

dey



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**CRECIMIENTO LONGITUDINAL DE INDIVIDUOS JUVENILES DE**  
*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., EN EL EJE  
**NEOVOLCANICO TRANSVERSAL**

**TESIS DE LICENCIATURA**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**BIOLOGO**

**PRESENTAN:**

**CASTRO JIMENEZ DOMITILA**

**RODRIGUEZ GARCIA BERTHA CECILIA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**BIOL. EFRAIN ANGELES CERVANTES**

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



**LO HUMANO  
ESTÁ  
EN NUESTRA REFLEXION**

**MEXICO, D. F., SEPTIEMBRE DE 1997.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**CRECIMIENTO LONGITUDINAL DE INDIVIDUOS JUVENILES  
DE *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., EN EL EJE  
NEOVOLCANICO TRANSVERSAL**

**Tesis de Licenciatura  
Que para obtener el titulo de  
B I O L O G O**

**Presentan:**  
Castro Jiménez Domitila  
Rodríguez García Bertha Cecilia

**Director de tesis:**  
Biól. Efraín Angeles Cervantes

México D. F., Septiembre de 1997.

La presente tesis fue evaluada y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de Biólogo por el siguiente....

**JURADO:**      **Biól. Ruben Zulbarán Rosales**  
Facultad de Estudios Superiores      U N A M  
**PRESIDENTE.**

**Biól. Efraín Angeles Cervantes** (Director de tesis)  
Facultad de Estudios Superiores      U N A M  
**VOCAL.**

**M. en C. Alejandrina Avila Ortiz**  
Facultad de Estudios Superiores      U N A M  
**SECRETARIO.**

**Biól. Faustino López Barrera**  
Facultad de Estudios Superiores      U N A M.  
**SUPLENTE**

**M. en C. Rosalva García Sánchez.**  
Facultad de Estudios Superiores      U N A M.  
**SUPLENTE**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Biól. Efraín Angeles Cervantes** por su orientación, apoyo y paciencia para la realización y conclusión de este estudio.

**Al Dr. Isaias H. Salgado Ugarte** por la ayuda brindada en el análisis estadístico del presente estudio, pero sobre todo por su gran compañensmo e incondicional amistad.

**Al Biól. Ruben Zulbarán Rosales** por sus aportaciones y sugerencias que ayudaron al enriquecimiento del proyecto.

**Al Ing. en Sistemas de Computo Alejandro Elias Rodríguez García,** por las facilidades brindadas en la elaboración del trabajo escrito.

## **DEDICATORIA**

Mis más profundos agradecimientos por su apoyo moral y económico a mis padres Lucia Jiménez Rodríguez y Roman Castro Valencia, por su sacrificio para brindarme un mejor horizonte en la vida.

A mis hermanos gracias por su constante ayuda en mi estudio

Para mis grandes amigos gracias por su amistad

**DOMI**

A mi madre por su amor, paciencia y entusiasmo para que este sueño se llevará a cabo.

A mi hija Daniela por ser un estímulo constante a la superación.

A mis hermanos y sobrinos por su cariño y apoyo en todo momento.

A Domi, Ruth, José Tepoz, Lourdes, Juan José, Alejandra, Lupita, Amanda y Yolanda por su valiosa amistad durante todos estos años.

Y a Amed por todo lo que me ha enseñado.

**GRACIAS**

Bertha Cecilia.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
MARCO TEORICO.....	5
1. Generalidades de la especie.....	5
1.1. Descripción botánica del oyamel.....	5
1.2. Distribución geográfica.....	6
1.3. Otros requerimientos ecológicos del oyamel.....	7
1.4. Importancia de la especie.....	8
2. Antecedentes.....	9
3. Factores que influyen en el crecimiento arbóreo.....	11
3.1. Factores internos.....	11
3.2. Factores externos.....	14
OBJETIVOS.....	20
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	21
METODO.....	26
DISCUSION DE RESULTADOS.....	30
1. Relación Edad-Crecimiento longitudinal.....	30
2. Factores que influyen en el crecimiento longitudinal de <i>A. religiosa</i> .....	31
A. Apertura de dosel.....	34
B. Factor exposición.....	38

<b>C. Factor altitud</b> .....	<b>42</b>
<b>D. Factor clima</b> .....	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>51</b>
<b>APENDICES</b> .....	<b>58</b>
<b>Apéndice 1. Climogramas de las zonas de muestreo</b> .....	<b>59</b>
<b>Apéndice 2. Regresión lineal y Ecuación de crecimiento para cada sitio</b> .....	<b>62</b>
<b>Apéndice 3. ANDEVA con respecto a cada factor ambiental</b> .....	<b>80</b>
<b>Apéndice 3. Análisis de regresión múltiple</b> .....	<b>85</b>

## RESUMEN

Se evaluó el crecimiento longitudinal de árboles jóvenes de *Ables religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., y se determinó su relación con los factores ambientales: Apertura de Dosel, Exposición, Altitud, Temperatura media y Precipitación total (de los meses de crecimiento -mayo a octubre-).

Se visitaron 17 sitios ubicados a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal, muestreándose un total de 463 árboles a los que se les determinó su altura total y edad. Con estos datos se construyeron gráficas de Altura vs Edad, y se observó en cada una de ellas un comportamiento de tipo potencial. Por lo que se procedió a realizar la Regresión Lineal Simple, que mostró un alto coeficiente de determinación entre las variables. Además con estos resultados se obtuvieron las ecuaciones de crecimiento para cada sitio.

El Análisis de Varianza de la altura total con respecto a cada factor ambiental, mostró que existen diferencias significativas en el crecimiento longitudinal del oyamel. Por lo que a los registros de altura total a la edad de 10 años, así como a los datos de los diferentes factores ambientales se les aplicó un Análisis de Regresión Lineal Múltiple. El cual mostró que la variable ambiental que determinó las diferencias en el crecimiento longitudinal total de los árboles juveniles de *A. religiosa* a la edad de 10 años es la Apertura de Dosel. De esta forma, la condición de claros de bosque presentó un crecimiento significativamente mayor que en la condición de dosel cerrado.

En las exposiciones Sureste, Sur, Cenit, Suroeste y Oeste se encontraron los más altos incrementos del oyamel. Mientras que bajo las exposiciones Este, Norte y Noreste la especie presentó el menor desarrollo. Siendo este factor ambiental el segundo más importante en su crecimiento.

**De acuerdo al análisis estadístico, la altitud es el tercer factor en importancia para el desarrollo de la especie en estudio, y se tiene que el intervalo altitudinal sobre el cual se desarrolló mejor fue entre 3000 y 3150 msnm**

**En lo que se refiere a las variables climáticas: temperatura media y precipitación total de los meses de crecimiento, de acuerdo a la Regresión lineal múltiple no fueron factores determinantes en el desarrollo del oyamel**

## INTRODUCCION /

En México como en muchas otras partes del mundo las coníferas son muy importantes desde el punto de vista económico, ya que son la principal fuente de productos forestales, tales como la pulpa para papel, la madera aserrada, etc.

Asimismo es sobresaliente el papel ecológico de los bosques en el recargamiento de los mantos acuíferos, la protección a la fauna silvestre, evitar la pérdida de suelo por erosión y ayudar a la regulación del clima local (Madrigal, 1967; Rzedowski, 1988; Jardel, 1985).

Si bien es cierto que el país posee 25.5 millones de hectáreas de bosques de coníferas y hojosas. (SARH, 1992), estas áreas son subexplotadas debido a las actividades humanas: tales como la agricultura, el pastoreo y la tala clandestina, además del mal manejo silvícola

Sumado a esto tenemos que en las áreas destinadas a la explotación forestal se utiliza muchas veces el Método Mexicano de Ordenación, el cual consiste en hacer cortas parciales de la masa arborea (35% al 50%), obteniendo una regeneración de 540 árboles por hectárea, que al parecer no es lo indicado para el mayor aprovechamiento de las especies de coníferas (SARH, 1992)

Por otra parte, el fenómeno llamado "síndrome Waldsterben" o declinación de los bosques, el cual provoca la pérdida progresiva del follaje, decoloración de las hojas, distorsión o muerte de raíces, ocasiona el deterioro e incluso la muerte de grandes extensiones boscosas de las especies más importantes de coníferas y latifoliadas de regiones de Norteamérica y Europa (Haiden, 1985; Hinrichsen, 1987; Wanng, 1987; Blank *et al.*, 1988). También se ha observado en nuestro país en los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. *et* Cham., una especie maderable muy utilizada, principalmente

por su rápido crecimiento y por su madera rica en celulosa y carente de resina en el proceso de elaboración de pulpa para papel (Garduño, 1944; Madrigal, 1967; Alvarado *et al.*, 1993).

La destrucción paulatina de los bosques de oyamel, así como la desaparición de los mismos hacen muy importante tener conocimiento de la influencia que los diferentes factores ambientales ejercen sobre el crecimiento de esta especie, para lograr un adecuado manejo silvícola y de conservación de la misma, ya que un organismo sólo se desarrolla óptimamente dentro de una gama de condiciones dadas.

El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de influencia de los factores fisiográficos Altitud y Exposición, los factores climáticos Temperatura media y Precipitación total, y la apertura de Dosel en la calidad de la regeneración natural y crecimiento longitudinal de árboles juveniles de *A. religiosa* (H B K.) Schl. *et* Cham., en el Eje Neovolcánico Transversal.

## MARCO TEORICO

### 1. Generalidades de la especie

#### 1.1. Descripción botánica del oyamel:

*Abies religiosa* (H B K ) Schl et Cham , le fue aplicado el nombre específico de religiosa porque sus ramillas son muy usadas en festivales religiosos, debido a que están dispuestas en forma de cruz. También se le conoce por el nombre de oyamel, pinabete, y/o abeto (Niembro, 1990)

Es una de las pináceas mexicanas de más elegante porte, alcanza por lo general de 35 a 45 m de altura por 1 a 1.5 m de diámetro, presenta ramas verticiladas y extendidas, que se cortan gradualmente formando una copa piramidal o cónica, la corteza es áspera y agrietada, de color grisáceo. Las ramillas están dispuestas en cruz, con hojas lineares, agudas y dispuestas en espiral, madera blanca, ligera y poco resistente (Garduño, 1944)

Los conos masculinos se producen lateralmente en las ramillas de la parte baja del árbol, las cuales son oblongadas y de 12 a 13 mm de largo por 5 mm de ancho, de color amarillo pálido, protegidas por brácteas morenas. Las anteras son avejigadas y tienen dos sacos con granos de polen, que llevan cámaras aéreas (Garduño, 1944)

Los conos femeninos se observan en la misma época en las ramillas más altas e inaccesibles, son subcilíndricos y blandos de unos siete centímetros de largo, con grandes brácteas rojizas de margen blanco, traslúcido y rasgado, llevando en el centro una banda verde longitudinal, en la base de cada bráctea se ve una escama en formación con dos óvulos (Garduño, 1944, Madrigal, 1967). Los conos maduros son cilíndricos-oblongos, resinosos, casi sésiles, de color violáceo, cuando tiernos y moreno

violáceo después, de 10 a 15 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho. Maduran en agosto a septiembre. Constan de un eje subcilíndrico y agudo que a veces persiste en la ramilla y sobre la cual están dispuestas las escamas, desprendiéndose en su madurez (Madrigal, 1967).

Las semillas son resinosas de 9 a 10 mm de largo por 5 mm de ancho, de color castaño brillante, con tres vejigas llenas de líquido balsámico, de olor penetrante y sabor amargo, ala ensanchada en el apice con el borde externo regularmente dentado (Garduño, 1944, Madrigal, 1967)

## 1.2. Distribución geográfica:

Los bosques de *A. religiosa* se desarrollan en los estados de México, Hidalgo, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Colima y el Distrito Federal. Entre los 17° 30' y 21° 00' de latitud norte y entre los 97-104° 00' de longitud oeste. Presentándose en masas puras o acompañados de otras especies (Madrigal, 1967, Rzedowski, 1988, Niembro, 1990)

En el centro de México, el abeto es la especie más frecuente, y los bosques que conforma son relativamente extensos y muchas veces están acompañados de *Pinus*, *Cupressus* o *Pseudotsuga*. Y también con *Quercus*, *Alnus* y otros (Madrigal, 1967; Rzedowski, 1988, Niembro, 1990)

Manzanilla (1974) calculó para *A. religiosa* una superficie entre 40 000 a 50 000 hectáreas, de las cuales el 80-90% está concesionado para su explotación, y el 10-20% restante se ubican dentro de Parques Nacionales. Se considera que el Eje Neovolcánico Transversal es su principal área de distribución donde se presenta en su condición climax (Rzedowski y Madrigal, 1977)

En lo que se refiere a los límites altitudinales entre los cuales se desarrolla *A.*

*religiosa*, Garduño (1944) ubicó a estos bosques en altitudes entre 2800 a 3500 msnm. Madrigal (1967) consideró que para la Cuenca del Valle de México los límites en altitud bajo los cuales se observa al oyamel son de 2560 a 3660 msnm.

En el trabajo de Manzanilla (1974), se determinó que el límite altitudinal inferior donde se desarrolla la especie es de 2100 msnm y el superior de 3600 msnm. Estos valores varían con respecto a los de Madrigal debido a que se consideraron no sólo localidades del Valle de México, sino también otras donde se desarrolla la comunidad del abeto.

Rzedowski y Madrigal (1977) establecieron que este tipo de vegetación está prácticamente confinada a sitios de altas montañas, por lo común entre los 3400 y 3600 metros de altitud.

Para Rojas (1983) en el estudio que efectuó en la Estación Experimental Zoquiapan, *A. religiosa* se distribuye en lugares cuya altitud va de 3150 msnm a 3500 msnm.

### 1.3. Otros requerimientos ecológicos del Oyamel:

En lo que se refiere a sus requerimientos de luz, Manzanilla (1974) determinó que la regeneración del abeto encuentra condiciones más favorables para su establecimiento en aquellos sitios más iluminados, ya que en rodales densamente cerrados la escasez de luz impide su regeneración.

Para González (1985) la especie se regenera tanto en condición de dosel cerrado como en condición abierta, aunque esta última en menor proporción. Rivera (1989) en un estudio que realizó en el Desierto de los Leones coincide con los resultados obtenidos por González. En tanto para Sánchez *et al* (1991) la especie sólo se regenera bajo dosel cerrado.

En cuanto a las exposiciones Madngal (1967) en un trabajo que efectuó en la Cuenca del Valle de México obtuvo como las más frecuentes para oyamel la sur, sureste y oeste. No encontrándose árboles en las exposiciones norte y noreste.

Sin embargo Chapa (1976) determinó que las exposiciones más favorables para el establecimiento de esta pinácea son las norte y este. Rivera (1989) no sólo encuentra estas como las más comunes, sino además observó las exposiciones sur, este y noreste.

Para las condiciones climáticas se tiene que el oyamel en comparación con otras especies arbóreas, se desarrolla en climas más húmedos, inclusive Manzanilla (1974) consideró al abeto dentro del grupo de Bosques de Niebla

En la Cuenca del Valle de México, la presencia del bosque de oyamel está determinada por el clima, especialmente por la temperatura y la precipitación. Teniendo valores de 1039 a 1369 mm de precipitación media anual y una temperatura media anual entre 10.5° y 12.5 °C (Madngal, 1967)

#### 1.4. Importancia de la especie:

*Abies religiosa* es una especie maderable muy utilizada, principalmente por su rápido crecimiento y por su madera rica en celulosa y carente de resina, lo que facilita la elaboración de pulpa para papel, ya que sus tallos jóvenes (20 a 40 años de edad) contienen hasta 75% de celulosa (Garduño, 1944, Madngal, 1967). Además de presentar otras características físicas y mecánicas importantes como son: albura de color pajizo, duramen amarillo con tinte café claro, no presenta olor ni sabor, con una textura mediana y peso ligero (Ortega, 1962)

A parte del empleo que se le da a los oyameles en la elaboración de papel, existen otros usos como es la madera aserrada para fabricar cajas, canastas, tabillas para lápices, postes, vigas, etc. Sin olvidar los usos elementales que se les da como

leña, carbón y otros (Madrigal, 1967).

En el tronco de los árboles jóvenes existen una gran cantidad de vejigas llenas de trementina, la cual recibe el nombre de aceite de palo o trementina de oyamel. Esta sustancia es muy apreciada en la industria de barnices y pinturas, además de ser utilizada como agente aromatizante de jabones, desinfectantes, detergentes, perfumes y como bálsamo con fines medicinales (Niembro, 1990).

Además la demanda de estos árboles como adornos navideños aumenta cada año, así como la necesidad de tener lugares estéticos donde se puedan realizar actividades recreativas.

Por todo esto, el oyamel es desde el punto de vista económico una especie muy importante. Claro está, sin olvidar el papel ecológico que juegan estos bosques en evitar la pérdida de suelo por erosión, ayudar a la captación de agua y en dar protección a la fauna silvestre (Madrigal, 1967, Rzedowski, 1988, Jardel, 1985).

## 2. Antecedentes:

En nuestro país, durante los últimos años ha cobrado gran importancia el estudio ecológico de los bosques de pináceas, con el fin de lograr un mejor aprovechamiento integral de los recursos que nos proporcionan. Cabe mencionar que han sido escasos los estudios realizados con *A. religiosa*, a pesar de su importancia económica.

Los trabajos llevados a cabo con la especie han tenido la finalidad de predecir el potencial productivo del bosque a través del tiempo, mediante la creación de tablas de rendimiento o la creación de modelos matemáticos, a partir de mediciones tales como la altura total, diámetro a la altura del pecho (DBH) y diámetro de la base (DB). O bien, han determinado la influencia de algunos

factores ambientales en la distribución y el desarrollo de las plántulas y del arbolado adulto.

Sin considerar a la etapa juvenil, la cual es de gran importancia, porque constituye el principal potencial de regeneración de la especie, el cual se ve amenazado a causa de las altas tasas de mortalidad provocadas principalmente por los factores ambientales, la competencia, las plagas, las enfermedades, etc. Sólo se tiene reportado el estudio de Lopez (1993), quien trabajó con individuos juveniles de 13 años y determinó los factores que más influyen en su crecimiento longitudinal

Además, es en dicha fase donde se presentan los mayores incrementos en altura del árbol. Lo cual, para la silvicultura es una característica relevante que se toma en cuenta para la elección de árboles aptos para propósitos de reforestación, recuperación de áreas y/o explotación forestal

Por otra parte, el fenómeno llamado " síndrome Waidsterben" o declinación de los bosques, el cual provoca la pérdida progresiva del follaje, decoloración de las hojas, distorsión o muerte de raíces, que ha ocasionado el deterioro e incluso la muerte de grandes extensiones boscosas de las especies más importantes de coníferas y latifoliadas de regiones de Norteamérica y Europa (Haiden, 1985; Hinrichsen, 1987; Wang, 1987; Blank, 1988) También se ha observado en nuestro país, en los bosques de *A. religiosa* de las áreas que circundan la Ciudad de México como es el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, El Ajusco y en Los Dinamos Contreras (Alvarado *et al.*, 1993), causando pérdidas importantes de áreas de bosque.

De ahí, que surja la inquietud a realizar un estudio con árboles jóvenes de oyamel, una especie que como ya se mencionó es importante desde el punto de vista económico así como ecológico.

### **3. Factores que influyen en el crecimiento arbóreo.**

#### **3.1. Factores internos:**

##### **Producción de hormonas:**

Los árboles sintetizan diversas hormonas del crecimiento, que sirven como mensajeras químicas para que este se lleve a cabo. Siendo las auxinas, giberelinas y citocininas las sustancias más importantes en la elongación de los brotes (Kramer y Kozlowski, 1979; Young, 1991).

Las auxinas además de promover el crecimiento de las células de los meristemas apicales de tallos y ramas, también estimula el desarrollo de las yemas foliares. Así mismo acelera la respiración de la planta, generando un intenso metabolismo. Estas hormonas también se relacionan con la abscisión de las hojas y con el inicio de la actividad del cambium (Kramer y Kozlowski, 1979).

En tanto que a las giberelinas se les reconoce dos acciones muy importantes, inducir la producción de amilasa, que pone la energía a disposición de la célula y otra es la de reprimir los genes de enanismo (Rojas, 1993).

También las citocininas son importantes en el crecimiento longitudinal de las plantas, ya que estimula la división celular, y además juega un papel sobresaliente en el metabolismo del Nitrógeno, en la síntesis del RNA y de las proteínas (Kramer y Kozlowski, 1979; Rojas, 1993).

Así tenemos que las auxinas y citocininas actúan sinérgicamente en el crecimiento, diferenciación de tejidos y en el desarrollo de brotes. Y algo similar ocurre entre auxinas y giberelinas en la elongación del tallo (Kramer y Kozlowski, 1979).

Así el incremento en altura se presenta durante la primavera, verano y parte del otoño, debido a la división y expansión de las células de los meristemas apicales. Las

especies arbóreas que crecen en las regiones templadas como es el caso de *A. religiosa* presentan periodos anuales de reposo vegetativo que se presenta durante la estación invernal, cuando las temperaturas son bajas y el fotoperiodo corto (Hocker, 1984; Young, 1991).

#### **Edad de la planta:**

El modelo de crecimiento de las especies forestales en relación con su edad generalmente sigue una curva en forma de sigmoideal, en la que se distinguen tres partes: a) un periodo temprano de corta duracion en el que el crecimiento es lento, correspondiente al estado de plantula; b) un periodo central de rapido crecimiento, que corresponde a la etapa juvenil, c) un periodo final en el que el crecimiento va disminuyendo hasta hacerse nulo, y que corresponde al estado adulto del arbol (Gripma, 1982; Keplac, 1983, Rojas, 1993).

Como se sabe, el crecimiento en altura es el primero en culminar, ya que el árbol desarrolla su fuste rápidamente durante los primeros años de vida, para después incrementar su diámetro. Generalmente la culminación del crecimiento en altura se presenta más pronto en las especies de mas rapido crecimiento y en las calidades de estación mejores (Mas, 1978, Young, 1991)

Durante su estado juvenil *A. religiosa* produce un verticilo anualmente, la distancia entre dos verticilos representa el crecimiento durante un año, y la edad se determina por conteo de las cicatrices del brote (Ross *et al.*, 1982; Kimura *et al.*, 1986; Young, 1991).

Para esta especie el mayor crecimiento se da en los primeros años y disminuye sensiblemente entre los 30 y 40 años de edad, alcanzando alturas de entre 25 a 30 metros. El crecimiento después de esa edad es más lento hasta casi los 100 años de edad, donde dicho crecimiento aparentemente cesa (Rivera, 1989).

#### **Genética:**

Los genes son información que se transfiere de generación a generación, conformando lo que llamamos genotipo. Este se puede observar a través de las características físicas (fenotipo), las cuales son el resultado de la interacción del genotipo y el ambiente (Patiño, 1977).

La variación genética natural constituye el amortiguador que ha permitido a los árboles adaptarse a los ambientes cambiantes y variables, y con ello dominar (Young, 1991). Las mutaciones son la única fuente de las variaciones genéticas, sobre las cuales actúa la selección natural. Así los árboles mejor conformados son los que subsisten a través del tiempo.

Los factores limitantes del ambiente que afectan la longitud y la naturaleza de la estación de crecimiento con respecto al hábitat nativo (tal como la temperatura, el termoperíodo, el fotoperíodo y periodicidad de las precipitaciones pluviales) son fuerza selectivas importantes que actúan sobre el grado de crecimiento y los caracteres relacionados (Spurr y Barnes, 1980).

En *Abies* no se tiene documentado el estudio de las variaciones genéticas en lo referente al crecimiento, pero sí en el género *Pinus*. En un trabajo realizado en los bosques del pino silvestre en Norteamérica, se observó que al plantar semillas

colectadas de diferentes localidades en una sola determinada, las diferencias en la tasa de crecimiento varia hasta en 400%, entre las procedencias de crecimiento mayor y las de más lento desarrollo (Young, 1991).

### 3.2. Factores externos:

#### Plagas y enfermedades:

En general los bosques de *A. religiosa* son sanos, rara vez son atacados por insectos u otros agentes causantes de enfermedades, y cuando esto ocurre se presenta en forma aislada o en pequeños grupos de árboles (Manzanilla, 1974)

De las plagas más frecuentemente observadas en oyamel que limitan su crecimiento se tiene a *Arceuthobium abietis religiosae*, la cual es una planta hemiparasitaria que ataca principalmente las ramas, disminuyendo su crecimiento y ocasionando tumores y deformaciones de estas, en algunos casos ocasiona la muerte de los árboles. Se le encuentra en los bosques del Volcan de Colima, Nevado de Colima, Iztaccihuatl, Popocatepetl y en la Sierra de Pachuca (Manzanilla, 1974), también se reporta en los Estados de Michoacán y Tlaxcala atacando principalmente individuos juveniles (Rodríguez, 1983)

Los insectos *Scolytus mundus* e *Hylurgops flohrii* ocasionan un descortezamiento de la punta del abeto, debido a las galerías hechas en el tronco (Manzanilla, 1974).

En un estudio realizado en el Desierto de los Leones (Alvarado, 1989), se determinó que los insectos descortezadores más comunes del arbolado del oyamel son: *P. variegatus* y *S. mundus*, atacando organismos solitarios en grupos aislados durante la época de sequía.

La larva de *Evita hyalinaria* se alimenta principalmente del follaje de oyameles jóvenes provocando en muchos casos la defoliación total, la cual causa la reducción del crecimiento, debilitamiento y muerte de los árboles cuando los ataques son sucesivos. Cabe mencionar que aunque la distribución del abeto es muy amplia, la presencia de este insecto sólo se ha reportado en los Estados de México, Puebla, Michoacán y el Distrito Federal (Aguilar, 1988)

Una de las enfermedades que atacan al oyamel la provoca un hongo del género *Nectria*, el cual ataca ramas y fustes de renuevos del árbol Dañándolo de dos maneras. en ramas o tallos mayores de 5 cm de diámetro provoca fractura de la corteza hasta el cambium, o bien en ramas delgadas y debilitadas se observa un cambio en la coloración de la corteza con secreciones abundantes de resina (INIFAP, 1988)

Existen otros hongos que causan una muerte descendente en *A. religiosa*, tal es el caso de *Fusarium sp.* que se encuentra en tejidos de raíces, tallos y ramas provocando taponamiento en vasos resiníferos. O como *Ferticillium sp* que es altamente patógeno causando marchitamiento del oyamel, mediante una infección por vía radicular, ya que este hongo habita en el suelo. Cuando existen agujas manchadas con puntuaciones negras y otras de color amarillo se encuentran hongos de los géneros *Zygodexmis spp.* y *Curvularia spp.* (INIFAP, 1988)

#### **Luz:**

De los factores ambientales más importantes en el desarrollo del árbol tenemos a la luz, la cual juega un papel muy importante en el crecimiento y el grado en que influye va a depender de las características ecológicas de cada especie (White y Mackenzie,

1985). La acción principal de este factor es la realización de la fotosíntesis, para la producción de carbohidratos y por ende el crecimiento del tallo (Daubenmire, 1982).

Desde el punto de vista ecológico existen dos tipos de plantas: las que crecen en condiciones de luz total (intolerantes a la sombra), y las que crecen a la sombra o tolerantes a la sombra (Grijpma, 1982; Whitmore, 1988; Jardel y Sánchez 1989). El oyamel es considerado una especie tolerante, que se regenera bien bajo un dosel protector (Sánchez *et al.*, 1991)

Aunque hay quienes afirman que también en claros de bosque se presentan altas densidades de plántulas del abeto (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1974; Rivera, 1989) Sin embargo, estos autores no evaluaron el crecimiento en altura bajo dichas condiciones

Para González (1985) la especie se regenera tanto en condición de dosel cerrado como en condición abierta, aunque esta última en menor proporción. Considera además que para tener un buen crecimiento el oyamel, es necesario tomar en cuenta que una vez establecida la plántula debe ir abriéndose gradualmente el dosel

En uno de los trabajos más recientes llevados a cabo con el abeto, López (1993) determinó para brinzales de aproximadamente 11 años de edad que la mejor condición de crecimiento es el dosel abierto

#### **Altitud:**

La información del factor altitud es abundante en cuanto a la distribución de la especie, pero en lo referente a su influencia en el crecimiento es escasa, ya que se considera que esta variable refleja al mismo tiempo la influencia de otros factores como el viento, humedad y temperatura.

Madrigal (1967) localizó para el Valle de México, los sitios donde crece con mayor vigor el oyamel en altitudes entre 2900 y 3300 msnm. Rojas (1983) también observó un buen desarrollo de la especie a 3300 msnm, y coincidió con Madrigal.

En el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, Rivera (1989) observó que en el abeto, su mejor crecimiento se da a una altitud de 3500 msnm

Sánchez *et al* (1991) encontraron que en el Cofre del Perote, las condiciones más favorables para el máximo desarrollo de *A. religiosa* se localizan a altitudes de entre 3200 a 3400 msnm. Una opinión similar es la que da López (1993) en su estudio que realizó en el Desierto de los Leones con árboles de aproximadamente 12 años de edad, determinando que la condición más favorable para el crecimiento de estos individuos es en altitudes cercanas a 3200 msnm.

#### **Exposición:**

Otro factor como la orientación de la ladera o pendiente, origina variaciones en la intensidad y duración de la insolación, influyendo en la captación de luz por las plantas, generando una respuesta en el crecimiento de los árboles (Hocker, 1984). Aunque, se puede considerar que dichas condiciones fisiográficas actúan de manera indirecta en el crecimiento vegetal.

Gómez (1989) obtuvo mediante técnicas de regresión lineal, que los mejores sitios para el mayor crecimiento de *A. religiosa* están localizados en lugares próximos a la exposición norte.

En el Cofre del Perote se observaron como las exposiciones más favorables para el desarrollo del abeto la noroeste, suroeste, oeste, norte y noreste (Sánchez *et al.*, 1991). En tanto que López (1993) para el Desierto de los Leones considera más favorable la exposición noreste en el crecimiento del arbolado juvenil.

#### **Clima:**

El clima no sólo es un gradiente de distribución de las especies vegetales, sino también influye en su crecimiento y periodos de regeneración (Gagnon y Bradfield, 1987). Se considera que las variables climáticas que más afectan el crecimiento en altura como en grosor de los árboles son la temperatura y la precipitación (Daubenmire, 1982, Hocker, 1984).

Grace y Norton (1990) realizaron un estudio comparativo entre la anchura de los anillos de crecimiento anual y los datos climatológicos mensuales y determinaron que la temperatura es el factor climático que más influye en el crecimiento en grosor de la madera de *Pinus sylvestris*.

Si los árboles se encuentran sujetos a pérdidas de humedad durante un periodo prolongado, generalmente experimentan una disminución en el crecimiento en altura y diámetro al año siguiente (Enminghan, 1977).

Algo similar obtuvo Flores (1977) con pinos jóvenes observando que los incrementos en altura de la época de crecimiento dependen directamente de la humedad de lluvia ocurrido en el invierno anterior.

Rzedowski (1988) considera que *A. religiosa* requiere para su buen desarrollo condiciones de humedad elevada, es decir que la precipitación media anual del lugar donde se desarrolla el oyamel debe ser superior a los 1000 mm y no presentar más de cuatro meses secos, con una temperatura media anual de 7° a 15 °C.

La forma más frecuente de precipitación en estos bosques es la lluvia, aunque también se presentan las granizadas, el rocío y rara vez la nieve. Las granizadas se presentan de abril-septiembre, siendo en su mayoría de poca duración pero muy

intensas, no causan daños en los rodales viejos pero si a los renuevos (Manzanilla, 1974). Ya que afectan el crecimiento en altura, por la ruptura del tallo con deformaciones del mismo (May Nah, 1971).

#### Suelo:

En el trabajo que realizó Manzanilla (1974) con bosques de *A. religiosa* encontró que estos bosques se desarrollan sobre suelos jóvenes con 2 o 3 horizontes, una estructura granular o en bloques, un pH desde medio ácido hasta neutral, un alto contenido de humus y buen drenaje, una textura limoso-arenosa, arcillo-arenosa ó arenosa. Concluyendo que el abeto puede desarrollarse tanto en suelos profundos como prácticamente sobre lava o sobre una capa muy delgada de cenizas volcánicas

Por su parte, Rzedowski (1988) también señala que los bosques de oyamel se desarrollan en suelos de tipo andosol con un perfil de tres horizontes (A,B y C) y texturas francas o franca arenosas. Asimismo, Rivera (1989) apunta que en el área del Desierto de los Leones, los oyameles se desarrollan en suelos de tipo andosol y tipo feozem.

Todos los trabajos realizados en el suelo forestal sobre el cual crece el oyamel, coinciden en que esta especie se desarrolla por lo general en suelos de tipo andosol. Por lo que al parecer este factor ambiental no es determinante para su crecimiento

De todo lo anterior se derivan las siguientes interrogantes:

- ¿ Bajo que condiciones se presentan los mejores crecimientos longitudinales (altura total) en árboles juveniles de *Abies religiosa* ?.
- ¿ Qué factor ambiental influye más en el crecimiento longitudinal de esta especie ?.

Para dar respuesta a estas interrogantes se propusieron los siguientes objetivos:

**Objetivo General:**

Determinar la influencia de los factores fisiográficos altitud y exposición, los factores climáticos precipitación total y temperatura media, y la apertura de dosel en la calidad de la regeneración natural y crecimiento longitudinal de los árboles juveniles de *Abies religiosa* (H B K.) Schl. et Cham , en el Eje Neovolcánico Transversal

**Objetivos particulares:**

Determinar el grado de influencia de la altitud, exposición, precipitación total y temperatura media de los meses mayo a octubre, y el dosel en el crecimiento en altura de árboles juveniles de *A. religiosa*.

Determinar la velocidad de crecimiento y su relación con la edad de la planta en cada área de estudio.

Determinar las condiciones más adecuadas de la regeneración natural y crecimiento longitudinal de la especie en el Eje Neovolcánico Transversal.

## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Eje Neovolcánico Transversal (ENT) es un sistema montañoso de reciente formación (durante el Plioceno y el Pleistoceno), resultado de la actividad volcánica, que sigue aproximadamente al paralelo 19° de latitud Norte, cubierto principalmente de rocas ígneas extrusivas: basalto, andesita y sus respectivas tobas y brechas.

La longitud del Eje es de 900 Km y tiene una anchura de 130 Km, va desde el Río Santiago hasta el Pico de Orzaba y Cofre del Perote en Veracruz. Dentro de esta formación montañosa se tiene el 26 % de los recursos forestales del país, donde *Abies religiosa* es una de las especies más distribuidas.

Además el ENT presenta bosques de *Pinus* y *Quercus*, los cuales pueden encontrarse asociados con el oyamel. De entre las especies más frecuentemente asociadas al abeto tenemos a *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus* y en el límite superior de su distribución a *P. hartwegii* (Rzedowski y Madgal, 1977).

Dentro del área de estudio se presenta el clima C(w<sub>2</sub>)w 'emplado subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura media anual de 10 a 12 °C y una precipitación total anual de 700 a 800 mm. También existe el clima de tipo C(E)(w<sub>2</sub>)(w), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura media anual igual al anterior y una precipitación total de 1000-1200 mm. Y el clima de tipo C(E)(w) templado semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano, una temperatura media anual de 10 a 12 °C y una precipitación total de 1500 mm (INEGI, 1988).

Por lo general el tipo de suelo que por extensión es el principal sobre el cual se desarrolla la vegetación del área de estudio es andosol, el cual está formado a partir de cenizas volcánicas con una capa superficial de color negro y es muy susceptible a la erosión (INEGI, 1988).

La fauna está constituida principalmente por venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), coyote (*Canis latrans*), conejos (*Sylvilagus* sp.), diversas especies de reptiles y anfibios entre otros. Existiendo una gran cantidad de endemismos debido a las características que presenta este sistema montañoso.

**Parque Nacional El Chico.** Localizado a 24 Km en dirección NW de la ciudad de Pachuca, Hidalgo (Fig.1) Abarca un área de 1 835 ha, en una zona montañosa, con barrancas profundas, contando únicamente en las partes altas con altiplanicie. Las formaciones geológicas de la región derivan de roca ígneas y con excepción de las tobas respectivas, idénticas a las halladas en las cercanías de Pachuca, no existe rocas sedimentarias, la roca principal es la andesita (SEDUE, 1989)

El clima es C(w)(w)b(i)jg de la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el cual corresponde a un clima templado húmedo, con precipitación del mes más seco menor de 40 mm, presentando un porcentaje de lluvias invernal entre 5 y 10.2% de la anual con dos máximos de lluvias separadas por dos estaciones secas, una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa, las primeras lluvias aparecen en mayo y se distribuyen hasta octubre (INEGI, 1988)

La vegetación arborea está representada por 3 tipos de masas, una formada exclusivamente por *Abies* que es la dominante, *Quercus* que se distribuye en lugares rocosos, con suelos poco profundos y a veces en las laderas muy inclinadas. Existe una

comunidad adicional de *Juniperus* que se distribuye en áreas localizadas. Las principales especies arbóreas son *A. religiosa*, *Q. rugosa* Neé, *Q. regulosa* Mart.et Gal., *Q. texcocuna* Trel. y *Salix* sp.

**Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.** Esta ubicado en el Eje Neovolcánico, en el límite de 3 estados: México, Morelos y Puebla (Fig.1). Con una superficie aproximada de 25 679 ha. Presenta tres tipos de vegetación: Pinar abierto *Pinus hartwegii* (3300-4300 msnm ) Con abundantes gramíneas amacolladas, praderas subalpina (zacatonal alpino), que se encuentra entre 3800 y 4300 m y con praderas alpinas (vegetación de paramos de altura, que se encuentra entre 4000 y 5000 msnm (SEDUE, 1989). El clima que predomina en este parque es el C(w<sub>2</sub>)w, de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano.

**Parque Nacional Lagunas de Zempoala.** Este parque cuenta con una superficie de 4 669 ha (Fig.1), donde se observan comunidades vegetales de oyamel, pino y encino con un clima templado subhúmedo C(w<sub>2</sub>)w y altitudes de entre 2670 a 3686 msnm (SEDUE, 1989)

**Parque Nacional La Malinche.** Abarca un área de 46700 ha (Fig.1), de bosque de encino-pino, oyamel, pino y zacatonales, con un clima semifrío subhúmedo C(E)(w<sub>2</sub>)(w)(b), y altitudes que van 2400 a 4461 msnm. Este parque presenta un volcán sumamente importante en el abastecimiento de agua para la región, ya que aporta volúmenes considerables a las corrientes subterráneas, gracias a lo cual subsisten las actividades agropecuarias (SEDUE, 1989)

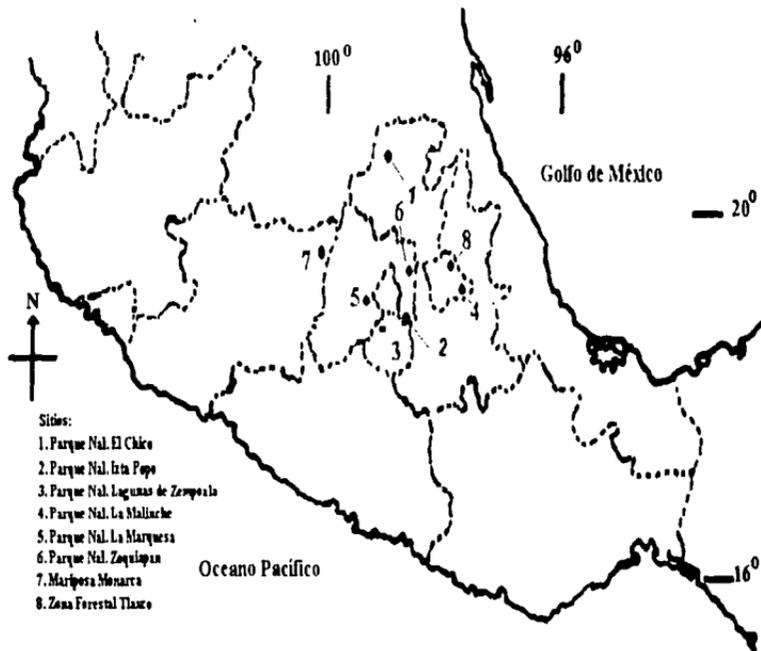
**Parque Nacional Zoquiapan de Juárez.** Ubicado en los límites de los estados de México y Puebla con una superficie de 19,418 ha (Fig.1). Con tipos de vegetación bosque de oyamel puro o en asociación con *Arbutus glandulosa*, *A. xalapensis*

(madroño), *Alnus firmifolia* (Aille) , *Salix cana* y *S. paradoxa* (sauces) y pinares que cubren la mayor superficie del parque en masas puras de *Pinus hartwegii*, *P. montezumae* ó *P. rudis* o mezclados con *P. leiophylla* y *P. pseudostrabus* (SEDUE, 1989). En esta zona también se presenta un clima de tipo semifrío subhúmedo C(E)(w<sub>2</sub>)(w).

**Reserva Especial de la Biósfera de la Mariposa Monarca.** Tiene una superficie de 110 ha (Fig.1), constituida principalmente por espesos bosques de oyamel, bosques de latifoliadas, pastizales, matorrales de *Juniperus*. (SEDUE, 1989). Con clima tipo C(E)(w<sub>2</sub>)(w), semifrío subhúmedo

**Zona Forestal Tlaxco, Tlaxcala.** Se ubica a los 2500 msnm con suelos de tipo litosol y regosol distinto de la clase textural media, con un clima C(w<sub>1</sub>)(w)<sub>1</sub>, templado subhúmedo intermedio. Presenta bosques de *Juniperus*, *Quercus*, bosque mixto, bosque de pino, bosques de *Abies*, vegetación arvense y ruderal (SEDUE, 1989).

Fig. 1. UBICACION DE LAS ZONAS DE MUESTREO.



## METODO

### **A). Elección del área de trabajo:**

A partir de la revisión cartográfica en escala 1:1 000 000 (INEGI, 1988), se eligieron 8 zonas comprendidas dentro del Eje Neovolcánico, que presentan la comunidad de oyamel. Estas áreas elegidas pertenecen a Parques Nacionales, Reservas de la Biosfera y/o Zonas Forestales (ver Fig. 1). A continuación se listan:

- 1) Parque Nacional El Chico, Edo. de Hidalgo
- 2) Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl, Edo. de México
- 3) Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos.
- 4) Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala
- 5) Parque Nacional La Marquesa, Edo. de México
- 6) Parque Nacional Zoquiapan de Juárez, Edo. de México
- 7) Reserva Especial de la Biosfera Manposa Monarca, Michoacán.
- 8) Zona Forestal Tlaxco, Tlaxcala

### **B). Selección de sitios de muestreo y toma de datos:**

En cada Parque Nacional se realizaron recorridos para localizar sitios de regeneración densa donde hubiesen gran número de árboles con alturas mayores a 1.30 metros. Una vez en el sitio se registraron los datos de exposición con una brújula, y de altitud (altímetro).

Para dar un valor numérico a la apertura de dosel del sitio se consideraron tres criterios con base a la densidad de árboles adultos según Manzanilla (1974):

1. **Dosel Abierto.** Donde no hay presencia de árboles adultos en el sitio de regeneración.
2. **Dosel Semiabierto.** Donde existen en el sitio de regeneración menos de 100 árboles adultos/ha.
3. **Dosel Cerrado.** Donde el sitio de regeneración se encuentra bajo una densidad arbórea de aproximadamente 400 árboles adultos/ha.

Una vez que se determinó en cual de estos criterios se ubico el sitio, se procedió al muestreo del arbolado. Así, por la naturaleza del trabajo el tamaño de muestra fue de 30 individuos juveniles dentro de cada sitio, los cuales fueron representativos de la población ya que de acuerdo al teorema del limite central presentaron una distribución simétrica y unimodal (Dowdy y Wearden, 1983; Mendenhall, 1987; Mueller-Dombois, 1974). A cada uno de los juveniles se les realizaron un mínimo de 12 mediciones interverticales.

Los árboles muestreados presentaron las siguientes características: estar sanos, es decir con buen vigor, con un sólo fuste principal, sin crecimiento secundario ni presencia de patógenos. Se procedió a medir la distancia entre verticilos a lo largo del tronco de los árboles juveniles con ayuda de una cinta métrica, obteniéndose todos los incrementos anuales de cada árbol. Cabe mencionar que el último incremento no se tomo en cuenta para el análisis ya que en algunos sitios se muestreo a principios de la época de crecimiento por lo que el incremento no se había completado.

### **C) Tratamiento de datos:**

Para obtener los valores medios de los meses de crecimiento (Mayo-Octubre) de las variables: Temperatura media mensual (°C) y Precipitación total mensual (mm), se

**CUADRO 1. VALORES PROMEDIOS DE LOS DATOS CLIMATOLÓGICOS OBTENIDOS DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL DE LOS AÑOS 1981-1991, PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.**

ZONA	ESTACION METEOROLÓGICA	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIPITACION TOTAL (mm)
EL CHICO, HGO	MINERAL DEL CHICO, HGO	14.2	1052.2
IZTA-POPO, EDO MEX	AMECAMECA, EDO MEX	14.5	801.00
L. DE ZEMPOALA, MOR	HUITZILAC MOR	13.6	1254.3
LA MALINCHE, TLAX	HUAMANTLA, TLAX	15.1	594.5
LA MARQUESA, EDO MEX	LA MARQUESA, EDO MEX	12.4	1054.00
ZOQUIAPAN, EDO MEX	RIO FRIO, EDO MEX	10.8	789.8
M. MONARCA, MICH	ANGAMACUTIRO MICH	20.2	684.1
TLAXCO, TLAX	TLAXCO, TLAX	15.5	519.8

consultaron las tarjetas mensuales de la estación meteorológica más cercana al sitio de muestreo (ver climogramas en el Apéndice 1), proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional, de los años 1981 a 1991 (Cuadro 1).

Con los datos obtenidos de las mediciones interverticilares se determinó la Altura total y Edad de cada individuo, mismos que se utilizaron para la construcción de gráficas Altura (cm) vs Edad (años). A partir de las cuales, mediante una Regresión Lineal Simple se obtuvo la ecuación de crecimiento para cada sitio, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Ln Alt} = B + m(\text{Ln Edad})$$

donde:

Ln Alt = Logaritmo natural de la altura

Ln Edad = Logaritmo natural de la edad

B = Ordenada al origen

m = Pendiente

(Gómez, 1989).

Posteriormente se llevó a cabo el Análisis de varianza (ANDEVA), de Altura total con respecto a cada uno de los factores ambientales (exposición, altitud, clima y apertura de dosel) a la edad de 10 años, para determinar si existían diferencias significativas en el crecimiento. Y por último, con el fin de determinar el grado de influencia de los factores ambientales en la altura total se realizó la Regresión Lineal Múltiple RLM (Gauch, 1982; Hair, 1979), considerando como variables independientes Exposición (exp), Dosel (do), Altitud (al), Temperatura media (tm) de los meses de crecimiento y la Precipitación total (pp) de los meses de crecimiento, con respecto al Ln Altura total (cm) a la edad de 10 años.

**FALTA PAGINA**

No. 29

## DISCUSION DE RESULTADOS:

Se muestrearon durante 1992 un total de 466 árboles en 17 sitios ubicados de la siguiente forma: un sitio en el Chico (28 arboles) y en Zoquiapan (30 árboles); cuatro en Izta-Popo A (19 árboles), B (19 arboles), C (29 árboles) y D (30 árboles), dos en Zempoala (29 y 30 árboles respectivamente), en la Malinche A y B (30 arboles para cada uno de ellos), también en Tlaxco dos sitios de muestreo (cada uno con 30 árboles) y en la Marquesa (sitios A y B con 29 y 30 árboles respectivamente); y tres zonas en Mariposa Monarca (30, 30 y 13 arboles respectivamente) La razón por la cual no se cuenta con el mismo tamaño de muestra, es porque en algunos sitios no se contaba con los suficientes árboles que cubrieran las características antes mencionadas

Con los resultados obtenidos en este trabajo se analizó la relación Edad-Crecimiento longitudinal (altura total) del árbol, así como la relación Altura total-Apertura de Dosel, Altura total-Factores fisiográficos (Exposición y Altitud) Por último se analizó la Altura total-Factores climáticos (Temperatura media y Precipitación total)

### I. RELACION EDAD-CRECIMIENTO LONGITUDINAL (ALTURA TOTAL)

En todos los sitios de muestreo los datos Altura-Edad de los árboles jóvenes de *A. religiosa*, presentaron un comportamiento de tipo potencial. Este comportamiento hace suponer que el crecimiento longitudinal en la etapa juvenil fue rápido (Figura 2).

Esta relación curvilínea se hizo lineal al transformar a logaritmo natural ( $\ln$ ) los valores de las variables Altura y Edad, y así se procedió a calcular la Regresión Lineal Simple, para cada uno de los 17 sitios muestreados, la cual mostró un elevado coeficiente de determinación ( $r^2$ ) entre las variables. Por lo que se pudo desarrollar la

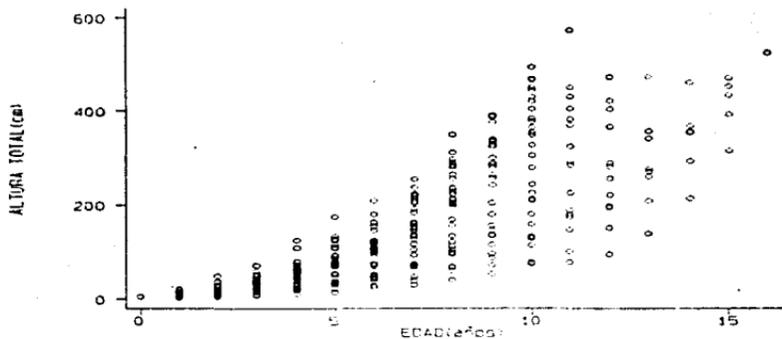


FIG. 2 Gráfica que muestra la relación entre la Altura (cm) y la Edad (años), para arboles jóvenes de *Abies religiosa* (H B K ) Schl. et Cham en el Eje Neovolcánico Transversal.

ecuación de crecimiento para cada sitio (Gomez, 1989), para hacer predicciones del incremento longitudinal del arbolado joven a una edad dada (ver Apéndice 1). Es importante señalar que en este trabajo no se logró llegar al punto de máximo crecimiento en la especie, ya que solo fueron muestreados individuos jóvenes

Por otro lado, en cada una de las regresiones lineales se observó que la mayoría de los árboles muestreados tienen edades dentro del rango de 10 a 22 años, esto hace suponer que los oyameles emergieron en la misma época (Apéndice 1), cuando se dieron las condiciones necesarias de luz y humedad para su establecimiento, gracias a la formación de pequeños claros provocados por la caída de árboles (Manzanilla, 1976; Rivera, 1989, Whitmore, 1988) A partir de ahí se esperaría un incremento similar en todos los sitios

## II. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO LONGITUDINAL DE

### A. religiosa.

Al realizar el ANDEVA de altura total (cm) a la edad de 10 años con respecto a cada uno de los factores ambientales estudiados se determinó que existen diferencias significativas por sitio en el crecimiento del arbolado juvenil, debido a la influencia de dichos factores (Apéndice 3)

Para determinar cual de ellos influye más en el crecimiento del oyamel se llevó a cabo la Regresión Lineal Múltiple (Cuadro 2). Así los resultados obtenidos mostraron que los factores apertura de Dosel, Exposición y Altitud son los que influyen de manera sobresaliente en el crecimiento longitudinal total para árboles juveniles del

**Cuadro 2. Regresión Lineal Múltiple para árboles juveniles de *Abies religiosa* en el Eje Neovolcánico Transversal, con respecto a los factores ambientales: Exposición (exp), Apertura de Dosel (do), Altitud (al), Temperatura media (tm) y Precipitación total (pp) a la edad de 10 años**

regresión múltiple de la edad de 10 años

Variable	do	al	tm	pp	Constante	R <sup>2</sup>
Modelo 1	14,3643148	6,356208295			4,901	0,436
Residual	111,101967	4,49	1,25832713			0,56399
Total	125,466281	4,49	1,25832713			0,99999

Variable	do	al	tm	pp	Constante	R <sup>2</sup>
exp	-0,0493333	0,001344	-4,366	0,000	-20,4513	0,00000007
do	-0,1442872	0,000006	-4,395	0,000	-22,8288	0,00000006
al	-0,0000001	0,0001488	-0,000	0,000	-0,000000	0,00000000
tm	0,0000000	0,0000000	0,000	0,000	-0,000000	0,00000000
pp	0,0000000	0,0001444	0,000	0,000	-0,000000	0,00000000
Const	0,127319	0,041906	0,000	0,000	4,900523	0,00000006

abeto a la edad de 10 años. En tanto que la Temperatura media y Precipitación total en el análisis estadístico no presentaron una influencia significativa. A continuación se discutirán los resultados para cada factor ambiental

#### A) Apertura de Dosel:

La RLM mostró que la variable Dosel es la de mayor influencia en el crecimiento longitudinal de árboles juveniles de oyamel con una significancia de  $P=0.000$  y un coeficiente de regresión de  $(-0.1482)$ , a la edad de 10 años como se puede observar en el Cuadro 2.

De acuerdo con los valores medios obtenidos del ANDEVA los árboles juveniles de *A. religiosa* crecen mejor en zonas que no presentan dosel; es decir, en zonas abiertas o claros de bosque, con un valor medio de 197.50 cm para la Altura total a los 10 años (Cuadro 3). (La altura anterior se le designo el valor de 100% por ser la altura mayor y para dar pie a las comparaciones de los demás sitios.) Lo que concuerda con lo obtenido por Manzanilla (1974) y Rivera (1989) en el sentido que la regeneración es favorecida por la apertura de claros del bosque

Bajo tal condición observamos a los sitios de. Tlaxco A, Izta-Popo A, Manposa Monarca B, Malinche B, El Chico y Marquesa A. También se observo que en el crecimiento total por sitio, Marquesa A presento un incremento muy bajo de 113.0 cm de altura a pesar de encontrarse en un area abierta, por lo que al parecer existe otro factor ambiental que esta influyendo más en su crecimiento, y al parecer es la exposición (NE)

El mayor crecimiento se debe a que las plantas crecen mejor sólo cuando estan expuestas a la combinación de la mayoría de longitudes de ondas luminosas, lo que implica una mayor actividad fotosintética, y por ende, una mayor producción de fotosintatos, que conlleva a un crecimiento longitudinal mayor (Daubenmire, 1982).

**CUADRO 3. VALORES MEDIOS CON DESVIACION ESTANDAR DE ALTURA TOTAL (cm) A LA EDAD DE 10 AÑOS OBTENIDOS POR SITIO Y TIPO DE DOSEL, PARA ARBOLES JUVENILES DE OYAMEL.**

<b>DOSEL</b>	<b>SITIO</b>	<b>No. árboles</b>	<b>Altura total MediaxSitio (cm)</b>	<b>Altura total MediaxDosel (cm)</b>
<b>Sin dosel</b>	Tlaxco A	27	382.60	± 1.33
	Izta-Popo A	16	291.00	± 1.32
	M. Monarca B	28	264.30	± 1.74
	Malnche A	26	204.80	± 1.42
	El Chico	28	173.00	± 1.86
	Marquesa A	29	113.00	± 1.70
		<b>154</b>		<b>197.50 ± 1.83</b>
<b>Semiabierto</b>	Malnche B	20	272.70	± 1.34
	Zempoala A	29	255.70	± 1.43
	M. Monarca A	26	180.40	± 1.70
	Izta-Popo B	18	161.00	± 1.63
	Izta-Popo D	30	141.00	± 1.48
	Izta-Popo C	29	135.80	± 1.74
		<b>152</b>		<b>175.80 ± 1.68</b>
<b>Cerrado</b>	Zempoala B	30	157.70	± 1.39
	M. Monarca C	13	122.60	± 1.44
	Tlaxco B	28	118.40	± 1.48
	Marquesa B	30	114.00	± 1.36
	Zoquiapan	27	101.70	± 1.44
		<b>122</b>		<b>122.00 ± 1.44</b>

Para los sitios Zempoala B, Mariposa Monarca C, Tlaxco B, Marquesa B y Zoquiapan, los cuales se ubicaron en la condición de dosel cerrado, el incremento total promedio a la edad de 10 años fue 38% menor en comparación con los sitios ubicados en claros. Dicho valor fue de 122.00 cm de Altura total (Cuadro 3).

El lento crecimiento observado en los árboles juveniles en los sitios con dosel cerrado, se debe a que este puede reducir la iluminación a menos del 1% de la luz solar total (Daubenmire, 1982) Por ello, se considera importante mencionar que el oyamel, a pesar de ser una especie tolerante a la sombra (Madngal, 1967; Bojorges, 1990; Sánchez *et al.*, 1991, entre otros), no tuvo su mejor desarrollo bajo dosel, lo cual contrasta con lo señalado por otros autores

Es importante remarcar que el dosel cerrado no es del todo desfavorable en el desarrollo de *A. religiosa* durante los primeros años de vida De acuerdo con la regresión lineal efectuada para los 5 años (la cual tuvo una significancia de  $P=0.822$ ), este no tiene una influencia significativa en el crecimiento de la especie, lo que concuerda con lo obtenido por Gonzalez (1985) en un trabajo que efectuó con plántulas de oyamel.

En tanto que a los 8 y 15 años la significancia del dosel aumento ( $P=0.012$  y  $P=0.001$  respectivamente), con lo cual se demuestra que a dichas edades el dosel cerrado influye negativamente en el desarrollo del oyamel (Apéndice 3)

Así pues, con base en este análisis se puede sugerir que el dosel se abra paulatinamente entre los 5 y 8 años, para permitir que se den las mejores condiciones para un mayor crecimiento longitudinal de *A. religiosa*.

Así durante las primeras etapas de desarrollo del oyamel, la presencia de arbolado adulto ofrecería una protección contra granizadas, ya que como May Nah (1971), reportó dichos fenómenos climáticos no dañan significativamente al

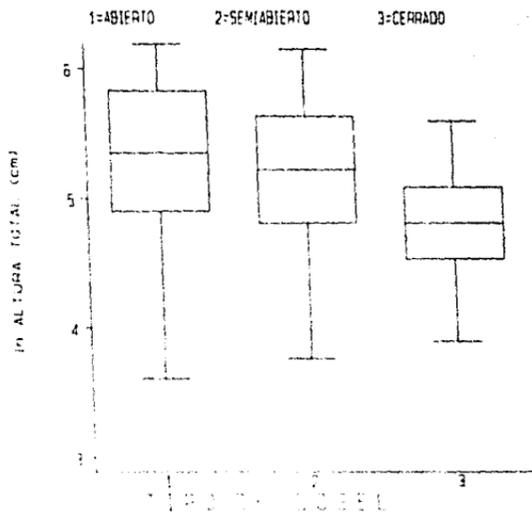


Fig 3 CRECIMIENTO LONGITUDINAL DEL OYAMEL DE ACUERDO AL TIPO DE DOSEL

arbolado adulto, pero si a los renuevos. Además de que los árboles adultos disminuirían el efecto de las heladas sobre las plántulas (Daubenmire, 1982).

Hay que considerar que esta acción también ayudaría a evitar que las plántulas fuesen atacadas por hongos, los cuales como se sabe pueden causar grandes daños y hasta la muerte del arbolado (Rodríguez, 1983).

Por último, bajo la condición de dosel semiabierto el oyamel presentó un crecimiento bueno, con un valor de la Altura total igual a 175 80 cm (Cuadro 3 y Fig. 3). Sin embargo, analizándolo por sitios existen diferencias muy marcadas en el incremento.

En los sitios Malinche B y Zempoala A, el desarrollo de los árboles fue alto (Cuadro 3), inclusive es de los mejores crecimientos observados en el presente estudio. Por lo que se supone que en un dosel semiabierto la presencia de otros árboles adultos cerca del área de regeneración, dan la protección necesaria para que los vientos, las heladas y granizadas, entre otros, no dañen el follaje del juvenil. Permitiendo así un buen desarrollo de la planta, el cual se ve reflejado en la mayor altura total alcanzada.

Para los sitios Izta-Popo C e Izta-Popo D, el crecimiento longitudinal observado fue muy bajo, debido quizás a que el dosel no es el factor determinante en su desarrollo, sino más bien es el factor altitudinal el de mayor influencia en su incremento (Cuadro 5).

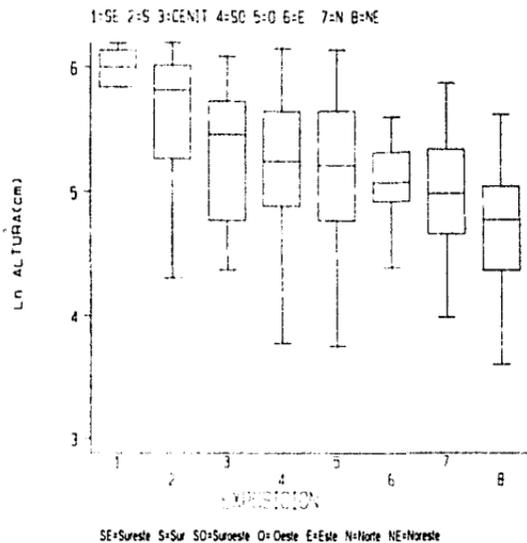
Por ello, es importante hacer hincapié de que no se puede afirmar que cualquiera de los factores ambientales estudiados por separado, sea más importante que otro. Más bien es que su influencia en mayor o menor grado en conjunto con la de los otros ocasiona las diferencias en el incremento en altura de *A. religiosa*.

#### **B). Factor Exposición:**

Otra variable que influyó de manera importante en el crecimiento longitudinal del Oyamel de acuerdo a la RLM fue la Exposición, la cual a los 10 años de edad tuvo una

**CUADRO 4. VALORES MEDIOS CON DESVIACION ESTANDAR PARA LOS SITIOS MUESTREADOS, CON RESPECTO A LA EXPOSICION Y ALTURA TOTAL A LA EDAD DE 10 AÑOS EN INDIVIDUOS JUVENILES DE OYAMEL.**

Exposición	Sitio	Total árboles	Altura total Mediasitio (cm)	Altura total MediasExposición (cm)	
SE	Tlaxco A	27	382.60	382.60	$\pm 1.33$
S	M. Monarca B	28	264.30	264.30	$\pm 1.74$
Cenit	Malinche B	33	272.70	199.00	$\pm 1.66$
	M. Monarca C		122.60		
SO	Zempoula A	59	255.70	189.00	$\pm 1.161$
	Izta-Popo D		141.00		
O	Izta-Popo A	117	291.00	174.60	$\pm 1.76$
	M. Monarca A		180.40		
	El Chico		173.00		
	Izta-Popo B		161.00		
	Izta-Popo C		135.80		
E	Zempoula B	30	157.70	157.70	$\pm 1.39$
N	Malinche A	56	204.80	149.60	$\pm 1.55$
	Marquesa B		118.40		
NE	Marquesa A	84	113.00	111.00	$\pm 1.53$
	Tlaxco B		118.40		
	Zoquiapan		101.70		



**Figura 4** Crecimiento longitudinal a la edad de 10 años para Oyamel, de acuerdo al tipo de exposición

significancia menor de 0.05 ( $P=0.000$  hasta cuatro cifras) y un coeficiente de regresión igual a  $-0.0489$  (Cuadro 2).

De acuerdo a los valores medios del ANDEVA bajo la exposición Sureste(SE), se obtuvo el mayor incremento en altura total: 382.60 cm (que corresponde al sitio Tlaxco A), seguido de las exposiciones Sur, Cenit, Suroeste y Oeste con valores de: 264.30, 199.00, 189.00 y 174.60 cm respectivamente (Cuadro 4), estos resultados son similares a los obtenidos por Madrigal (1967) para el Valle de Mexico.

Los sitios localizados en las exposiciones Este, Norte y Noreste, presentaron crecimientos longitudinales muy bajos, con valores medios de: 157.70, 149.60 y 111.00 cm respectivamente, llegando a ser hasta 71% menor que el observado en la exposición Sureste (Cuadro 4).

Como los valores medios son muy similares al valor de las medianas, éstas se utilizaron en la construcción de diagramas de caja para observar más claramente la diferencia que existe en el crecimiento de acuerdo al tipo de exposición (Figura 4).

Los resultados obtenidos difieren con lo reportados por otros autores (Chapa, 1976; Gomez, 1989; Sanchez *et al.*, 1991, y Lopez, 1993), quienes en sus respectivos estudios consideran que las mejores condiciones para el abeto son bajo las exposiciones Norte, Noreste y Noroeste. Cabe señalar que los trabajos mencionados se llevaron a cabo en una sola localidad del Eje Neovolcánico Transversal, en tanto que el presente trabajo se realizó en 8 diferentes Parque Nacionales localizados a lo largo del mismo

El mejor crecimiento observado en las exposiciones Sur, se explica en parte, porque bajo esta condición los rayos solares llegan más directamente a la planta, facilitando la realización de la fotosíntesis, que como ya se mencionó favorece el

crecimiento longitudinal del árbol. También dicha radiación solar genera calor que elimina la capa de hielo o escarcha que pudiera formarse en el suelo o sobre el follaje durante las heladas, provocando daños o interferencia en el crecimiento (Daubenmire, 1982).

Al analizar el crecimiento por sitios (Cuadro 4), se deduce que el menor incremento observado en Manposa Monarca C (lugar ubicado en una exposición Cenit) se debe a que es el factor dosel cerrado el que al parecer influye más en su desarrollo.

En tanto, en el sitio Malinche A localizado en exposición Norte, su crecimiento es alto, por lo cual se considero que es el factor dosel (Abierto) y la altitud (3 040 msnm), los que determinaron su buen crecimiento.

#### C) Factor altitud:

En lo que se refiere al gradiente altitudinal, este fue otra de las variables más significativas ( $P=0.023$ ) en el crecimiento del oyamel (Cuadro 2), este resultado concuerda con la apreciación de Madngal (1967), quien le da gran importancia a este factor como un determinante del desarrollo de *A. religiosa*.

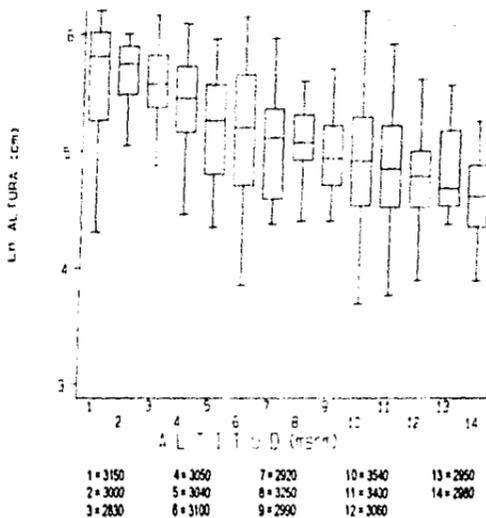
Los sitios de regeneración se localizaron en altitudes que van de los 2830-3540 msnm; dentro del rango de distribución esperado, de acuerdo a lo reportado por otros autores, que en general colocan a esta especie en altitudes de 2800-3600 msnm (Garduño, 1944; May Nah, 1971; Rodríguez, 1982; Alvarado, 1993).

De esta manera, los resultados muestran que los sitios de mayor crecimiento están localizados entre los 3000-3150 msnm (Cuadro 5 y Figura 5), lo que concuerda con lo encontrado por Manzanilla (1976).

Y contrasta con lo señalado por Sánchez *et al* (1991), quienes determinaron que las condiciones más favorables para el crecimiento de *A. religiosa* en el Cofre del Perote, Veracruz se encuentran en altitudes que van de los 3200-3400 msnm. De hecho,

**CUADRO 5. MEDIAS OBTENIDAS CON DESVIACION ESTANDAR EN RELACION A LA ALTITUD, PARA EL CRECIMIENTO EN ALTURA DE ARBOLES JOVENES DE OYAMEL A LOS 10 AÑOS DE EDAD.**

Altitud (msnm)	Sitio	Total árboles	Altura total Media/Sitio (cm)	Altura total Media/Altitud (cm)
3 150	Izta-Popo A	16	291.00	291.00 ± 1.32
3 000	M. Monarca B	28	264.30	264.30 ± 1.74
3 050	Tlaxco A Tlaxco B	35	382.60 118.40	250.00 ± 1.82
2 830	Zempoala A	29	255.70	255.70 ± 1.43
3 040	Malinche A Malinche B	46	204.80 272.70	232.00 ± 1.41
3 100	M. Monarca A	26	180.40	180.40 ± 1.70
2 920	El Chico	28	173.00	173.00 ± 1.86
3 250	Izta-Popo B	18	161.00	161.00 ± 1.63
2 990	Zempoala B	30	157.70	157.70 ± 1.39
3 540	Izta-Popo D	30	141.00	141.00 ± 1.48
3 400	Izta-Popo C	29	135.80	135.80 ± 1.74
3 060	M. Monarca C	13	122.60	122.60 ± 1.44
2 950	Marquesa A Marquesa B	59	113.00 114.00	113.50 ± 1.53
2 980	Zoquiapan	27	101.70	101.70 ± 1.44



**Figura 5** Gráfica que muestra el crecimiento longitudinal del Oyamel, de acuerdo a la Altitud

entre dichas altitudes se ubicaron los sitios Izta-Popo B e Izta-Popo C (3250 y 3400 msnm), los cuales presentaron un crecimiento bajo de acuerdo a nuestros resultados (Cuadro 5 y Figura 5).

Además, cabe mencionar que en Izta-Popo B la influencia negativa del viento se vio reflejada en una menor flexibilidad del tallo, provocando su fácil ruptura. Esto tal vez, debido a que bajo tal condición las plantas nunca alcanzan un grado adecuado de hidratación (Daubenmire, 1982).

El crecimiento bajo observado en altitudes mayores se debe probablemente a que la temperatura ambiental disminuye (un °C por cada 100 metros de altura), y el periodo de crecimiento estacional sea más corto que a altitudes menores, ya que las bajas temperaturas existentes determinan en gran medida la terminación del periodo de crecimiento longitudinal. Sumado a esto tenemos que la humedad disponible disminuye conforme aumenta la altitud presentándose en otras formas no asimilables por la planta, debido también a las bajas temperaturas (Enminghan, 1977).

Tal es el caso de Izta-Popo D el cual se ubica en una altitud casi límite para el desarrollo del abeto, en donde debido a las condiciones del país se registran frecuentes heladas en los meses de noviembre a marzo, siendo una limitante en el desarrollo del Oyamel ya que esta especie requiere de cierta humedad para su buen desarrollo (Rzedowski, 1988, Sánchez *et al.*, 1991).

Es importante hacer mención de que en Manposa Monarca C y Tlaxco B, sitios que a pesar de estar en altitudes que de acuerdo a la RLM son óptimas para su buen crecimiento este no se presentó, porque al parecer los factores que están determinando su menor crecimiento son el Dosel y la Exposición (Cuadros 3 y 4).

**D) Factor Clima:**

**Temperatura media:**

La temperatura media podría considerarse poco importante para el crecimiento longitudinal del oyamel de acuerdo a la regresión lineal múltiple realizada, ya que su valor de significancia fue de  $P=0.419$

Los sitios muestreados en este trabajo presentaron temperaturas de entre 10.6 y 20.2 °C. con mejores crecimientos en las temperaturas de 13.6 a 15.5 °C coincidiendo con la bibliografía consultada (Rzedowski, 1978).

El mayor incremento se encontró en los sitios de Tlaxco con una altura promedio de 250.00 cm registrando una temperatura de 15.5 °C, seguido de los sitios de Malche con una temperatura de 15.1 °C y un incremento 232.00 cm. A temperaturas menores el crecimiento es menor, como ocurre en el sitio Zoquiapan con una temperatura 10.6 °C se da un incremento 101.70 cm (Cuadro 6).

Esto es apoyado por el estudio efectuado por Cregg y Dougherty (1988) en donde se afirma que la temperatura junto con la materia orgánica son los factores más importantes en el crecimiento, ya que al aumentar la temperatura existe un mayor incremento

Es importante considerar que en sitios muy fríos como lo es el sitio Izta-Popo B a pesar de existir un crecimiento no tan bajo como en otros sitios, la influencia de los vientos y las heladas son determinantes en la calidad de la madera, ya que en dicho sitio esta presenta menor flexibilidad llegando a quebrarse con muy poco esfuerzo.

**CUADRO 6. CRECIMIENTO LONGITUDINAL DE OYAMEL, DE ACUERDO A LOS VALORES MEDIOS OBTENIDOS PARA ANDEVA, CON RESPECTO A LA TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL DE LOS MESES MAYO A OCTUBRE (1981-1991).**

Precipitación total (mm)	Temperatura media (°C)	Sitio	Altura total Media/Sitio (cm)	Altura total Media (cm)
519.8	15.5	Tlaxco A	382.60	250.00
		Tlaxco B	118.40	
594.5	15.1	Malinche A	204.80	232.00
		Malinche B	272.70	
1254.3	13.6	Zempoala A	255.70	200.00
		Zempoala B	157.70	
684.1	20.2	M. Monarca A	180.40	196.30
		M. Monarca B	264.30	
		M. Monarca C	122.60	
1052.2	14.1	El Chico	173.00	173.00
801.00	14.5	Lta-Popo A	291.00	162.70
		Lta-Popo B	161.00	
		Lta-Popo C	135.80	
		Lta-Popo D	141.00	
1054.00	12.4	Marquesa A	113.00	113.50
		Marquesa B	114.00	
789.8	10.6	Zoquiapan	101.70	101.70

### **Precipitación total:**

La precipitación total de los meses de crecimiento (mayo-octubre) presentó un valor de significancia de  $P=0.419$ . Dicho valor nos muestran que al parecer la precipitación no tiene una influencia importante según la RLM en el incremento total de *A religiosa*.

Entre sitios con las mismas condiciones de temperatura y precipitación se presentaron diferencias en cuanto al incremento longitudinal, como es el caso de Mariposa Monarca, donde el sitio B presentó un incremento de 264.30 cm, el sitio A 180.40 cm y el C con 122.60 cm existiendo un diferencia entre el sitio A y B de casi el doble del crecimiento, sin quedarse atrás el sitio C, tal diferencia esta dada por otros factores entre los que destacan la Apertura de Dosel, la Exposición y la Altitud.

Podemos observar que en lugares como La Marquesa A donde se registro una precipitación 1054.00 mm se puede considerar una de las más altas de los diferentes lugares visitados presentó un incremento de 113.00 cm es un crecimiento entre los más bajos, en cambio lugares como La Malinche A con una precipitación 594.30 cm registra un incremento 204.80 cm, esto demuestra que no toda la precipitación esta disponible para la vegetación

Tal vez, esta poca influencia de la precipitación se debe a que todos los sitios visitados estén situados en zonas donde las lluvias son frecuentes (en los meses de mayo a octubre). En general se afirma que las lluvias aumentan al ascender la ladera de la montaña, sólo hasta una altitud de aproximadamente 3000 msnm. Más allá existe una disminución progresiva hasta la cima (Daubenmire, 1982).

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y en la discusión anterior se puede concluir:

1. El factor ambiental que más influyó en el crecimiento en altura total de *A. religiosa* a los 10 años de edad, de acuerdo a la Regresión Lineal Múltiple fue el Dosel con una significancia de  $P=0.000$  y un coeficiente de regresión de  $-0.1482$ . Presentando mayor crecimiento en zonas abiertas del bosque, con un valor promedio de 197.50 cm. Mientras que en sitios con dosel cerrado el incremento fue 38% menor.

El dosel cerrado en los primeros 5 años no afecta el crecimiento de la especie, de acuerdo con lo obtenido en la Regresión lineal, pero a los ocho años esta situación influye negativamente en el crecimiento total en altura del oyamel. Por lo que se sugiere abrir paulatinamente el dosel entre dichas edades.

2. El segundo factor más importante en el desarrollo del oyamel fue la exposición con una significancia de  $P=0.000$  y un coeficiente de regresión de  $-0.0489$ . Bajo la exposición Sureste, Sur, Cenit y Suroeste el arbolado juvenil presentó mejor crecimiento, con valores medios de 382.60, 264.30, 199.00 y 189.00 cm respectivamente. En tanto que en las exposiciones Este, Norte y Noreste el incremento fue hasta 71% menor que en las localidades orientadas al Sur, lo cual difiere con lo reportado por otros autores.

3. En el rango de distribución media que va de los 3000-3150 msnm se presentaron los mejores crecimientos de altura total de la especie a la edad de 10 años con valores medios de hasta 291.00 cm.

4. De acuerdo a la Regresión Lineal Múltiple las variables climáticas (temperatura media

y la precipitación total de los meses mayo-octubre) no mostraron una relación con el crecimiento longitudinal de los árboles juveniles de *A. religiosa*.

5. Los sitios de muestreo presentaron un comportamiento de tipo potencial entre las variables Altura y Edad, a las cuales se les hizo una transformación lineal a logaritmo natural mostrando un alto coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, H.M. 1988. Análisis de la campaña emergente de control y combate del defoliador del Oyamel *Evita hyalinaria blandaria* (Lepidoptera: Geometridae). Tesis profesional. UACH., México.
- Alvarado, R.D. 1989. Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Valle de México. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Alvarado, R.D.; L.I. de Bauer y J. Galindo A. 1993. Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park south of Mexico City. ENVIRON.POLLUT. 80(2):115-121.
- Blank, W; T.M. Roberts y Skeffington. 1988. New Perspectives on forest decline NATURE 336(3):27-30.
- Bojorges, S.J.A. 1990. Índice de sitio pra Oyamel en Zoquiapan, México. Tesis UACH. México.
- Chapa, B. M. 1976. Pncipales técnicas de cultivo para árboles de navidad. INIFAP. Bol.Div. 41. 85p.
- Cregg, B.M. y P.M. Dougherty. 1988. Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand density and climatic factors. CAN.J.FOR.RES. 18 851-858.

- Daubenmire, R.F. 1982. *Ecología vegetal*. LIMUSA. México. 496 p.
- Dowdy, S. y S. Wearden. 1983. *Statistics for research*. John Wiley & Sons. USA. 155p.
- Enminghan, W.H. 1977. Comparison of selected Douglas fir seed sources for cambial and leader growth patterns in four western Oregon environments. *CAN.J.FOR.RES.* 7(1):154-164.
- Flores, C. 1977. Importancia de la humedad de invierno en el desarrollo de los árboles y cosecha de maíz en Chihuahua. México y sus bosques XVI(4):19-26.
- Gagnon, D. y G.E. Bradfield. 1987. Gradient analysis of west central Vancouver Island forests. *CAN.BOT.* 65(5):822-833.
- Garduño, G.R. 1944. El oyamel y su aprovechamiento. UACH, México.
- Gauch, G.H. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge USA. 298p.
- Gómez, G.A. 1989. Relación entre algunas condiciones edáficas y topográficas con los índices de sitio y de terreno de dos coníferas. Tesis maestría. Centro de Edafología. UACH. México.
- González, G.M. de J. 1985. Comportamiento de la germinación y crecimiento inicial de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., en diferentes aperturas de dosel.

- preparaciones al suelo y variantes de siembra en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. UACH. México.
- Grace, J. y D.A. Norton. 1990. Climate and growth of *Pinus sylvestris* at its upper altitudinal limit in Scotland: evidence from tree growth-rings. JOURNAL OF ECOLOGY. 78:601-610.
- Grijpma, P. 1982. Producción forestal. Editorial TRILLAS México. Primera reimpresión. 134p.
- Haiden, G. 1985. Implicaciones internacionales de la contaminación atmosférica. IX Congreso Forestal Mundial. SARH. Tomo I. pp 61-64.
- Hair, J.A. 1979. Multivariate data analysis. Petroleum Publishing Oklahoma USA. pp: 31-80
- Hinnchsen, D. 1987. The forest decline enigma: What underlies extensive dieback on two continents?. BIOSCIENCE. 37(8):542-546.
- Hocker, Jr. W. 1984. Introducción a la biología forestal. AGT México. 446 pp.
- INEGI 1988 Atlas Nacional del Medio Físico. México.
- INIFAP. 1988. Cuarto Simposium Nacional de Parasitología forestal y IV Conferencia en Plagas y enfermedades forestales. Memoria. No. 60. 556pp.

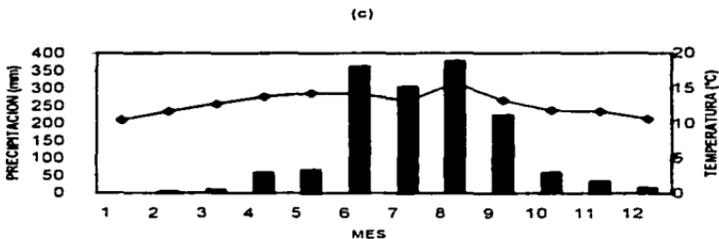
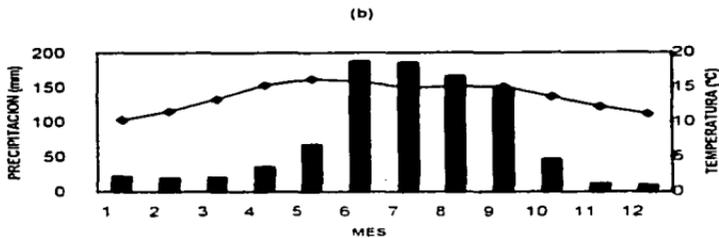
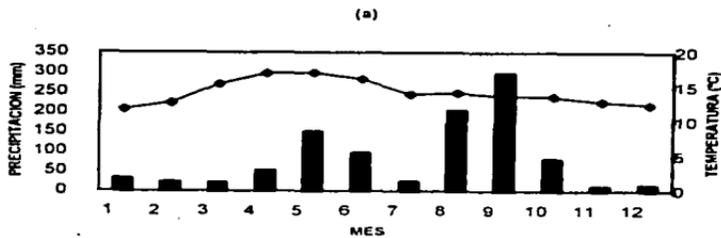
- Jardel, P.E. 1985. Una revisión crítica del Método Mexicano de Ordenación de Bosques. CIENCIA FORESTAL. 10(58):3-16.
- y L.R. Sánchez-Velásquez. 1989. La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. CIENCIA Y DESARROLLO XIV(84) 33-43.
- Kimura, Makoto, W. Kimura; S. Homma; T. Hasuno y T. Susaki. 1986. Analysis of development of a subalpine *Abies* stand based on the growth processes of individual trees. ECOL.RES. 1(3):229-248
- Keplac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Departamento de Enseñanzas e Investigaciones de bosques. UACH. México. Segunda edición.
- Kramer, J.P. y T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press New York. p:534-545.
- López, L.M.A. 1993. Evaluación nutrimental de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones, D.F. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Madrigal, S.X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel en el Valle de México. Tesis profesional. IPN. México.
- Manzanilla, H. 1974. Investigaciones Epidiométricas y Bosques mexicanos de *Abies religiosa*. SAG. México. 165 p.

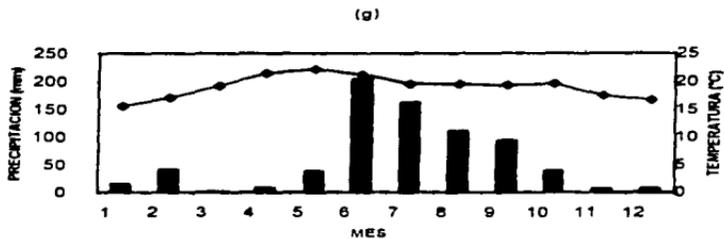
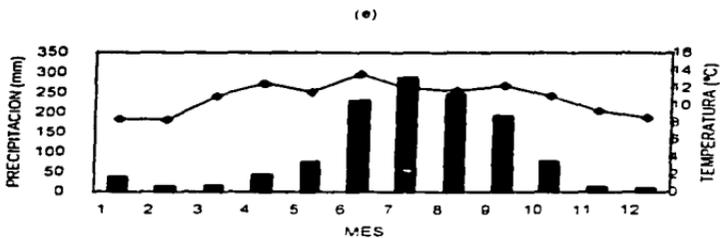
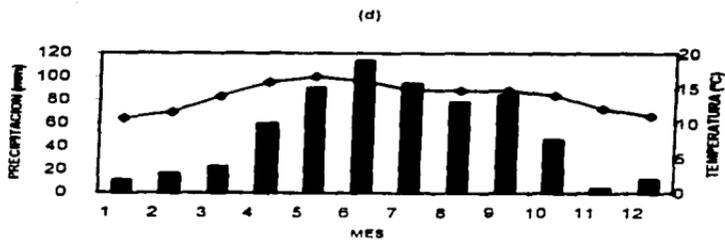
- Mas, P.J. 1978. Características del crecimiento de seis especies mexicanas de pino con gran futuro para reforestaciones artificiales. Memorias de la Primera reunion nacional de plantaciones forestales SARH. Publicación especial 13:27-32.**
- May Nah, A. 1971. Estudio fitoecológico del campo experimental forestal " San Juan Tetla", Edo de Puebla México. Tesis biologo IPN México.**
- Mendenhall, W. 1987. Introduccion a la probabilidad y la estadística. Grupo Editorial Iberoaménca Mexico. 626p**
- Müller-Dombois, D. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. JOHN WILEY & SONS. USA 547p**
- Niembro, R. A. 1990. Arboles y arbustos útiles de México. LIMUSA México. 206p**
- Ortega, S. V.J. 1962. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Abies religiosa*. Tesis profesional. UACH. México.**
- Patiño, V.F. 1977. La importancia del mejoramiento genético en las plantaciones forestales. México y sus bosques XVI(4):41-43.**
- Rivera, V.G. 1989 Contribución al estudio Fitoecológico del Parque Cultural y recreativo Desierto de los Leones. Tesis Profesional. ENEP ZARAGOZA. México.**

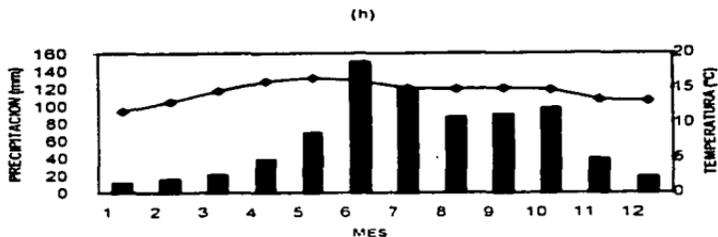
- Rodríguez, A.A. 1983. Muérdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* en México. CIENCIA FORESTAL 8(45):7-45.
- Rojas, G.M. 1993. Fisiología vegetal aplicada. INTERAMERICANA. Primera edición.
- Ross, M.S; T.L.Shank y D. W. Smith. 1982. Age-Struture relationships of tree species in an Appalachian oak forest in southwest Virginia. BULL.OF THE TORREY BOTANICAL CLUB. 109(3):287-298.
- Rzedowski, J; G.L. Vela y S.X. Madrigal. 1977. Algunas consideraciones acerca de la dinámica de los bosques de coníferas en México. CIENCIA FORESTAL. 2(5):15-35.
1988. Vegetación de México. LIMUSA México. Cuarta reimpression. 432 p.
- Sánchez, V.L.R.; M. del R. Pineda L. y A. Hernández M. 1991. Distribución y estructura de *Abies religiosa* en el Cofre de Perote. ACTA BOTANICA MEXICANA. 16:45-55.
- SARH. 1992. Inventario Forestal Nacional de Gran Visión de México. Reporte Oficial. pp: 1-39.
- SEDUE. 1989. Información básica sobre las áreas naturales protegidas de México. 34p.

- Shankman y Daly. 1988. Forest regeneration above tree limit depressed by fire in the Colorado Front Range. BULL. TORREY BOT. CLUB. 115(4):272-279.
- Spurr, S.H. y V.B. Barnes. 1982. Ecología forestal. AGT México. Tercera edición.
- White, S.P. y M.D. MacKenzie. 1985. Natural disturbance and gap phase dynamics in southern Appalachian spruce-fir forests. CAN. J. FOR. RES. 15:233-240.
- Whitmore, T.C. 1988. The influence of tree population dynamics on forest species composition. BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLICATIONS. Oxford, USA. pp:271-291.
- Young, A.R. 1991. Introducción a las ciencias forestales. LIMUSA. México.

## **APENDICE 1**







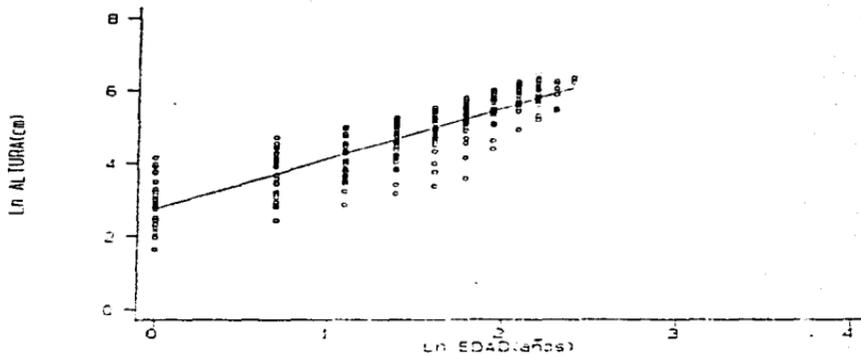
1 ENE 2 FEB 3 MAR 4 ABR 5 MAY 6 JUN 7 JUL 8 AGO 9 SEP 10 OCT 11 NOV 12 DIC.

**Fig. 1.** Climogramas que muestran los valores medios mensuales (1982-1992) de Temperatura media (°C) y Precipitación total (mm), proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones: a) Mineral el Chico Hidalgo, b). Amecameca Edo. de México, c) Huitzilac, Morelos, d) Huamantla Tlaxcala, e) La Marquesa Edo. de México, g) Angamcutiro Michoacan y h) Tlaxco Tlaxcala.

## **APENDICE 2**

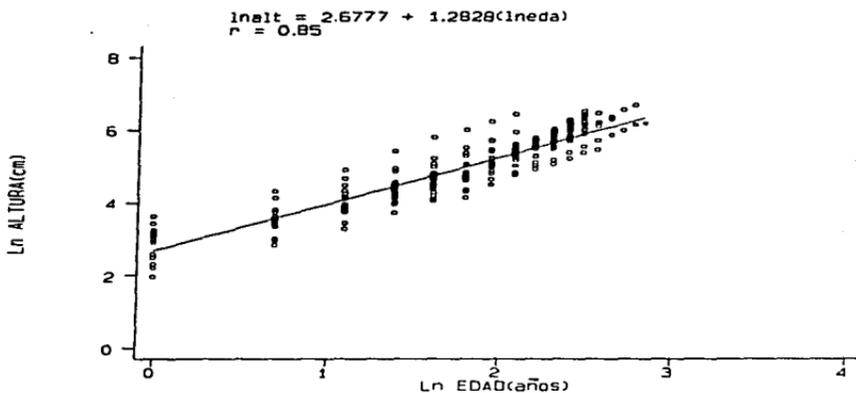
$$\ln alt = 2.7364 + 1.3654(\ln eda)$$

$$r^2 = 0.76$$



$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura  $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad  
 $r^2$  = Coeficiente de determinación

Figura 1. Regresión lineal del sitio Tlaxco A, para individuos juveniles de *A. religiosa*

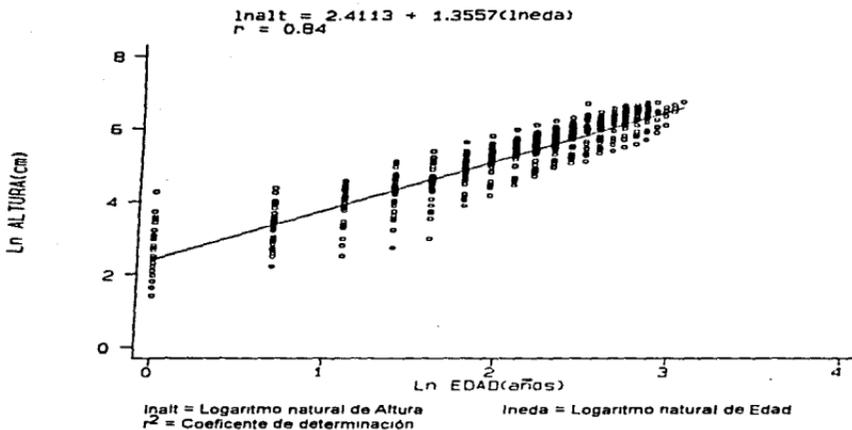


$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura

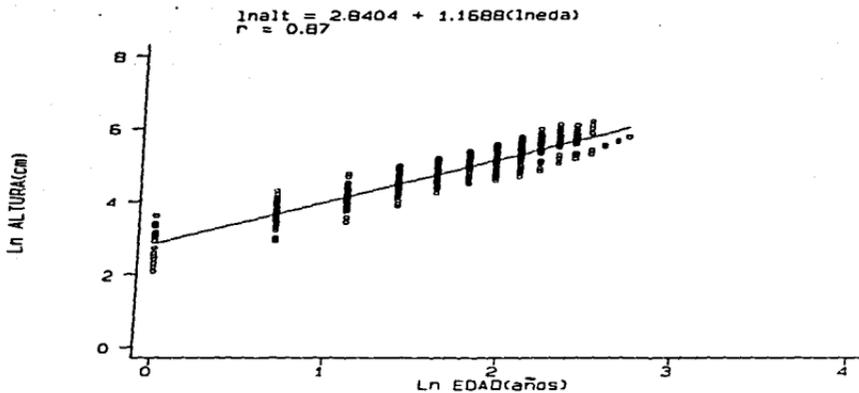
$\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

$r^2$  = Coeficiente de determinación

FIG:2 Regresión lineal del sitio Izta-Popo A, para individuos jóvenes de *Abies religiosa*.

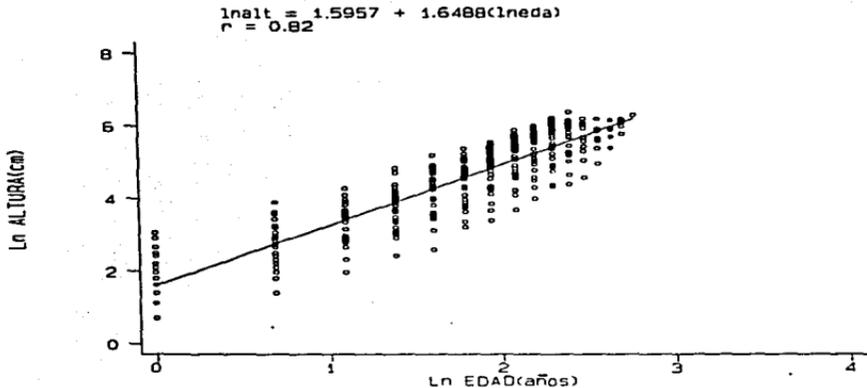


**Figura 3. Regresión lineal del sitio Lagunas de Zempoala A, para individuos juveniles de *A. religiosa***



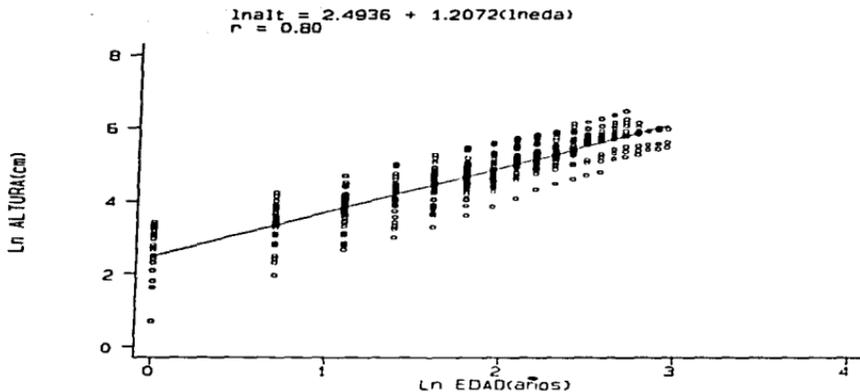
$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura     $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad  
 $r^2$  = Coeficiente de determinación.

Figura 4. Regresión lineal del sitio La Malinche B, para individuos juveniles de *A. religiosa*



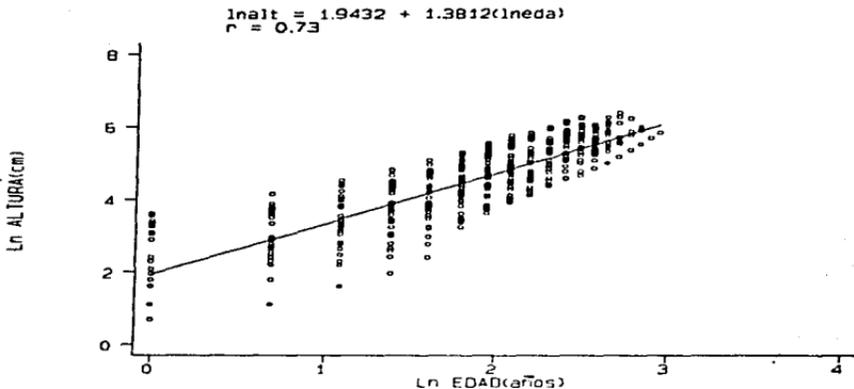
$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura  
 $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad  
 $r^2$  = Coeficiente de determinación

Figura 5. Regresión lineal del sitio Mariposa Monarca B, para individuos juveniles de *A. religiosa*



$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura  $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad  
 $r^2$  = Coeficiente de determinación.

Figura 6. Regresión lineal del sitio La Malinche A. para individuos juveniles de *A. religiosa*

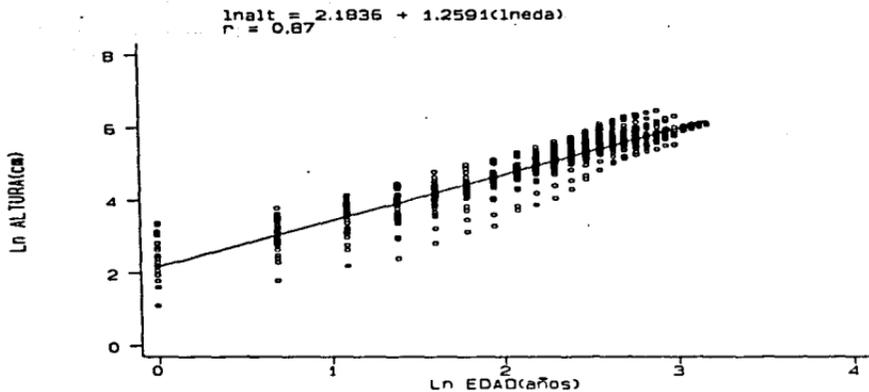


$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura

$\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

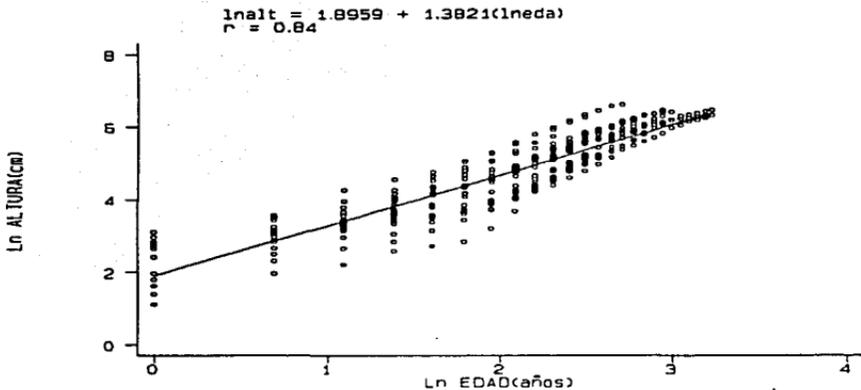
$r^2$  = Coeficiente de determinación

**FIG.7.** Regresión lineal del sitio Mariposa Monarca A para individuos jóvenes de *A. religiosa*.



$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura  $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad  
 $r^2$  = Coeficiente de determinación.

**Figura 8. Regresión lineal del sitio Lagunas de Zempoala B, para individuos juveniles de *A. religiosa***



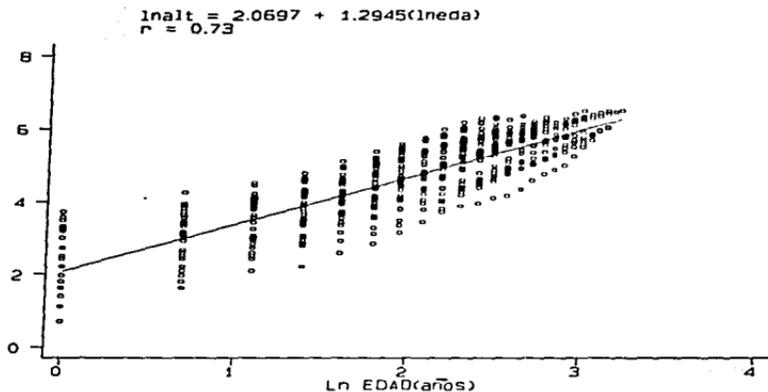
$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura

$\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

$r^2$  = Coeficiente de determinación

FIG. 9. Regresión lineal del sitio Izta-Popo B, para individuos juveniles de *A. religiosa*.

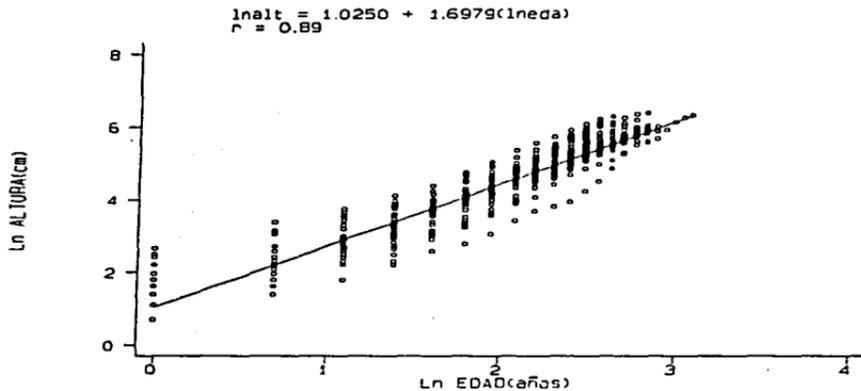
Ln ALTURA (cm)



$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura  
 $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

$r^2$  = Coeficiente de determinación.

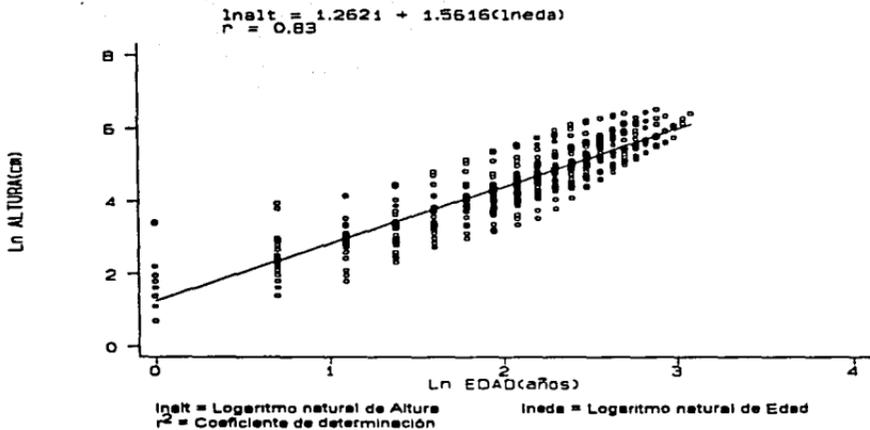
Figura 10. Regresión lineal del sitio El Chico; para individuos juveniles de *A. religiosa*



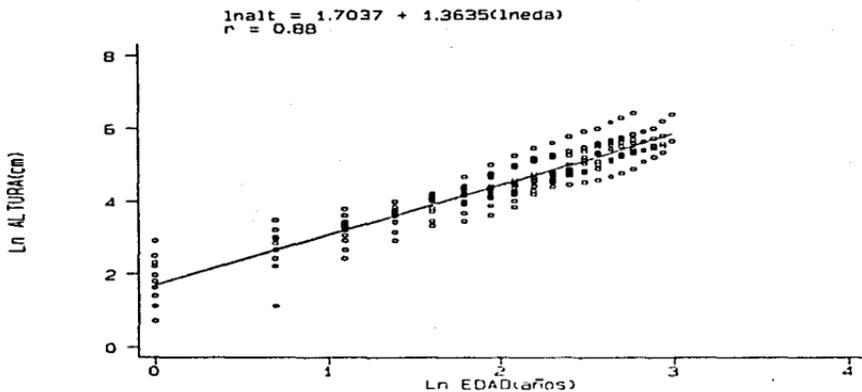
$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura  $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

$r^2$  = Coeficiente de determinación

Figura 11. Regresión lineal del sitio Izta-Popo D, para individuos juveniles de *A. religiosa*

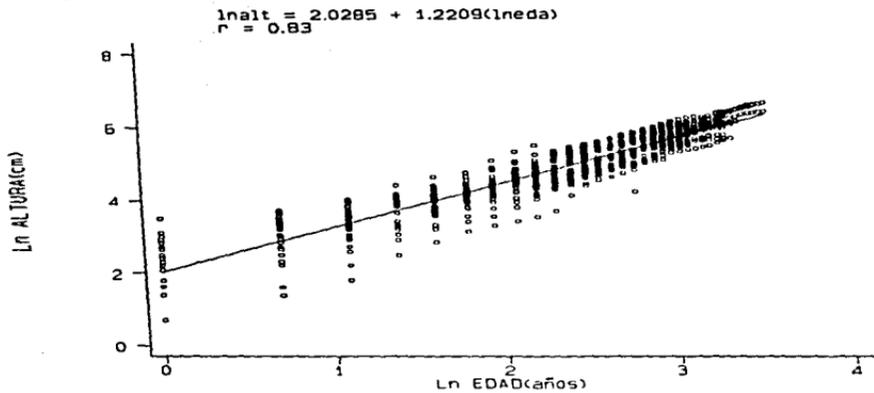


**FIG.12. Regresión lineal del sitio Izta-Popo C, para individuos jóvenes de *A. religiosa*.**



$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura  $\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad  
 $r^2$  = Coeficiente de determinación

Figura 13. Regresión lineal del sitio Mariposa Monarca C, para individuos juveniles de *A. religiosa*



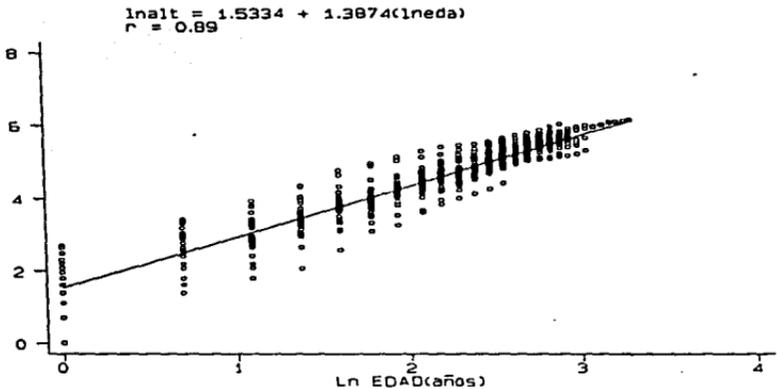
$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura

$\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

$r^2$  = Coeficiente de determinación

FIG. 14. Regresión lineal del sitio Tlaxco B, Tlaxcala para individuos juveniles de *Abies religiosa*.

LN ALTURA(cm)



$\ln alt$  = Logaritmo natural de Altura

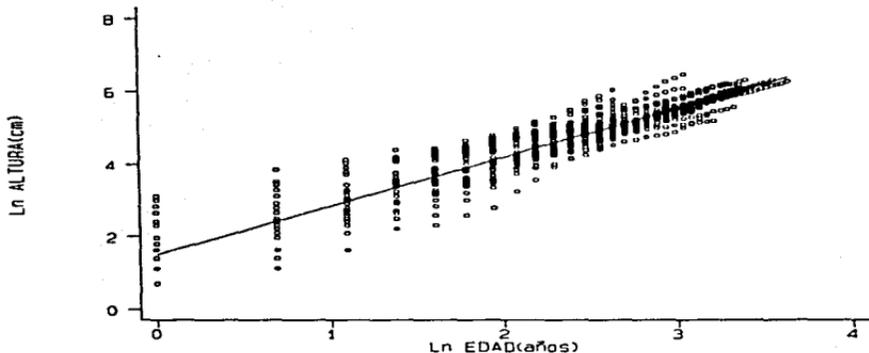
$\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

$r^2$  = Coeficiente de determinación

FIG.15. Regresión lineal del sitio La Marquesa B para individuos jóvenes de A.  
*religiosa.*

$$\ln ait = 1.4954 + 1.3364(\ln eda)$$

$$r^2 = 0.87$$



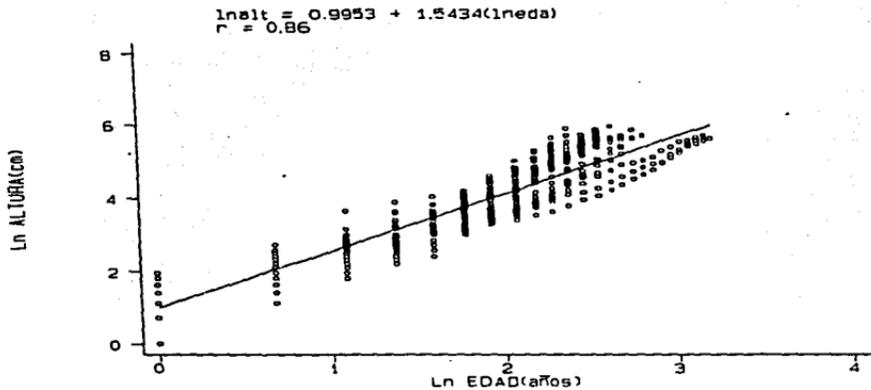
$\ln ait$  = Logaritmo natural de Altura

$\ln eda$  = Logaritmo natural de Edad

$r^2$  = Coeficiente de determinación

FIG. 16. Regresión lineal para el sitio Zoquiapan, de individuos juveniles de *A. religiosa*.

ESTA TESIS NO PUEDE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



lnalt = Logaritmo natural de Altura  
 $r^2$  = Coeficiente de determinación

lneda = Logaritmo natural de Edad

FIG.17. Regresión lineal del sitio La Marquesa A, para individuos jóvenes de *A. religiosa*.

## **APENDICE 3**

**ANDEVA PARA LOGARITMO NATURAL DE ALTURA TOTAL (lnaR) A LOS 10 AÑOS DE EDAD CON RESPECTO AL FACTOR APERTURA DE DOSEL (do), EN ARBOLES JUVENES DE A. religiosa.**

Source	Adjusted SS	Variance	F	Prob > F
	DF	MS		
Between Groups	11.454929	4.483282	14.00	0.0000
Within Groups	120.41241	1.003437		
Total	131.86734			

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(2) = 11.45492$  Prob = 0.12 = 0.000

Comparison of Means by do

Row Mean	1	2
Col Mean	0	1
1	0.000	0.000
2	0.000	0.000
3	0.000	0.000
4	0.000	0.000
5	0.000	0.000
6	0.000	0.000
7	0.000	0.000

**ANALISIS DE VARIANZA PARA EL LOGARITMO NATURAL DE ALTURA TOTAL (lnaR) DE ARBOLES JUVENILES DE OYAMEL A LOS 10 AÑOS DE EDAD CON RESPECTO A LA EXPOSICION (exp).**

Source	Adjusted SS	Variance	F	Prob > F
	DF	MS		
Between Groups	1.000000	0.000000	1.00	0.0000
Within Groups	120.41241	1.003437		
Total	121.41241			

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(2) = 1.00000$  Prob = 0.60 = 0.000  
 Comparison of Means by exp

Row Mean	0	1	2	3	4	5	6
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**ANDEVA CON RESPECTO A LA ALTITUD (m) DE ALTURA TOTAL (m) A LOS 10 AÑOS DE EDAD, EN ARBOLES DE OYAMEL.**

		Analysis of Variance						
Source		SS	df	MS	F	Prob. > F		
Between groups		40.5170949	13	3.1166923	14.68	0.0000		
Within groups		84.8047081	800	0.1060310				
Total		125.3218030	813	0.15406059				
Bartlett's Test for equal variances: $\chi^2(13) = 41.4199$ Prob. > $\chi^2(13) = 0.0000$								
Comparison of Means by $t$ (0.05) (0.001)								
Row Mean	1	2830	2830	2830	2830	2830	3000	3340
Col Mean	1	2830	2830	2830	2830	2830	2830	2830
1	270	-1.90812 0.134						
2	285	-0.12782 0.000	-1.42195 0.000					
3	290	-1.92139 0.000	-1.541107 0.000	-1.109157 1.000				
4	295	-1.48176 0.000	-1.08244 1.000	-1.329206 0.141	-4.38364 0.034			
5	300	-0.32734 1.000	-1.39666 0.000	-0.85517 0.000	-1.954673 0.000	-1.51631 0.000		
6	305	-0.99753 1.000	-1.04081 0.749	-1.15041 0.000	-1.24408 0.000	-1.06656 0.000	-1.10295 1.000	
7	305	-0.9574 1.000	-1.14408 1.000	-1.1754 0.454	-1.06609 0.104	-1.05164 1.000	-1.56794 0.000	-1.561704 1.000
8	305	-1.7576 1.000	-1.14408 1.000	-1.17523 1.000	-1.06609 1.000	-1.05164 1.000	-1.76794 0.000	-1.67768 1.000
9	310	-1.349014 0.400	-1.041818 1.000	-1.43769 0.000	-1.52925 0.000	-1.11563 1.000	-1.181746 1.000	-1.251462 1.000
10	315	-1.9053 1.000	-1.10665 0.000	-1.041818 0.000	-1.05099 0.000	-1.01729 0.000	-1.036319 1.000	-1.26604 1.000
11	325	-1.46244 0.000	-1.071652 1.000	-1.35038 0.453	-1.51455 0.104	-1.02792 1.000	-1.436218 0.000	-1.164933 0.195
12	340	-1.83258 0.000	-1.242426 1.000	-1.78525 1.000	-1.98061 1.000	-1.14868 1.000	-1.436992 0.000	-1.535767 0.000
13	350	-1.594011 0.000	-1.203779 1.000	-1.18172 1.000	-1.27328 0.701	-1.11134 1.000	-1.273345 0.000	-1.484342 0.000
Row Mean	1	3050	3050	3050	3050	3050	3400	3540
Col Mean	1	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050
1	305	-2.10619 1.000						
2	310	-1.86222 1.000	-1.196246 1.000					
3	315	-1.604293 0.000	-1.064113 0.000	-1.19067 0.138				
4	325	-0.72756 1.000	-1.17375 1.000	-1.11471 1.000	-1.09157 0.000			
5	340	-1.09018 1.000	-1.10701 1.000	-1.28144 1.000	-1.76211 0.000	-1.17771 1.000		-1.08647 1.000

**ANDEVA CON RESPECTO A LA PRECIPITACION TOTAL (mm) DE LOS MESES DE CRECIMIENTO Y LA ALTURA TOTAL A LA EDAD DE 10 AÑOS EN OYAMELES JUVENILES.**

Source	Analysis of Variance			F	Prob > F	
	SS	df	MS			
Between groups	24.5635187	7	3.5090741	14.13	0.0000	
Within groups	100.848374	406	24839501			
Total	125.411893	413	303460758			

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(7) = 27.7525$  Prob> $\chi^2 = 0.000$

Comparison of Inalt by pp (Bonferroni)

Row Mean - Col Mean	519.8	594.5	684.1	789.8	801	1052.2	1054
519.8							
594.5	.437489 0.003						
684.1	.37082 0.266	-.166889 1.000					
789.8	-.384699 0.073	-.824388 0.000	-.657519 0.000				
801	.078422 1.000	-.359034 0.002	-.192147 0.484	.445351 0.001			
1052.2	.144408 1.000	-.283281 0.404	-.126412 1.000	.531107 0.003	.063756 1.000		
1054	-.277542 0.363	-.715231 0.000	-.548342 0.000	.108157 1.000	-.336195 0.001	-.42193 0.007	
1254.3	.289354 0.180	-.148335 1.000	.018334 1.000	-.476053 0.000	.210702 0.321	.144844 1.000	.544894 0.000

**ANDEVA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA MEDIA(°C) DE LOS MESES DE CRECIMIENTO CON RESPECTO A LA ALTURA TOTAL (cm) A LOS 10 AÑOS EN ARBOLES JUVENILES DE OYAMEL.**

Source	Analysis of Variance			F	Prob > F	
	SS	df	MS			
Between groups	24.5635187	7	3.5090741	14.13	0.0000	
Within groups	100.848374	406	24839501			
Total	125.411893	413	303460758			

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(7) = 27.7525$  Prob> $\chi^2 = 0.000$

Comparison of Inalt by tm (Bonferroni)

Row Mean - Col Mean	10.6	12.4	13.6	14.1	14.5	15.1
10.6						
12.4	.108157 1.000					
13.6	-.476053 0.000	.366894 0.000				
14.1	-.531107 0.003	-.42195 0.007	-.144844 1.000			
14.5	-.445351 0.001	-.359195 0.001	-.210702 0.321	-.063756 1.000		
15.1	-.824388 0.000	-.715231 0.000	-.148335 1.000	.293281 0.359036		

		0.000	0.000	1.000	0.406	0.002	
15.5		.386699	.277542	-.289354	-.144408	-.078652	-.437689
		0.073	0.263	0.190	1.000	1.000	0.003
20.2		-.637519	-.568362	-.018534	.126412	-.192167	-.166969
		0.000	0.000	1.000	1.000	0.464	1.000
Row Mean							
Col Mean		15.5					
20.2		.27082					
		0.266					

---

## **APENDICE 4**

**Análisis de Regresión Lineal Múltiple de ln de altura total a la edad de 5 años, para árboles de A. religiosa, con respecto a las variables ambientales: Exposición (exp), Doseil (do), Altitud (alt), Temperatura media (tm) y Precipitación total (pp) en el Eje Neovolcánico Transversal.**

. regress lnalt exp do al tm pp if eds--5

Source	SS	df	MS	Number of obs =	455
Model	26.199782	5	5.23987584	F( 5, 449) =	14.779
Residual	162.083163	457	.354667752	Prob > F =	0.0000
Total	188.282945	462	.407537969	R-squared =	0.1341
				Adj R-squared =	0.1297
				Root MSE =	.59554

lnalt	Coeff.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
exp	-.0870001	.0141174	-6.163	0.000	-.1147432	-.0592567
do	-.0085423	.0379104	-0.225	0.827	-.0810426	.0659581
al	-.0009659	.0001713	-5.638	0.000	-.0011026	-.0008292
tm	-.0031138	.0146964	-0.212	0.832	-.0419347	.0357067
pp	-.0001675	.0001497	-2.454	0.014	-.0004617	.0001267
_cons	7.622509	.696033	10.951	0.000	6.254687	8.990331

**Análisis de Regresión Lineal Múltiple de ln de altura total a la edad de 8 años, para árboles de A. religiosa, con respecto a las variables ambientales: Exposición (exp), Doseil (do), Altitud (alt), Temperatura media (tm) y Precipitación total (pp) en el Eje Neovolcánico Transversal.**

. regress lnalt exp do al tm pp if eds--8

Source	SS	df	MS	Number of obs =	455
Model	20.2724178	5	4.05448357	F( 5, 449) =	11.885
Residual	131.355678	449	.290005965	Prob > F =	0.0000
Total	151.628096	454	.331819777	R-squared =	0.1340
				Adj R-squared =	0.1273
				Root MSE =	.54498

lnalt	Coeff.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
exp	-.0609007	.0133611	-4.558	0.000	-.0871589	-.0346426
do	-.0880458	.0346199	-2.529	0.012	-.1564778	-.0196157
al	-.0006092	.0001598	-3.856	0.000	-.0009197	-.0002987
tm	-.0193107	.0136652	-1.413	0.158	-.0754449	.0461684
pp	-.0000689	.0001401	-0.492	0.623	-.0003442	.0002063
_cons	6.748413	.6499186	10.383	0.000	5.471153	8.025673

Análisis de Regresión Lineal Múltiple de la altura total a la edad de 15 años, para árboles de *A. religiosa*, con respecto a las variables ambientales: Exposición (exp), Dosis (do), Altitud (alt), Temperatura media (tm) y Precipitación total (pp) en el Eje Neovolcánico Transversal.

. regress inalt exp do al tm pp if eda--15

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	241
Model	12.0595982	5	2.41191964	F(5, 235)	=	14.70
Residual	38.5667601	235	.164119874	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.2382
				Adj R-squared	=	0.2220
Total	50.6263582	240	.210943159	Root MSE	=	.40511

inalt	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
exp	-.0121786	.0168497	-0.724	0.471	-.0210192 .0055725
do	-.125047	.0365917	-3.417	0.001	-.1971407 -.0529533
al	.0003824	.0001652	2.314	0.022	.0000569 .0007076
tm	.0717722	.0176382	4.064	0.000	.0370233 .1065213
pp	-.0008937	.0001678	-5.326	0.000	-.0005633 -.0012243
_cons	2.822426	.7961043	3.545	0.000	1.254013 4.390839