción densidad x encierro a la que fueron sometidas.

5. La germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas en campo dependió tanto del estrato (Condición) debajo del cual se colocaron como de la ausencia o presencia (Estado) del mismo estrato pero no dependió de su interacción.

## LITERATURA CITADA

- Anaya, A. L. 1962. Estudio de las Relaciones entre la vegetación forestal, el suelo y algunos factores climáticos en seis sitios del declive occidental del Iztacihuatl. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 74 p.
- Angeles, E., D. Castro , A. Flores y B. Rodríguez .1993. Estudio autoecológico de *Abies religiosa* en el Eje Neovolcánico. En: XII Congreso de Botánica. Libro de resúmenes. Mérida, Yucatán, México del 3-8 de octubre. p 23
- Aranda, J., C. Martínez del R, L. C. Colmenero y V. M. Magallón. 1980. Los mamíferos de la Sierra del Ajusco. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario del D.F. (CCPAP)/ DDF. 145 p
- Baskin, C. C. y J. M. Baskin. 1998. Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. San Diego California, USA. 666 p.
- Benitez, B y M. Equihua. 1986. Árboles y flores del Ajusco. Editorial Instituto de Ecología, Museo de Historia Natural de la Ciudad de México/ MAB, UNESCO. 183 p.
- Bazzaz, F. A. y D. D. Ackerly. 1992. Reproductive Allocation and Reproductive Effort in Plants. In: Fenner, M. Editor. Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International. Wallingford, Oxon, U.K. p1-26.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1985. Seeds. Physiology of Development and Germination. Plenum Press, N. Y., USA. 367 p.
- Bohlmann, J; J. Crock and J. Reinhard 1998. Terpenoid-based defenses in conifers: cDNA cloning, characterization, and functional expression of wound-inducible (E)- $\alpha$ -bisabolene synthase from grand fir (*Abies grandis*). Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. **95** (12): 6756-6761
- Casal, J. J. y R. A. Sánchez. 1998. Phytochromes and seed germination. Seed Science Research. **8**: 318-329



- Chapa, M. C. 1976. Principales técnicas de cultivo para "árboles de Navidad". Boletín Divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. **41**: 34 p.
- Coates, K. D., W. H. Emmingham and S. R. Radosevich. 1991. Conifer-seedling success and microclimate at different levels of herb and shrub in a *Rhododendron vaccinium* manziesia community of south central British Columbia. Canadian Journal Forestry Research **21**: 848-856
- Côme, D. 1970. Les obstacles a la germination. Monographie de physiologie végétale (ed. Masson and Cie). **6**: 162.
- Côme, D. y F. Corbiveau. 1989. Some aspects of metabolic regulation of seed germination and dormancy. In: Taylorson, R. B., Editor. Recent advances in the development and germination seeds. Plenum Press, N.Y., USA. p 165-179.
- Crawley, M. J. 1992. Seeds Predation and Plant Populations Dynamics. In: Fenner, M., Editor. Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International. Wallingford, Oxon. U.K. p 157-192.
- Crawley, M. J. 1993. GLIM for Ecologists. Blackwell Scientific Publication. Berkshire, UK. 379 p.
- Dillman, A.C. 1946. The beginnings of crested wheatgrass in North America. Journal of American Society of Agronomy. **38**: 237-250
- Fenner, M. 1985. Seeds Ecology. Chapman & Hall, London. U. K. 151 p.
- Fernández, T. E. 1987. Estudio ecológico del bosque de *Abies religiosa* en el Parque Nacional "La Malitzin", Tlaxcala, México. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM. 74 p
- Franco, M. 1986. The influence of the neighbours of the growth of modular organisms with an example from trees. Phil. Trans. Real Society of London Bulletin. **313**: 209-225.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. p 49, 102-103.

- García, E. 1986. Apuntes de climatología. Estudios de climatología para Biólogos de la UNAM, FES Cuautitlán, UNAM y la UAM. UNAM. p 104-110
- Garduño, R. 1944. El oyamel y su aprovechamiento. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 76 p.
- Gómez- Pompa, A. y S. Del Amo. 1976. Regeneración de selvas. INIREB. CECSA, México. 549 p.
- Gómez- Pompa, A. 1985. Los recursos bióticos de México (reflexiones). Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Editorial Alhambra Mexicana. 122 p.
- González, M de J. 1985. Comportamiento de la germinación y crecimiento inicial de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham. en diferentes aperturas de dosel, preparaciones al suelo y variantes de siembra, en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. UACH, México. 83 p
- González- Zertuche, L. y A. Orozco -Segovia. 1996. Métodos de Análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58:15-30.
- Gryj, E. O. 1990. Dispersión de Frutos del arbusto *Erythroxylum havanense* Jacq. en Chamela, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 101p.
- Harper, J. L., P.H. Lovell y K.G. Moore. 1970. The shapes and sizes of seeds. Annual Review of Ecology Systematic. 1:327-356.
- Harris, G.A. 1967. Some competitive relationship between *Agropyron spicatum* and *Bromus tectorum*. Ecological monographs. 37: 89-111.
- Harold, W. y Jr. Hocker. 1984. Introducción a la ecología forestal. AGT Editor, S.A., México, D.F., 446 p.
- Hart, J. W. 1988. Light and Plant Growth. Unwin, Hyman, Ltd, London, England. p106-108

- Hernández, E. 1985. Distribución y utilidad de los *Abies* en México. Boletín Instituto de Geografía, UNAM. 15: 75-118.
- Hilhorst, H. M y C. M. Karszen. 1989. The role of light and nitrate in seed germination. Life Series, Volumen 187. NATO Scientific Affairs Division. Plenum Press, N.Y., USA. P 191-203.
- Horvitz, C. C. y D. W. Schemske. 1994. Effects of dispersers, gaps and predators on dormancy in seedling emergence in a Tropical Herb. Ecology. 7: 1949-1958.
- INEGI, 1984. Atlas Nacional del medio físico. Carta Geológica, Ciudad de México. E14A39. 220 p.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. American Naturalist. 940: 501-528
- Johnson, K. L. 1983. Crested wheatgrass: it's values, problems and myths. Symposium Proceedings, Utah State University, Logan, Utah.
- Kramer, P. J. y T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press. Inc. New York, USA. 811p.
- López, M. A. 1993. Evaluación nutrimental de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 74 p.
- Mckinley, T.C. 1995. Factors affecting seed germination of the terrestrial orchid *Goodyera repens* var. *Ophioides* Fernald and the in vitro culture of orchidaceous mycorrhizae. Clemenson University. Dai. 57-08B: 4921p
- Madrigal, X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel en el Valle de México. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 18: 94 p.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Manzanilla, H. 1974. Investigaciones Epidométricas y Silvícolas en Bosques Mexicanos de *Abies religiosa*. UACH/ Banco de México. 165 p.
- Martínez, M. 1948. Los *Abies* mexicanos. Instituto de Biología, UNAM. 104 p.
- Martínez, R. 1995. Remoción postdispersión de semillas y frutos por mamíferos en diferentes grados de perturbación antropogénica de la selva alta perennifolia en la región de los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Doctorado, División de estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias, UNAM. 116 p.
- Mayer, A. M. and A. Poljakov-Maber. 1975. The germination of seeds. Pergamon Press. Oxford, Wa. Edition. 193. p
- Moguel, F. A. 1991. Áreas Protegidas en México. SARH. Volúmen 2. 270 p.
- Murdoch, A. J. y R. H. Ellis. 1992. Longevity, Viability and Dormancy. In: Fenner, M. Editor. Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International. Wallingford, Oxon, U.K. p 193-230.
- Musálem, M. A. 1984. Environmental factors on regeneration of *Pinus montezumae* Lamb. in a temperate forest in México. Ph. Dissertation, Yale University, New Haven, Conn. 262 p.
- Nault, J. R. y R. I. Alfaro. 2001. Changes in cortical and wood terpenes in Sitka spruce in response to wounding. Canadian Journal Forest Research. 31: 1561-1568.
- Orozco -Segovia A. 1989. Fisiología y ecología del fitocromo: su función en las semillas. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 49:71-84
- Ortega, J. 1962. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Abies religiosa*. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Chapingo, México. 72 p.
- Pons, T. L. 1992. Seed Responses to Light. In: Fenner, M. Editor. Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International. Wallingford, Oxon, U.K. p 259-284.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Poorter, L. 1998. Seedling growth of Bolivian rain forest tree species in relation to light and water availability. PROMAB: Programa del manejo de bosques de la Amazonía Boliviana. 223 p.

Probert, R. J. 1992. The Role of Temperature in Germination Ecophysiology. In: Fenner, M. Editor. Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International. Wallingford, Oxon, U.K. p 285-324.

Rendón-Salinas, E., J. De la Cruz; H, E. Montesinos y E. García. 1997. Diagnóstico Social y Biológico en la Reserva Especial de la Biosfera Santuario Mariposa Monarca (REBSMM). Trabajo presentado al Environmental Law Institute (ELI) por el grupo de los cien internacional A.C. UNAM/ SEMARNAP.

Royal Statistical Society. 1992. GLIM 4 update 8 for IBM. England

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México. p 302-310.

Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1992. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V., México. 540 p.

SAS. Institute. 1995. JMP versión 3. USA.

SEDUE, Subsecretaría de Ecología. 1989. Información Básica sobre las Áreas Naturales Protegidas de México. p 41.

Sokal, R.R. and F. J. Rohlf. 1995. Biometry. The principles and practice of statistical in biological research. W.H. Freeman and Company. N.Y., USA. 886 p.

Spurr, H. S. y B. V. Barnes. 1992. Forest Ecology. Krieger Publishing Co. Malabar Florida, USA. 685 p.

SYSTAT, INC. 1992. SYSTATW5 (SYSTAT version 5) copyright.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SE  
LA BIBLIOTECA

- Tomback, D. F., A. J. Anderies; K. S. Carsey; M. L. Powell and S. Mellmann-Brown. 2001. Delayed Seed Germination in Whitebark Pine and Regeneration Patterns Following Yellowstone Fires. *Ecology*. **82**: 2587-2600.
- Vander Wall, S. B. 1994. Removal of wind-dispersed pine seeds by ground-foraging vertebrates. *Oikos*. **69**: 125-132
- Vázquez- Yanes. C. y A. Orozco- Segovia. 1984. Fisiología de las semillas de los árboles de la selva tropical. *Ciencia*. **35**:191-201.
- Vázquez- Yanes. C. y A. Orozco- Segovia. 1992. Effects of litter from a tropical rain forest on tree seed germination and establishment under controlled conditions. *Tree Physiology*. **11**: 391-400
- Washitani, I. 1984. Germination responses of seed population of *Taraxacum officinale* Weber to constant temperatures including the supra optimal range. *Plant Cell and Environmental*. **7**:655-659
- Whitemore, T. C.1992. The influence of tree populations dynamics on forest species composition. In: Davy, Hutchings and Watkinson. Editors. The 28th symposium of the British Ecological Society Susex. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. p271-291.
- Zar, H. J. 1984. Bioestatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.,USA. 615 p.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN