

# UNIVERSIDAD VERACRUZANA

INSTITUTO DE GENÉTICA FORESTAL

"VARIACIÓN DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE TRES  
PROCEDENCIAS DE *Pinus teocote* Schl. & Cham."

## TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRA EN

ECOLOGÍA FORESTAL

PRESENTA

Elba Olivia Ramírez García

Dirigida por:

M. c. Lilia del Carmen Mendizábal Hernández

Xalapa-Enríquez., Ver. Septiembre del 2000.

## 1. INTRODUCCIÓN

México es considerado como uno de los países del mundo con mayor número de especies del género *Pinus*, que han cubierto grandes extensiones de casi todos los Estados del país como resultado directo de la variedad de ambientes, encargada de proporcionar la diversidad de hábitats (Eguiluz, 1988). Lo anterior nos da una idea del alto grado de variabilidad en las características de adaptación de dicho género.

Desafortunadamente estas especies han sido sometidas a diferentes presiones ambientales principalmente de tipo antropogénico, lo cual ha provocado una drástica reducción en el tamaño y diversidad genética de sus poblaciones, ocasionando que algunos ecotipos esten representados en su mayoría por fenotipos indeseables (Caballero y Bermejo, 1994) o bien en otros casos se encuentren en peligro de extinción, perdiéndose con ellos un valioso material genético y un recurso no bien aprovechado en el caso de las especies cuyo máximo potencial aún no se ha estudiado.

*Pinus teocote* es una de las especies mexicanas que se ha visto afectada por la cultura silvícola dedicada sólo a la extracción, así mismo por los recientes incendios forestales, esto ha alertado a los forestales para realizar trabajos de conservación en esta especie. Dvorak y Donahue (1993), recomiendan ensayar un muestreo amplio de distribución para determinar el grado de variación dentro de la especie, ya que algunas procedencias pueden adaptarse a temperaturas más frías que las que puede tolerar *P. patula*.

La variación que observamos entre y dentro de las especies es debida a diferencias genéticas y ambientales así como a la interacción entre ambas, sin embargo en una condición particular, no conocemos la proporción relativa de ambos factores. A nivel de una sola especie, puede existir mucha o poca variabilidad genética, dada por la cantidad de alelos diferentes que tenga la especie (variación genética) y los caracteres que estos diferentes alelos codifiquen en el organismo (variación fenotípica) (Zobel y Talbert, 1988).

El fenotipo por lo tanto, es el resultado de la interacción entre genotipo y ambiente, donde el genotipo puede producir fenotipos diferentes cuando se encuentra en ambientes distintos. Por eso, cuando vemos individuos de la misma especie que se encuentran en dos sitios distintos, es difícil decir que tan diferentes son genéticamente porque esto está confundido con las características ambientales de los sitios.

El estudio del germoplasma en invernadero y vivero permite obtener un conocimiento previo de la variación de la especie para futuros trabajos de selección. Estas variaciones dentro de una especie son exhibidas como caracteres morfológicos o genéticos expresados en las diferencias entre tamaños de árboles, corteza, hojas, conos, semillas, yemas y ramillas (Callaham, 1964).

La evaluación de estas características dentro de los ensayos de procedencias/progenie nos permiten conocer con mayor exactitud la variación que presentan y, en un futuro, correlacionar dichas características con patrones de desarrollo tardío que a su vez nos darán criterios para hacer selecciones tempranas en vivero y no esperar toda la vida útil de la especie en estudio (Alba, 1996).

La cultura silvícola dedicada sólo a la extracción de árboles con características fenotípicas deseables como rectitud de fuste, buena poda natural y libre de enfermedades entre otras ha erosionado genéticamente la mayoría de las especies, a lo cual no escapa *Pinus teocote*, sin embargo, en la reserva ecológica de San Juan del Monte municipio de Las Vigas, Veracruz, un incendio ocurrido en 1994 alertó a los forestales para hacer un trabajo de conservación de dicha especie, en razón de esto se buscó rescatar las características de fuste, poda natural y copa como criterios de selección en tres procedencias del estado de Veracruz.

Con base en lo anterior, y con el presente estudio, se pretende contribuir al conocimiento de la variación en semillas y plántulas de *Pinus teocote* Schl. & Cham. de tres procedencias (Carbonero Jcales, Magueyes y Mixquiapan) del estado de Veracruz, México.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General

Determinar diferencias en semillas y la variación existente en plántulas de las familias de *Pinus teocote* Schl. & Cham., entre y dentro de tres procedencias del estado de Veracruz.

### Objetivos Particulares

Comparar las variables entre y dentro de procedencias:

1. Peso, largo y ancho de semillas.
2. Porcentaje de germinación, velocidad de germinación y valor germinativo.
3. Número y longitud de hojas cotiledonares.
4. Altura y diámetro de plántulas.
5. Supervivencia en las tres procedencias de *Pinus teocote* Schl. & Cham.

## 3. HIPÓTESIS

Existen diferencias estadísticamente significativas en las características evaluadas de semillas y plántulas de *Pinus teocote* entre y dentro de las tres procedencias de estudio.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Concepto de variación natural

El término variación es utilizado para definir la aparición de diferencias anatómicas o fisiológicas entre individuos debidas a su composición genética o al medio en donde se desarrollan las progenies y los progenitores. Básicamente todas las diferencias entre los árboles son el resultado de los diferentes ambientes en los cuales los árboles crecen, las diferencias genéticas entre los árboles, y las interacciones existentes entre el genotipo y los ambientes en los cuales crecen (Zobel y Talbert, 1988).

### 4.2. Generalidades sobre variación natural

La variación natural es la materia prima del mejoramiento genético forestal; sin variación en la adaptabilidad a condiciones ambientales, en la velocidad de crecimiento, en las características de la madera y en la resistencia frente a enfermedades, no sería posible producir genotipos con crecimiento rápido, resistentes a enfermedades y bien adaptados a las condiciones ambientales (Nienstaedt, 1990).

La variación entre individuos se debe a la existencia de elementos dentro del organismo que determinan sus características externas y sus funciones fisiológicas, es decir el componente genético (genotipo), el cual varía de un individuo a otro. Existe otro componente que influye en dicha variación que es el factor ambiental, el cual favorece o restringe ciertas características del organismo, ya sean fisiológicas o morfológicas. La interacción genotipo x ambiente se presenta cuando la respuesta de dos procedencias o genotipos es proporcionalmente diferente de un ambiente a otro (Spurr y Barnes, 1982; Nienstaedt, *op. cit.*; Zobel y Talbert, 1988).

La variación genética a su vez se divide en dos componentes (Zobel y Talbert, *op. cit.*):

- a. Variación aditiva. Se debe a los efectos acumulativos de los alelos en todo lo que determina una característica.
- b. Variación no-aditiva. La cual se debe a la interacción de los alelos específicos en un locus (dominancia) y a la variación por epistasis, causada por la interacción de dos loci para una característica determinada.

La mayoría de las características de importancia económica de los árboles forestales están bajo algún grado de control genético aditivo al igual que la mayoría de las características de adaptabilidad.

#### **4.3. Origen y manifestación de la variación natural**

La mayoría de las especies de árboles forestales poseen una variabilidad en características económicamente importantes como la rectitud del fuste, peso específico de la madera, tolerancia al frío o a la sequía y resistencia a enfermedades y plagas, o bien en características como el crecimiento. La variabilidad en rodales naturales se debe a cuatro grandes fuerzas, dos que aumentan la variación y dos que la disminuyen. Las fuerzas de la naturaleza que actúan para aumentar la variación son la mutación y el flujo genético; las que la disminuyen son la selección natural y la deriva genética (Zobel y Talbert, 1988; Young, 1991; Eguiluz, 1998).

Las mutaciones son cambios heredables en la constitución genética de un organismo, por lo general al nivel de genes por incremento del número de alelos disponibles para la recombinación en cada posición. Las mutaciones son aleatorias e inesperadas. Aleatorias en el sentido de que ocurren en cualquier momento, independientemente de que se necesiten o no, sin embargo, su frecuencia puede ser influenciada por el ambiente y la aplicación de algunas sustancias mutagénicas. La frecuencia con que ocurren las mutaciones es muy baja, como para pensar que ellas pueden crear toda la variación que requiere la selección natural (Eguiluz, *op. cit.*).

El flujo genético es la migración de los alelos de una población o especie hacia otra. La más común es el movimiento de polen o de semillas. El flujo genético reduce la frecuencia de individuos homocigóticos cuando ocurre inmigración de genes a la población. La integridad genética de una población es alterada de acuerdo a la cantidad y frecuencia de genes que entran a su constitución germoplásmica (Eguiluz, *op. cit.*).

La selección natural es una importante fuerza que suele reducir la variabilidad, puesto que determina qué árboles crecen y se reproducen, tiene un efecto direccional (no al azar) sobre la constitución genética de los árboles de una población. La selección natural preserva y conduce a un incremento en el número de aquellos genotipos que están más adaptados a un ambiente específico (Zobel y Talbert, 1988).

La deriva genética se debe a que la frecuencia relativa de alelos diferentes puede incrementarse aleatoriamente de una generación a la siguiente por simple accidente. La deriva genética afecta drásticamente a las poblaciones pequeñas. Un alelo puede reemplazar a otro repentinamente, sin que el alelo reemplazado vuelva a expresarse jamás. Cuando el alelo reemplazado se fija por completo, el reemplazado se pierde (Eguiluz, 1998).

#### 4.4. Niveles de variación intraespecífica

**Variación entre especies.** Dentro de un género, la cruce entre especies (hibridación interespecífica) ofrece la variación más amplia y una potencialidad muy alta para el mejoramiento de los árboles. Muchos híbridos interespecíficos que se han obtenido en el mundo han demostrado ser más vigorosos y con más rendimiento que sus progenitores; además que se combinan, de modo complementario, algunas características deseables de ambos progenitores (Daniel *et al.*, 1982). Este tipo de variación nos permite seleccionar la especie o grupo de especies para diferentes propósitos, ya sea en programas de recuperación y de protección de suelos como en programas de establecimiento de plantaciones.

**Variación entre procedencias.** Las variaciones genéticas entre procedencias de una misma especie forestal en su área de distribución han sido reconocidas desde mucho tiempo. Esas diferencias han surgido del resultado de la adaptación de las especies a las diferentes condiciones climáticas y edáficas imperantes en determinados hábitats, así mismo, es de esperarse que poblaciones de una misma especie vegetando en condiciones ecológicas diferentes, pueden desarrollar diferentes hábitos de adaptación a los mismos. Aún cuando la procedencia se clasifica como perteneciente a una especie, ella presenta variaciones inherentes a su constitución genética relacionadas con su adaptación a factores climáticos diferentes (Burley y Turnbull, 1970 citados por Patiño y Garzón, 1976).

**Variabilidad entre sitios.** Una procedencia dada, algunas veces contiene diferencias constantes relacionadas con distintos sitios; con frecuencia, estas diferencias no están determinadas genéticamente y sólo representan efectos de diferentes ambientes sobre el crecimiento y desarrollo del bosque (Zobel y Talbert, 1988).

**Diferencias entre los árboles dentro del sitio.** A veces los rodales dentro de un sitio determinado difieren; en este caso las diferencias genéticas son relativamente pequeñas, pero algunas veces se encuentran grados de variación inexplicables (Zobel y Talbert, *op. cit.*).

**Diferencias entre árboles dentro de un rodal.** Es el principal tipo de variación que se utiliza en los programas de selección y cruzamiento genético forestal. Es sorprendente observar como dos árboles de la misma edad y que crecen juntos con sus raíces entrelazadas sean tan distintos en forma, calidad de la madera e incluso en sus patrones de crecimiento (Zobel y Talbert, *op. cit.*).

**Variación dentro del árbol.** Esta variación corresponde únicamente a algunas características específicas, por ejemplo, el peso específico de la madera a lo largo del fuste o bien del follaje según se encuentre a la sombra o a plena luz (Zobel y Talbert, *op. cit.*).



#### 4.5. Variación morfológica en plántulas de pinos

La apariencia en las plántulas de pinos durante las primeras etapas de su ciclo de vida varía entre las especies y contrasta enormemente con los individuos adultos de su misma especie (Niembro *et al.*, 1978). Desde la germinación hasta el momento en que las plántulas quedan establecidas sufren una serie de cambios morfológicos. Inicialmente pasan por una etapa suculenta que dura unas cuantas semanas (4 a 6), que comienza cuando la plántula aparece por encima de la superficie del suelo hasta que el hipocótilo adquiere una consistencia dura y tenaz, siendo éste el periodo más crítico en el proceso de crecimiento; a esto sigue una etapa juvenil que empieza con el endurecimiento del hipocótilo hasta que la plántula se establece, donde el riesgo de mortalidad es relativamente bajo ( Daniel, *et al.*, 1982).

La importancia de la variación morfológica en la etapa temprana de crecimiento de las plántulas es que proporcionan información sobre la variación adaptativa en este estado crítico de desarrollo (Adams y Cambell, 1981). Las características que se pueden considerar son muchas tales como el número y longitud de hojas cotiledonares, la longitud del hipocótilo, el crecimiento de la raíz, la altura de la planta así como la fecha o época de aparición y brotación de las yemas.

Entre las características morfológicas que tienen mayor importancia se pueden considerar al número de hojas cotiledonares, los cuales pueden ser específicos para el área de origen geográfico (Hellum, 1969). La relación existente entre distintos caracteres, por ejemplo la longitud de las hojas cotiledonares, que determinan el área fotosintética de las mismas, puede estar relacionada con la tasa de crecimiento de las plántulas a edad temprana en especies donde las hojas cotiledonares muestran más expansión (Harper *et al.*, 1970). Caballero (1967), menciona que en *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* la variable que mostró estar más relacionada con la altura de plántulas a los 30 días después de la siembra fue la longitud de hojas cotiledonares en comparación con el número de hojas cotiledonares y el diámetro del hipocótilo y que la longitud de hojas cotiledonares y el diámetro del hipocótilo varían considerablemente en función del tamaño de la semilla.

#### 4.6. Ensayos de procedencias

Una procedencia se define como la “fuente geográfica original o natural de un individuo, población o especie” (Eguiluz, 1988). La distribución natural de una especie de pino normalmente tiene varias procedencias. La selección de una buena procedencia como fuente de semillas para un programa de plantaciones, puede incrementar substancialmente los rendimientos y por el contrario, una selección equivocada puede representar una gran pérdida económica.

Estos ensayos intentan definir la fuente de semillas más apropiada para un lugar determinado por medio de los patrones de variación de los componentes genéticos, ambientales y sus interacciones (Heaman, 1984).

Si una especie cubre un área de distribución amplia, con condiciones variables, seguro que existirán diferencias entre los árboles como una respuesta de la especie al adaptarse a determinados hábitats; así que, individuos de una misma especie vegetando en condiciones ambientales diferentes, pueden desarrollar diferentes hábitos de adaptación a las mismas. Es decir, una población de árboles de una especie que se desarrolla en condiciones diferentes a otras y que presenta variaciones morfológicas, se conoce como procedencias (Patiño y Garzón, 1976).

Un medio ambiente variable a lo largo del área de distribución de la especie, a largo plazo da lugar a una especie genéticamente variable. Generalmente las especies con un intervalo amplio de distribución tienden a ser más variables que aquellas especies que se distribuyen en áreas restringidas (Callahan, 1964), aunque pudieran contener un paquete genético muy variable.

Los ensayos de procedencias tienen cinco objetivos (Burley 1970, citado por Patiño y Garzón, 1976):

1. Determinar la extensión y patrones de la variación genética en tantos caracteres como sea posible y a través de lotes de semilla colectados en el rango de distribución de la especie. El

número y el tipo de los caracteres investigados, dependerán de los recursos disponibles para los trabajos de campo y laboratorio, pudiendo incluirse el estudio de la variación en caracteres anatómicos, bioquímicos, morfológicos y fenológicos.

2. Determinar el efecto de estos caracteres en diferentes condiciones climáticas dentro del rango de distribución de la especie y evaluar la importancia de las interacciones entre la procedencia y el medio ambiente.

3. Comparar plantas procedentes de semilla colectada en rodales naturales con plantas derivadas de semillas recolectada en plantaciones, de lo cual se puede esperar obtener la constitución genética de la población.

4. Jerarquizar y agrupar las procedencias dentro de cada localidad en orden de adaptabilidad y productividad. Los caracteres más importantes serán aquellos relacionados con la supervivencia y la resistencia a factores adversos del medio ambiente y bióticos, crecimiento (altura, diámetro y volumen), forma y rectitud.

5. El último objetivo puede señalarse en función de la cantidad de semillas disponible de cualquier procedencia, ya que si ésta es pequeña, bien se puede obtener a través de los ensayos de campo material de buena calidad para la iniciación o continuación de un programa selectivo de mejoramiento de árboles.

El establecimiento de los ensayos de procedencias se ha combinado con el estudio de la variación entre las progenies (familias de medios hermanos), representativas de la mayor variación de cada procedencia en particular, para obtener resultados a nivel inter e intrapoblacional (Wright, 1976).

#### **4.7. Ensayos de progenie**

Los ensayos de progenie son parte integral de la mayoría de los programas de mejoramiento genético, proporcionan información que permite reevaluar o modificar las estrategias de mejora genética en algunas especies, como por ejemplo las correlaciones juvenilidad-madurez han resultado relativamente grandes; sirven de base para utilizar procedimientos de selección precoz (Fowler, 1978).

Wright (1964), define a la progenie como la descendencia de un árbol particular o el resultado de la combinación de una fuente parental masculina y una femenina. Warwick y Legates (1980) definen a las pruebas de progenie como la estimación del valor genético o constitución de individuos, mediante la medición y observación del comportamiento, la apariencia u otras características de un grupo de su progenie.

De esta forma los ensayos de progenie determinan en que medida la superioridad del fenotipo se debe a la influencia del genotipo, del ambiente y de la interacción entre ambos (Zobel y Talbert, 1988).

#### **4.8. Estudios realizados sobre ensayos de procedencia/progenie**

Valencia (1992), estimó para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* componentes de varianza, heredabilidades en sentido estricto y correlaciones genéticas y fenotípicas en vivero y campo, para las variables altura de planta y diámetro del tallo en una prueba de progenie, encontrándose que la variación al nivel de individuos dentro de parcelas es el componente que contribuye en mayor proporción a la variación total, también observó que las variables altura de planta y diámetro de tallo se relacionan en forma moderadamente alta.

Dvorak y Donahue (1993), establecieron 12 pruebas de procedencias y progenies con *Pinus maximinoi* en Brasil, Colombia y Venezuela. Como resultado encontraron diferencias estadísticas en el crecimiento en altura entre familias; las procedencias aportaron del 8 al 10% de la variación total.

Salazar (1994), realizó un estudio de procedencias con plántulas de aproximadamente 4 meses de edad de *Pinus chiapensis* bajo condiciones de invernadero. En este estudio las variables evaluadas fueron el porcentaje de emergencia de las plántulas, número y longitud de hojas cotiledonares, longitud de hipocótilo y epicótilo, longitud total y número de brotes de hojas secundarias, tanto a nivel procedencia como a nivel de familia dentro de procedencias, encontrando que el mayor componente de varianza se presentó entre familias dentro de procedencias para la mayoría de las variables evaluadas, mientras que para la variable número de hojas cotiledonares fue para el error, seguido de las procedencia.

Cigarro (1994), desarrolló un ensayo en el Estado de México, utilizando 108 familias por procedencia; fueron evaluadas las plantaciones midiendo altura, diámetro a 20 cm sobre el nivel del suelo, número de verticilos y de ramas por árbol; encontrándose una notoria variación fenotípica de *Pinus greggii* y diferencias estadísticamente significativas para todas las variables analizadas principalmente entre procedencias, entre familias sólo se encontraron diferencias significativas para número de ramas.

Galeote (1995), comparó el crecimiento en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 85 progenies de medios hermanos de 4 procedencias de Honduras a lo largo de 6 años. Las diferencias entre procedencias tanto en altura como en diámetro se apreciaron desde los trece meses de edad. El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre familias dentro de procedencias.

Hernández (1995), evaluó 72 progenies de polinización libre de 10 poblaciones naturales de *Pinus engelmannii*, procedentes de los estados de Chihuahua y Durango, en condiciones de invernadero. Encontró la existencia de una variación altamente significativa tanto a nivel de poblaciones como dentro de poblaciones, en la velocidad de emergencia y porcentaje de sobrevivencia de las plantas en las características morfológicas y fenológicas, así como también en el crecimiento y acumulación de biomasa al primer año de edad de las plantas. Las variables consideradas en este estudio fueron la germinación y supervivencia, número de hojas

cotiledonares, longitud de hojas cotiledonares más largo, longitud del hipocótilo, fecha de aparición de las primeras yemas de las hojas secundarias, la fecha de aparición de las hojas secundarias y la presencia o ausencia de epicótilo elongado.

Mendizábal (1995), evaluó en vivero 8 progenies de medios hermanos de segunda generación, 27 progenies de primera generación y 47 progenies de *Pinus patula* Schlect. et Cham. procedentes de plantaciones comerciales en Sudáfrica y un lote procedente del estado de Veracruz que fungió como testigo. Los resultados mostraron que el peso de la semilla, porcentaje y valor germinativo fueron mayores para las progenies de los huertos. En cuanto a número de hojas cotiledonares se encontraron diferencias significativas en todos los casos. La adaptación a las condiciones del sitio, determinada a través de la supervivencia, fue mayor al 90% en todos los casos. En cuanto a la altura y diámetro la progenie del huerto de primera generación presentó los mejores resultados.

Mendoza (1995), evaluó el crecimiento de plántulas de 12 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. con cinco procedencias cada una, bajo condiciones de invernadero y dos niveles de pH, muestra entre otros resultados diferencias altamente significativas en las variables evaluadas tanto a nivel de procedencia como a nivel de familias dentro de procedencias, siendo mayor entre las primeras.

Hernández y Reyes (1996), llevó a cabo un estudio con el propósito de describir algunos patrones de variación morfológicas de plántulas para 21 especies de pinos mexicanos, dentro de los cuales se encuentra *Pinus teocote*. Los resultados del análisis de varianza señalaron que las diferencias entre especies son altamente significativas en todos los periodos de medición y las variables bajo estudio. Los caracteres de mayor peso para establecer una separación entre estas fueron: uniformidad del grosor del hipocótilo, longitud de hojas cotiledonares, altura total, diámetro del hipocótilo, longitud del hipocótilo, longitud de hojas primarias y forma de hojas primarias. *Pinus teocote* fue una de las especies que presentaron los menores valores para las características antes mencionadas con respecto a las otras especies estudiadas.

Mendizábal (1997), realizó un ensayo con cuatro procedencias de *Pinus oocarpa* Schiede, de cuatro procedencias, con 14 familias por procedencia y 150 semillas por familia, evaluó características morfológicas iniciales para poder correlacionarlas posteriormente con caracteres expresados a nivel de plantación. El análisis estadístico mostró una mayor variación entre familias que entre procedencias para todas las características morfológicas y el análisis de componentes de varianza determinó que la mayor variación se dio a nivel de semillas y plántulas en todas las variables con excepción del peso promedio de semillas. El porcentaje de variación atribuible a familias fue altamente significativo mientras que entre procedencias la variación no fue significativa en la mayoría de los casos.

Campoverde (1997), realizó un estudio con el propósito de determinar la variación genética debida a procedencias y a familias dentro de éstas en el crecimiento de plántulas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, así como de establecer las posibles relaciones existentes entre las características morfológicas y el lugar de origen de las plántulas. Los resultados mostraron una variación altamente significativa entre familias dentro de procedencias en todas las características evaluadas. El componente de varianza fue siempre mayor entre familias dentro de procedencias que entre procedencias. Las características morfológicas de las plántulas, excepto el número de hojas cotiledonares, se correlacionaron en forma positiva con la precipitación y en forma negativa con la elevación de los sitios de colecta.

Quiroz (1998), analizó 17 características morfológicas de acículas, conos y semillas para determinar el patrón de variación de *Pinus radiata* var. *cedrocensi* cuya área de distribución se localiza en la Isla Cedros, B.C.N., también estableció un ensayo de progenie de medios hermanos, en el cual se examinaron características fisiológicas y morfológicas en plántulas de 36 familias, así como la estimación de parámetros genéticos en las variables altura, longitud del hipocotilo, número y longitud de hojas cotiledonares. La variación encontrada en las características de acículas, conos y semilla fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ). El análisis de correlación no muestra ninguna tendencia con el factor altitud, sin embargo hubo una correlación positiva alta entre la altura y la longitud de hojas cotiledonares. En el ensayo de progenie las familias presentaron

diferencias en características fisiológicas y morfológicas altamente significativa. Se observó que la principal contribución a la varianza total fue la del error (varianza dentro de parcelas).

#### 4.9. Características generales de *Pinus teocote* Schl. & Cham.

##### 4.9.1. Nomenclatura

Reino:	Vegetal
División:	Spermatophita
Orden:	Coníferas
Familia:	Pinacea
Género:	Pinus
Especie:	teocote
Nombre Científico:	<i>Pinus teocote</i> Schl. & Cham.

##### 4.9.2. Taxonomía

Según la clasificación de Critchfiel y Little (1971) *Pinus teocote* forma parte del grupo de pinos de la subsección *Ponderosae* Loud, junto con *Pinus lawsonii* Roetzl, *P. douglasiana* Martínez, *P. pseudostrobus* Lindl, *P. michoacana*, *P. montezumae* Lamb, *P. hartwegii* Lindl, *P. cooper* Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. jeffreyi* Grev & Balf. y *P. engelmannii* Carr.

Nombres comunes: En su área de distribución natural y principalmente Latinoamérica se le conoce como: Pino teocote, huichil, pino colorado, pino chino, pino real, ocote. En países de habla inglesa se le conoce como: Aztec pine.

##### 4.9.3. Descripción botánica de *Pinus teocote* Schl. & Cham.

(Critchfiel y Little ,1971 y Perry, 1991).

**Árbol** de hasta 25 m de altura, copa redondeada, ramas espaciadas; corteza pardo-rojiza o grisácea y exfoliante, con resina.

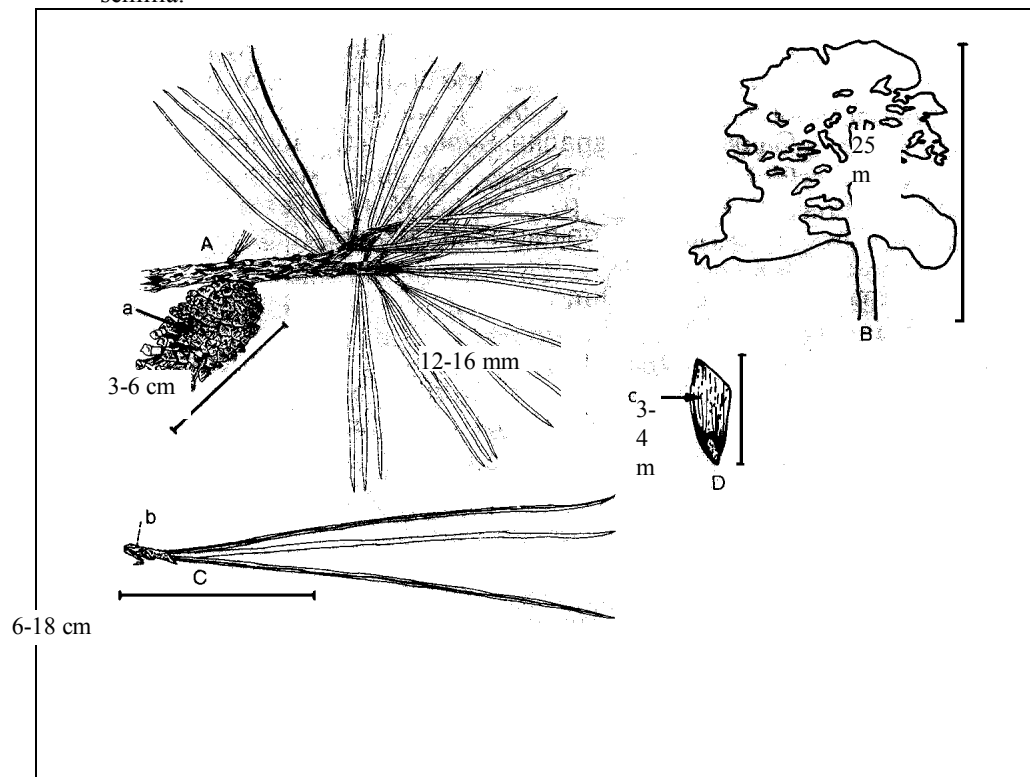


**Hojas** rígidas, erectas, en fascículos de 2 a 5 la mayoría de 3, de 6 a 18 cm de largo y 0.8 a 1.5 mm de ancho, con márgenes aserrados, líneas estomáticas longitudinales visibles en la superficie dorsal de las hojas, la vaina del fascículo de 4 a 15 mm de longitud, con bandas como pelos, más evidentes con la edad.

**Conos** femeninos en grupos de 2 a 3, algunas veces solitarios, persistentes 1 ó 2 años, sésiles o corto pedunculados, pardo-oscuros o grisáceos, ovoides a ovoide-cónicos, de 3 a 6 cm de largo y 2 a 3.5 cm de ancho, la base redondeada o algunas veces truncada, las escamas ovulíferas de 8 a 18 mm de largo y de 6 a 10 mm de ancho, el umbo dorsal, más o menos aplanado con una espina corta, frágil, mucronulada.

**Semilla** alada, triangular de 3 a 4 mm de largo y 2-3 mm de ancho, color café oscuro, el ala de 12 a 16 mm de largo (figura 1).

**Figura 1.** *Pinus teocote* A. Rama, a. Cono femenino; B. Aspecto general del árbol; C. hojas agrupadas en fascículos, b. escamas de la vaina; D. semilla, c. ala de la semilla.



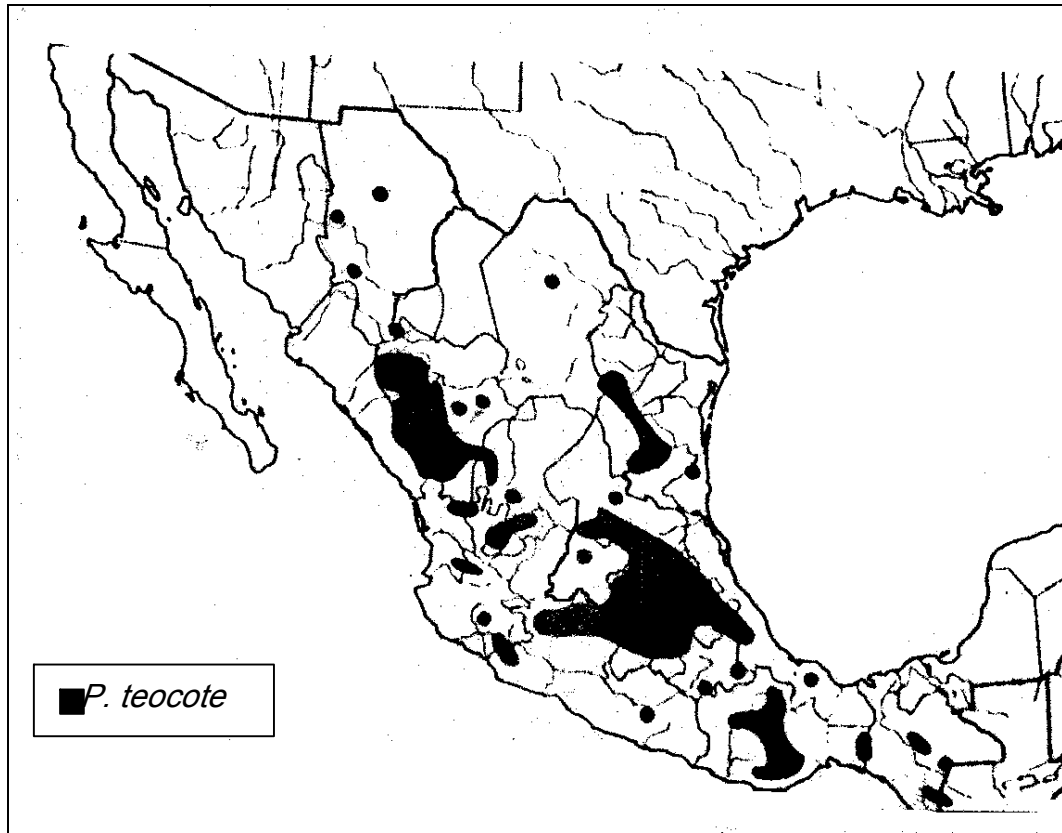
#### 4.9.4. Distribución Natural

Sinaloa, Durango, Coahuila, Querétaro, Nuevo León, Hidalgo, Chiapas, Chihuahua, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guerrero, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Michoacán, Edo. de México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz (mapa 1).

#### 4.9.5. Ecología

*Pinus teocote* Schl. & Cham. es uno de los pinos de más amplia distribución natural en México y Centroamérica, encontrándose entre los 15° y 29° de latitud norte. Esta especie crece en un rango altitudinal de 1000 a 3000 metros; sin embargo, se encuentran rodales puros de 1500 a 2500 m. La especie está adaptada a los climas subhúmedos a húmedos y a sitios que reciben precipitación anual de 1000 a 1500 mm. En el centro y norte de México estos sitios presentan heladas frecuentes y nevadas periódicas. *Pinus teocote* crece mejor en suelos francos y francos arcillosos, bien drenados, pero también ocurre en suelos secos y rocosos, sin alcanzar un tamaño comercial (Donahue, 1991).

**Mapa 1.** Distribución natural de *Pinus teocote*



En el centro y sur de México *P. teocote* es morfológicamente similar a *P. lawsonii*, mientras que en el norte de México se asemeja a *P. arizonica* (Martínez, 1948). Los árboles pueden tener brotes epicórmicos en el fuste como *P. leiophylla*. Se encuentra asociada en el sur con *P. leiophylla*, *P. lawsonii*, *P. arizonica*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, y *P. rudis* (Perry 1991). En el norte se asocia con *P. arizonica*, *P. cembroides*, *P. cooperi*, *P. chihuahuana* y *P. engelmannii*. Sin embargo en el norte y centro de México esta especie se encuentra en rodales puros.

Liberación de polen en abril y mayo, época de maduración de frutos, de octubre a enero.

#### 4.9.6. Importancia y uso

La madera de *P. teocote* es considerada como resinosa y dura con un peso específico de 0.57 (Zobel, 1965), es de color levemente amarillenta, el principal uso de la madera es para la construcción y leña, en algunas partes de México este pino es descortezado para la obtención de la resina.



## 5. MATERIAL Y METODO

### 5.1. Origen del material

Las semillas para este estudio fueron obtenidas a través del Instituto de Genética Forestal de la Universidad Veracruzana. De cada procedencia fueron colectadas semillas de 15 árboles seleccionados con características fenotípicas deseables como rectitud de fuste y libres de plagas y enfermedades (anexo 1). Los árboles se colectaron en tres procedencias del estado de Veracruz: Carbonero Jacales, Magueyes y Mixquiapan. La ubicación de cada una de ellas, así como la precipitación anual, se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Datos de colecta de las semillas de *Pinus teocote* (tomado de Dvorak y Donahue, 1993).

PROCEDENCIA	LATITUD LONGITUD	ELEVACIÓN (m)	PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)
Carbonero Jacales	20° 26' N 98° 30' W	2250-2500	1341
Magueyes	18° 53' N 97° 16' W	2215-2490	720
Mixquiapan	19° 41' N 97°16' W	2220-2280	565

### 5.2. Trabajo de laboratorio

En esta etapa fueron evaluadas las siguientes características: peso, largo y ancho de semillas. De cada árbol se tomaron un promedio de 150 semillas. Se trabajó con una muestra aleatoria de 20 semillas por árbol de cada una de las procedencias, la muestra se determinó a través de la aplicación de la fórmula para la obtención de un tamaño de muestra aleatoria (Mendenhall, 1990):

$$n = \frac{N^* S^2}{(N-1) \frac{B^2}{4} + S^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N= Número total de semillas por árbol

$S^2$  = Varianza

B = Límite para el error de estimación (0.1 cm)

El peso de cada semilla se obtuvo en miligramos mediante el uso de una balanza analítica, la longitud y ancho de las mismas se determinó mediante el empleo de un Vernier metálico digital (marca Line Master) con aproximación de décimas de milímetros.

### 5.3. Trabajo de invernadero

Esta etapa comprendió la siembra, cuidados culturales, conteos cada tercer día de las semillas germinadas y conteo y medición de las hojas cotiledonares.

El experimento se realizó en el invernadero del Instituto de Genética Forestal de la U.V., se sembró el total de las semillas de cada procedencia el día 17 de Junio de 1999, en charolas de germinación de 29 cm de largo por 25 cm de ancho y 13 cm de profundidad, utilizando agrolita como sustrato. Cada charola fue identificada con la procedencia y el número de la familia y fueron colocadas en un arreglo completamente al azar.

Cuidados culturales. Los riegos se empezaron a realizar inmediatamente después de la siembra, tratando de mantener una humedad adecuada y uniforme en la charolas. Se realizó un riego con Captán (2 gr/litro de agua) para prevenir la aparición de hongos patógenos.

Variables evaluadas del proceso germinativo:

1. porcentaje de germinación
2. valor germinativo
3. velocidad de germinación

La evaluación se realizó de acuerdo al método propuesto por Morales y Camacho (1985), quienes determinaron el valor germinativo como una medida de la calidad de germinación resultante de la capacidad, velocidad y uniformidad germinativa. Para obtener el porcentaje de germinación se realizaron conteos cada tercer día a partir del 28 de Junio día en que germinó la primera semilla hasta el día 20 de Julio. El valor germinativo (VG) es una expresión matemática que combina y pondera los parámetros antes mencionados mediante una fórmula que da sólo un dato numérico y que permite comparar la germinación presentada por las familias (Czabator, 1962):

$$VG = GMD/N * A/22 * C^2$$

En donde:

$VG$  = Valor germinativo

$GMD$  = Germinación media diaria acumulada en cada conteo

$N$  = Número de conteos diarios

$A$  = Germinación acumulada en cada conteo

22 = Días de evaluación

$C^2$  = Constante de transformación porcentual (100/No. de semillas sembradas)

Así mismo se determinó la velocidad germinativa, es decir, el tiempo transcurrido desde la siembra hasta un punto arbitrario sobre la curva de germinación, en este caso al alcanzar el 85% de su germinación total. Esta velocidad germinativa se determinó a partir de la fórmula:

$$E = (Af + 1)(0.85)$$

Donde:

$E$  = Equivalente

$Af$  = Germinación acumulada final



0.85 = Porcentaje de germinación final expresado en decimales.

Si  $E$  se encuentra en la columna correspondiente a la germinación acumulada en cada conteo se anotan los días correspondientes, si no, se emplea la siguiente fórmula:

$$D_{85} = d + (D - d)(E - a_i) / A_j - a_i$$

Donde:

$A_j$  = Valor de  $A$  mayor más cercano a  $E$

$a_i$  = Valor de  $A$  menor más cercano a  $E$

$D$  = Días requeridos para alcanzar  $A_j$

$d$  = Días requeridos para alcanzar  $a_i$

Para determinar el número y longitud de hojas cotiledonares se contaron y midieron el 17 y 18 de Julio, cuando se consideró que las hojas cotiledonares no crecerían más justamente cuando las hojas primarias ya habían hecho su aparición (Carrera, 1982), el número y longitud de hojas cotiledonares se determinó en 20 plántulas de cada familia tomando una muestra al azar obtenida mediante la fórmula de Mendenhall (1990) anteriormente mencionada. La longitud se midió con ayuda de una regla con aproximación al milímetro, se tomó el cotiledón más grande por plántula, debido a que no se presentaron diferencias dentro de la plántula.

#### 5.4. Trabajo de vivero

Comprendió el trasplante de las plántulas de las charolas a envases de polietileno con fondo de 8 por 23 cm, con un sustrato de suelo de bosque de pinos con el fin de inducir micorrización. El diseño experimental en el vivero fue completamente al azar.

El trasplante se realizó del 15 de Julio al 20 de Julio de 1999, iniciándose con las familias que contaban con la mayoría de las semillas germinadas y en etapa de cerillo. Para la

evaluación de altura y diámetro se tomó una muestra de 20 plántulas por familia colocándose en una platabanda en una parte del vivero cuyas condiciones variaran lo menos posible con relación a la luz recibida, drenaje, exposición a los vientos, etc. para evitar variación ambiental, las variables evaluadas en esta etapa fueron:

Altura y diámetro de las plántulas, mediciones que se realizaron cada dos meses a partir del tercer mes hasta los once meses de edad. La altura se midió de la base del tallo al ápice de crecimiento utilizando reglas metálicas con aproximación al milímetro. El diámetro se midió en la base del tallo con un Vernier metálico digital (Line Master) con aproximación al milímetro.

Supervivencia, la cual se determinó a través del conteo del total de plántulas vivas, realizándose cada dos meses a partir del transplante, para evaluar la supervivencia de plántulas se consideraron vivas las plántulas que contaban con acículas de coloración verdosa a partir de que el transplante fue establecido.

Se realizaron trabajos culturales durante el ensayo como deshierbe y riegos.

### 5.5. Análisis estadístico de las variables

Para el peso, largo y ancho de semillas se realizó un análisis exploratorio que consistió en la obtención de las estadísticas descriptivas y gráficos de cajas y alambres, utilizando el paquete STATISTICA (Stat Soft, 1996), con lo cual se observó el comportamiento presentado por las variables en estudio, entre procedencias y entre familias dentro de procedencias.

Posteriormente se realizó el análisis de varianza utilizando el paquete SAS mediante el procedimiento ANOVA utilizando el siguiente modelo de efectos fijos:

$$y_{ijk} = \mu + P_i + F_j(P_i) + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$



Donde:

$y_{ijk}$  = Valor observado de la variable

$\mu$  = Media general

$P_i$  = Efecto de la procedencia i-ésima

$F_j(P_i)$  = Efecto de la familia j-ésima dentro de la procedencia i-ésima

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

Este modelo permite determinar diferencias existentes en la especie a nivel de procedencias y de familias dentro de procedencias para cada una de las características analizadas.

Para el porcentaje de germinación, valor germinativo, número y longitud de hojas cotiledonares sólo se realizó un análisis descriptivo.

En cuanto a la altura y diámetro de plántulas, el análisis se dividió en dos etapas. La primera de ellas consistió en analizar estas dos características en cada uno de los 5 tiempos de la evaluación; para tal efecto, se realizaron análisis de varianza en cada tiempo, siendo el modelo analizado semejante al modelo propuesto en (1), con la diferencia de que familias fue considerado en este caso como efecto aleatorio, ya que interesaba cuantificar la variación atribuible a las familias dentro de cada procedencia, mientras que la procedencia permaneció como efecto fijo. Por tanto, el modelo ajustado en esta fase fue un modelo de efectos mixtos.

Para la siguiente etapa del análisis de la altura y el diámetro de plántulas, se consideraron conjuntamente todos los tiempos de la evaluación. Esto permitió analizar los patrones (o perfiles) de crecimiento tanto en altura como en diámetro. El análisis efectuado en este caso consistió en ajustar un modelo de efectos mixtos o jerárquico para los patrones o perfiles de crecimiento considerando a las procedencias como efectos fijos, a las familias dentro de cada procedencia como efectos aleatorios y a las plántulas de cada familia dentro de cada procedencia como efectos aleatorios. La metodología utilizada para este tipo de análisis fue tomada de estudios similares

realizados por Ojeda *et al.* (1999) y Ocampo (1999), quienes realizaron ajustes de modelos jerárquicos para explicar las variaciones en altura y diámetro de plántulas provenientes de semillas de pinos. Siguiendo la metodología desarrollada por los autores antes mencionados el modelo de efectos mixtos o jerárquico propuesto para modelar el perfil de crecimiento de cada plántula ( $j$ ), en todos los tiempos ( $i= 1, 2... 5$ ) fue el siguiente:

Nivel 1 (tiempo)

$$\ln y_{ijk} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \ln t_{ij} + \beta_{2j} t_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

Nivel 2 (plántula)

$$\begin{aligned} \beta_{0j} &= \gamma_{00k} + u_{0j} & i &= 1, 2, 3, 4, 5. \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10k} + u_{1j} & j &= 1, 2, 3... n_k. \\ \beta_{2j} &= \gamma_{20k} + u_{2j} & k &= 1, 2..., n_l. \\ & & l &= 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Nivel 3 (familia)

$$\begin{aligned} \gamma_{00k} &= \delta_{000} P_1 + \delta_{001} P_2 + \delta_{002} P_3 + v_{00k} \\ \gamma_{10k} &= \delta_{100} P_1 + \delta_{101} P_2 + \delta_{102} P_3 + v_{10k} \\ \gamma_{20k} &= \delta_{200} P_1 + \delta_{201} P_2 + \delta_{202} P_3 + v_{20k} \end{aligned}$$

Donde:

$\ln y_{ijk}$  = Logaritmo natural de la variable evaluada de la  $j$ -ésima plántula de la  $k$  familia dentro de la  $l$ -ésima procedencia en el tiempo  $j$ -ésimo

$\beta_{0j}, \beta_{1j}, \beta_{2j}$  = Efectos aleatorios entre las  $j$ -ésimas plántulas dentro de las  $k$ -ésimas familias

$\gamma_{00k}, \gamma_{10k}, \gamma_{20k}$  = Efectos aleatorios entre las  $k$ -ésimas familias

$\delta_{000}, \delta_{001}, \dots, \delta_{202} =$  Efectos fijos entre las  $k$ -ésimas familias

$P_1, P_2, P_3 =$  Variable indicadora de procedencias

$u_{0j}, u_{1j}, u_{2j} =$  Parámetros aleatorios que indican la variación entre las  $j$ -ésimas plántulas dentro de las  $k$ -ésimas familias

$v_{00k}, v_{10k}, v_{20k} =$  Parámetros aleatorios que indican la variación entre las  $k$ -ésimas familias

$\varepsilon_{ijk} =$  Error experimental

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Peso, largo y ancho de semillas

De acuerdo a la comparación de las tres procedencias para el peso, largo y ancho de semillas de *Pinus teocote* se encontró lo siguiente:

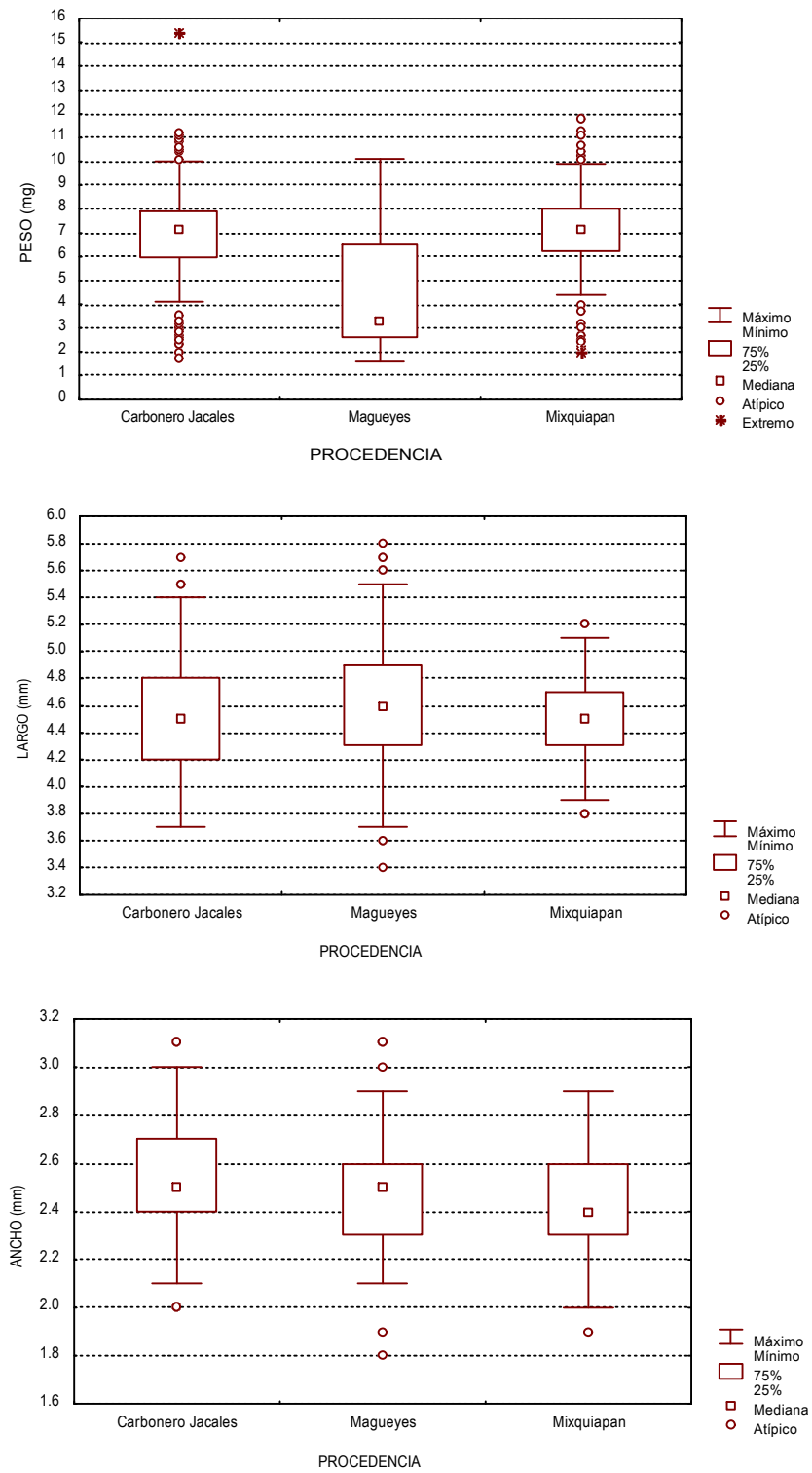
El peso de semillas de esta especie fue el que presentó mayor variación (desviación estandar), siendo Mixquiapan la procedencia con el mayor promedio, aunque presentó las semillas más pequeñas y con la menor variación, la mayor variación para el peso y largo de semillas fue para Magueyes así como el mayor promedio en largo (tabla 2).

**Tabla 2.** Estadísticas descriptivas por procedencia de las características evaluadas en semillas de *Pinus teocote*.

VARIABLE	PROCEDENCIA	OBSER	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST
PESO	Carbonero Jacales	300	1.70	15.40	6.94	1.730
	Magueyes	300	1.60	10.10	4.48	2.330
	Mixquiapan	300	2.00	11.80	7.12	1.500
LARGO	Carbonero Jacales	300	3.70	5.70	4.49	0.394
	Magueyes	300	3.40	5.80	4.59	0.427
	Mixquiapan	300	3.80	5.20	4.48	0.295
ANCHO	Carbonero Jacales	300	2.00	3.10	2.55	0.236
	Magueyes	300	1.80	3.10	2.45	0.216
	Mixquiapan	300	1.90	2.90	2.44	0.192

El 75% de la semillas de Carbonero Jacales y Mixquiapan pesaron más de 6 mg, mientras que Magueyes presentó este mismo porcentaje por debajo de 6.5 mg. En cuanto a largo de las semillas Carbonero Jacales y Magueyes tuvieron una distribución similar de sus valores. El ancho de las semillas fue menos variado, Magueyes y Mixquiapan presentaron el 75% de sus valores por debajo de 2.6 mm, mientras que el ancho de las semillas de Carbonero Jacales presentó este mismo porcentaje por arriba de los 2.4 mm (figura 2).

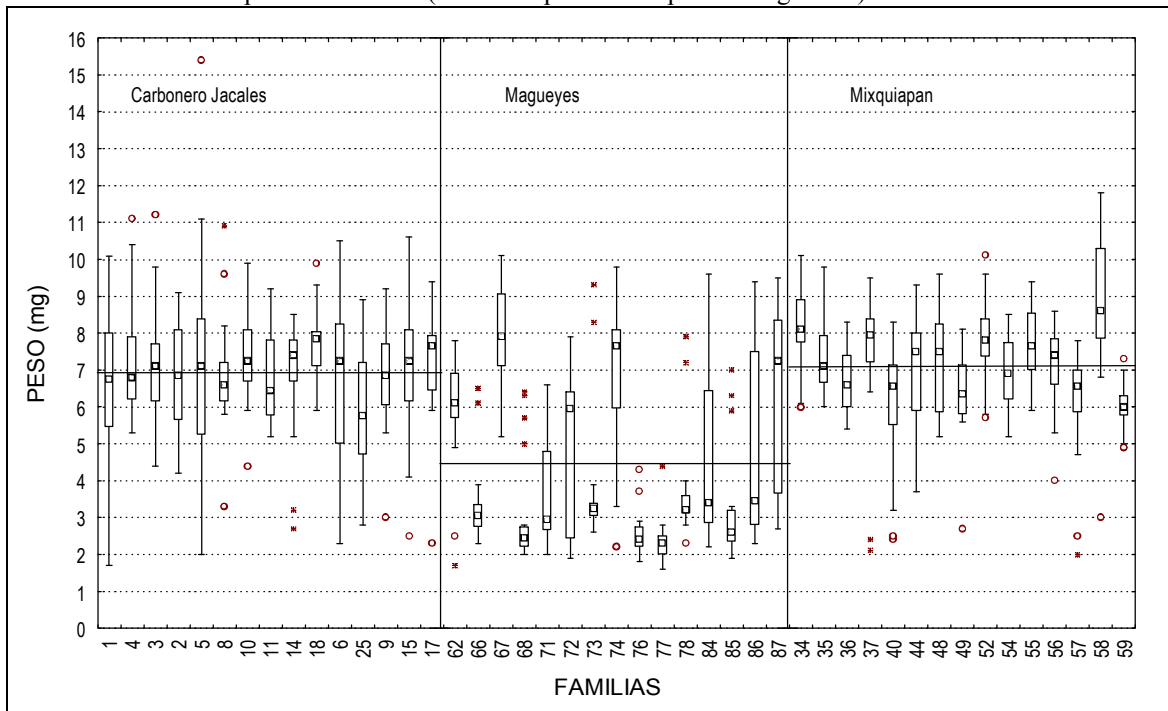
**Figura 2.** Comparación de las semillas de *Pinus teocote* para las tres características evaluadas.





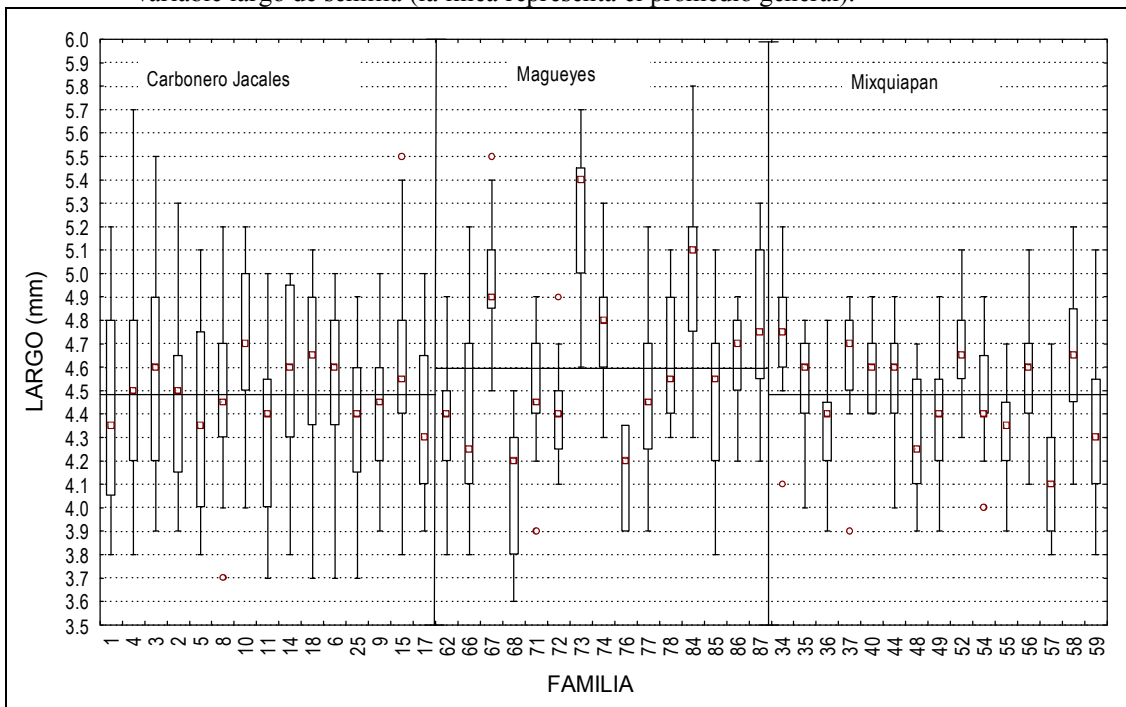
Al realizar la evaluación de las familias dentro de cada procedencia se observa mayor variación entre éstas que entre procedencias; para el peso de las semillas Magueyes presentó familias con más del 80% de sus valores por arriba del peso promedio (62, 67 y 74), mientras que la mayoría presentan pesos por debajo de la media general de su procedencia y con menor variación, para Mixquiapan nueve de sus familias presentan el 50% o más de sus valores por arriba del peso promedio correspondiente a su procedencia mientras que sólo cuatro presentan el 75% de sus semillas por abajo de este promedio, en Carbonero Jacales siete familias presentan el 50% o más de sus valores por arriba del promedio general y siete por debajo del mismo, se observa también que sólo la familia 18 presentó el 75% de sus valores por arriba de la media general (figura 3).

**Figura 3.** Gráfico de cajas y alambre por familia dentro de procedencias para la variable peso de semillas (la línea representa el promedio general).



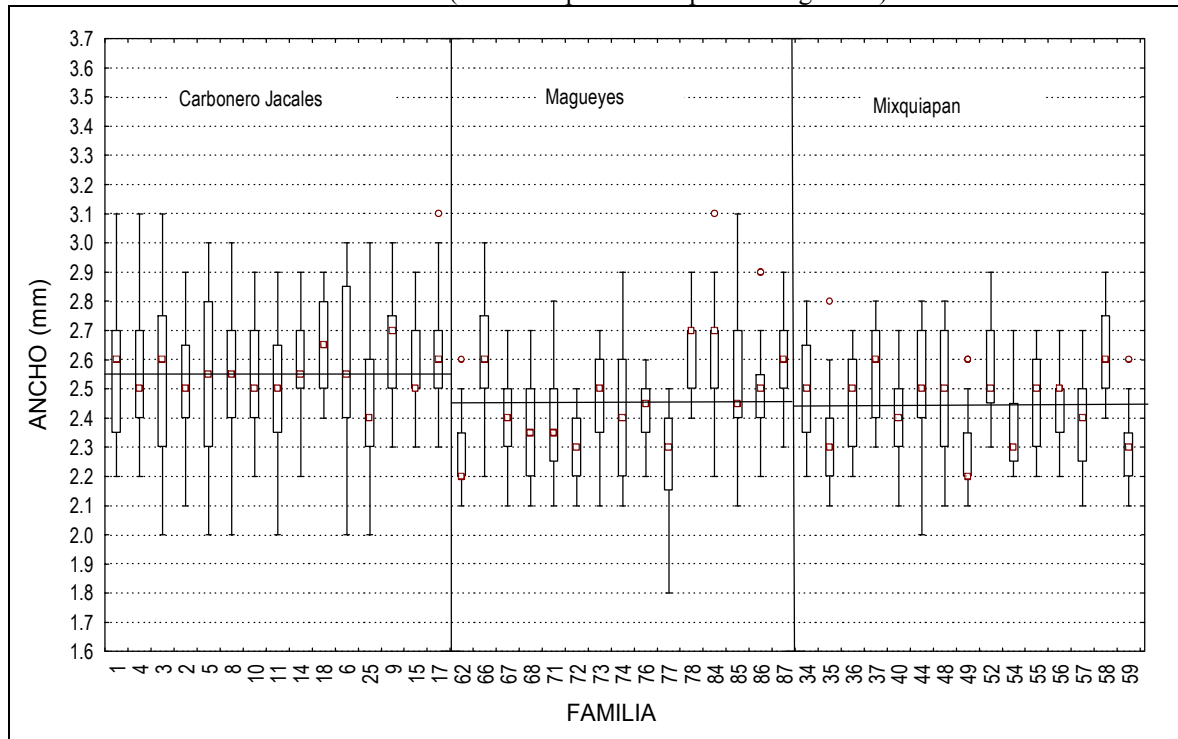
En cuanto al largo de semillas al comparar las familias dentro de cada procedencia se observa que las de Magueyes presentaron mayor variación entre ellas en comparación con las otras dos procedencias ya que presentan ocho familias con más del 75% de sus valores por arriba y debajo de la media general, para Carbonero Jacales la mayoría de sus familias presentan valores alrededor de la media general, mientras que Mixquiapan presenta seis familias con el 75% de sus datos por arriba y por debajo de su media general (figura 4).

**Figura 4.** Gráfico de cajas y alambre por familia dentro de procedencias para la variable largo de semilla (la línea representa el promedio general).



El comportamiento para el ancho de las semillas fue muy similar al largo aunque la variación es menor (figura 5).

**Figura 5.** Gráfico de cajas y alambre por familia dentro de procedencias para la variable ancho de semillas (la línea representa el promedio general).



El análisis de varianza mostró que para las variables peso, largo y ancho hubo diferencias estadísticamente significativa ( $p < 0.01$ ), tanto entre procedencias como entre familias dentro de procedencias (tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis de varianza para tres características de semillas de *Pinus teocote*.

VARIABLE	FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	p-level
PESO	Procedencia	2	1303.500	651.6497	255.920	0.0001
	Familia(proce)	42	1034.120	24.6219	9.670	0.0001
	Error	855	2177.080	2.5463	20.860	
	Total	899	4514.500			
LARGO	Procedencia	2	2.325	1.16284	11.470	0.0001
	Familia(proce)	42	40.670	0.96840	9.551	0.0001
	Error	855	86.690	0.10139	9.640	
	Total	899	129.695			
ANCHO	Procedencia	2	2.248	1.1240	28.800	0.0001
	Familia(proce)	42	8.497	0.2023	5.184	0.0001
	Error	855	33.360	0.0390	6.260	

	Total	899	44.115			
--	-------	-----	--------	--	--	--

La comparación de medias entre procedencias mostró que Magueyes es significativamente diferente a un 95% de confiabilidad para peso y largo de semillas con respecto a las otras dos procedencias y únicamente Carbonero Jacales es significativamente diferente a las demás en relación con el ancho de las semillas (tabla 4).

**Tabla 4.** Comparación de medias por procedencias para el peso, largo y ancho de semillas de *Pinus teocote*.

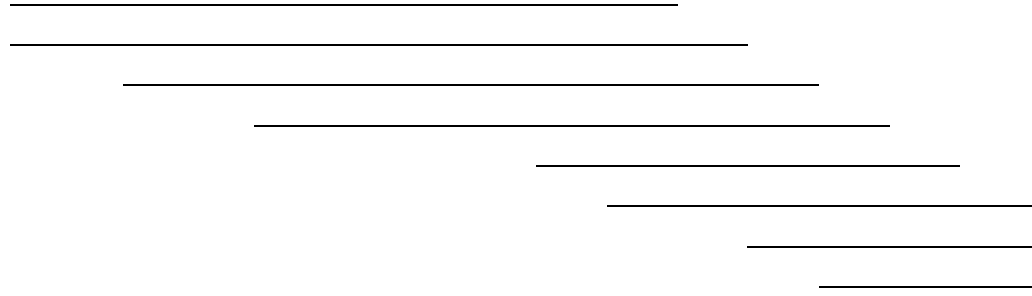
	<b>P E S O</b>	
MAGUEYES 4.48	CARBONERO JACALES 6.94	MIXQUIAPAN 7.12
	<b>L A R G O</b>	
MIXQUIAPAN 4.48	CARBONERO JACALES 4.49	MAGUEYES 4.60
	<b>A N C H O</b>	
MIXQUIAPAN 2.44	MAGUEYES 2.46	CARBONERO JACALES 2.55

Los resultados de la comparación de medias entre familias dentro de procedencias muestran que Carbonero Jacales no presentó diferencias para las tres variables. Mientras que dentro de Mixquiapan y Magueyes se encontró diferencias significativas entre familias como se puede observar en las tablas 5, 6 y 7.

En cuanto al peso Mixquiapan presentó un mayor número de agrupaciones que incluyen más familias mientras que Magueyes presenta menos grupos con menos número de familias dentro de cada uno destacando las familias 87, 74 y 67 como un grupo distinto a las demás (tabla 5).

**Tabla 5.** Comparación de medias por familias dentro de procedencias para el peso de semillas, donde ( ) = Media de familia.

<b>Mixquiapan</b>															
Familia	59	40	57	49	36	54	44	56	48	35	37	55	52	34	58
	(5.96)	(6.06)	(6.07)	(6.38)	(6.71)	(6.95)	(7.00)	(7.17)	(7.28)	(7.32)	(7.39)	(7.71)	(7.83)	(8.15)	(8.80)
59	_____														
40	_____														
57,49	_____														
36	_____														
54,44,56,48,35	_____														
37	_____														
55	_____														
52	_____														
34	_____														
58	_____														
<b>Magueyes</b>															
Familia	77	76	68	85	66	71	73	78	84	86	72	62	87	74	67
	(2.34)	(2.53)	(3.05)	(3.14)	(3.33)	(3.58)	(3.76)	(3.87)	(4.47)	(4.87)	(4.99)	(5.89)	(6.40)	(7.01)	(8.01)
77,76	_____														
68,85	_____														
66,71,3,78	_____														
84,86	_____														
72	_____														
62	_____														
87	_____														
74	_____														
67	_____														

**Carboneros Jacales**

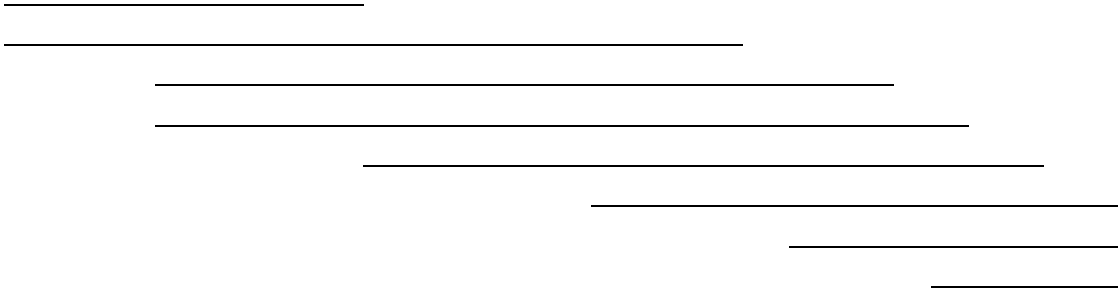
Familia	25	6	9	1	8	2	11	14	15	3	5	17	10	4	18
	(5.98)	(6.59)	(6.73)	(6.74)	(6.74)	(6.75)	(6.82)	(6.90)	(6.99)	(7.14)	(7.14)	(7.20)	(7.32)	(7.33)	(7.74)

Para largo en Mixquiapan se encontró que la familia 34 formó un grupo con mayores diferencias igual número que en Magueyes de las familias 67, 84 y 73 (tabla 6).

**Tabla 6.** Comparación de medias por familias dentro de procedencias para el largo de semillas, donde ( ) = Media de familia.

<b>Mixquiapan</b>															
Familia	57	37	59	55	36	49	54	35	44	56	40	37	58	52	34
	(4.08)	(4.30)	(4.33)	(4.33)	(4.34)	(4.40)	(4.49)	(4.53)	(4.54)	(4.56)	(4.58)	(4.63)	(4.65)	(4.66)	(4.77)
57	_____														
48	_____														
59,55,36	_____														
49,54	_____														
56,44,35	_____														
40	_____														
52,58,37	_____														
34	_____														
<b>Magueyes</b>															
Familia	68	76	62	66	72	85	71	77	86	78	87	74	67	84	73
	(4.10)	(4.13)	(4.36)	(4.38)	(4.41)	(4.47)	(4.50)	(4.50)	(4.64)	(4.64)	(4.76)	(4.78)	(4.96)	(5.01)	(5.25)
76,68	_____														
72,66,62	_____														
85,71,77	_____														
86	_____														
87,74	_____														
67	_____														
84	_____														
73	_____														





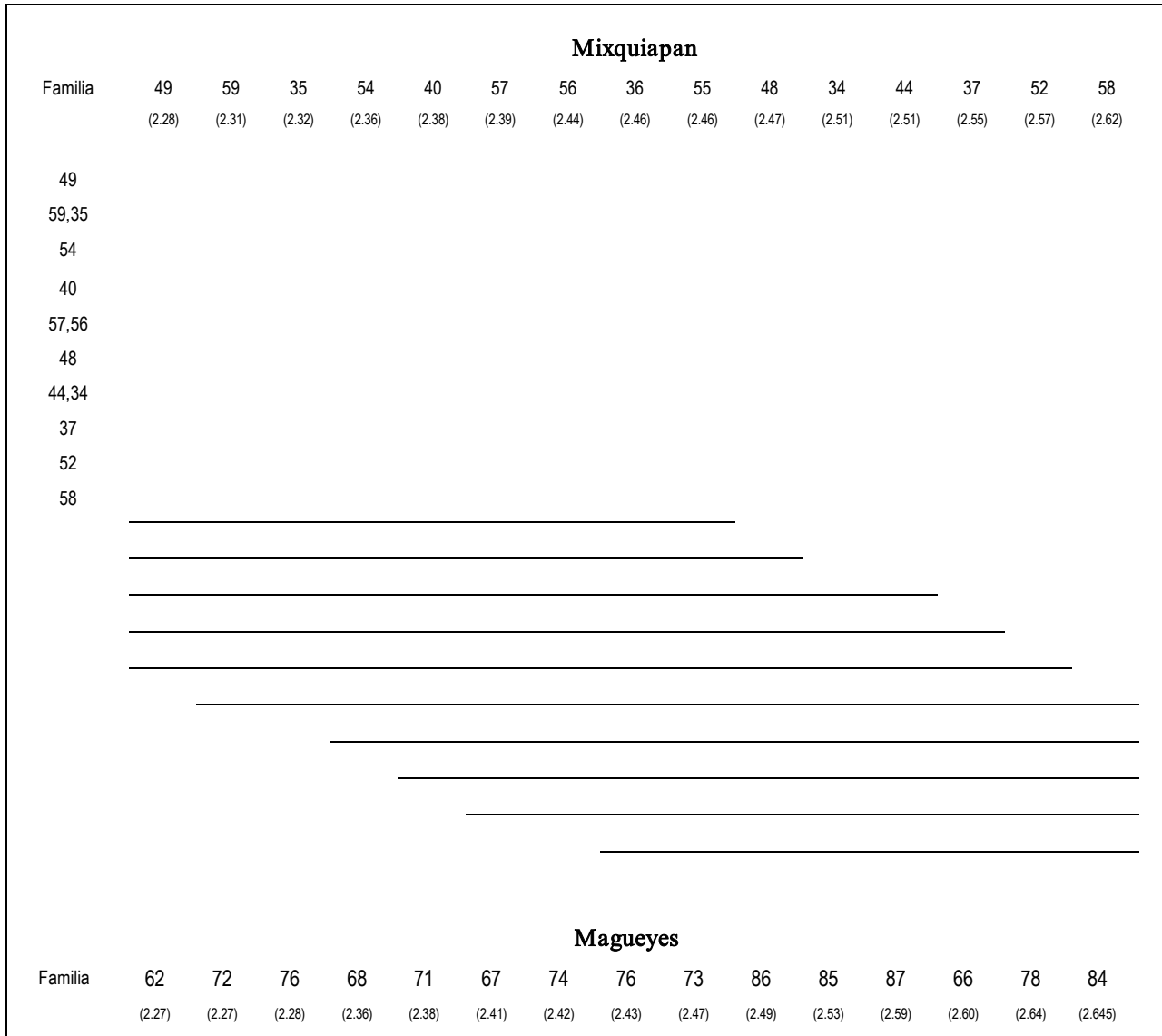
**Carboneros Jacales**

Familia	10	5	13	15	1	2	8	3	4	6	11	14	12	9	7
	(4.33)	(4.36)	(4.38)	(4.40)	(4.43)	(4.44)	(4.45)	(4.53)	(4.54)	(4.55)	(4.55)	(4.58)	(4.63)	(4.70)	(4.85)

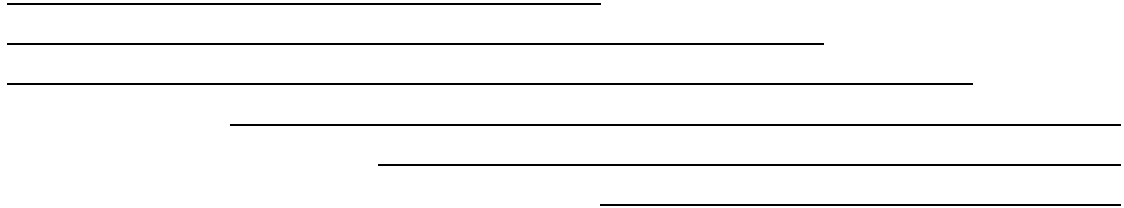


En cuanto al ancho Mixquiapan fue la que formó más grupos (11) mientras que Magueyes sólo formó seis. Cabe destacar que hubo un grupo con dos familias en cada procedencia (78 y 84 para Magueyes y 52 y 58 para Mixquiapan) que formaron el grupo con las mayores diferencias (tabla 7).

**Tabla 7.** Comparación de medias por familias dentro de procedencias para el ancho de semillas, donde ( ) = Media de familia.



62,72,77  
68,71  
67,74,76  
73,86,85  
87,66  
78,84



**Carboneros Jacales**

Familia	15	10	2	5	7	4	3	9	12	2	1	11	13	14	8
	(2.46)	(2.47)	(2.49)	(2.52)	(2.52)	(2.53)	(2.54)	(2.54)	(2.56)	(2.57)	(2.59)	(2.59)	(2.62)	(2.63)	(2.66)



## 6.2. Proceso germinativo

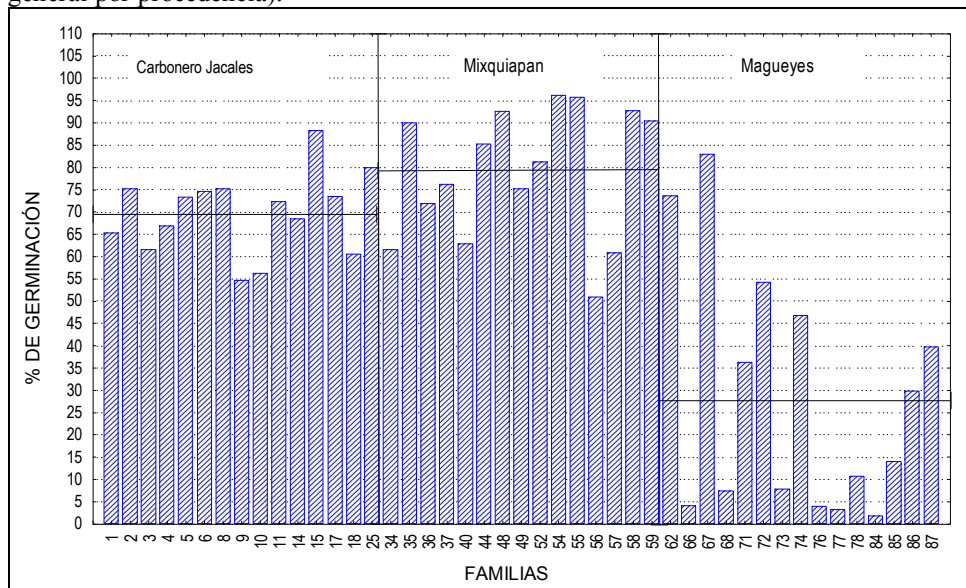
En cuanto al porcentaje de germinación se observa que la procedencia de Magueyes presentó la mayor variación y los porcentajes más bajos, mientras que Mixquiapan obtuvo los porcentajes más altos. Carbonero Jacales muestra menor variación respecto a las otras dos procedencias (desviación estándar) (tabla 8).

**Tabla 8.** Estadísticas descriptivas del porcentaje de germinación por procedencias.

PROCEDENCIA	OBSERV.	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV EST.
Carbonero jacales	15	54.708	88.281	69.741	9.064
Mixquiapan	15	50.925	96.315	78.931	14.659
Magueyes	15	1.851	82.980	27.776	26.884

Al comparar las familias dentro de cada procedencia (figura 6) se observa que hay mucha variación entre ellas, como es el caso de Magueyes donde se encuentran familias con muy bajo porcentaje de germinación y las familias 66, 68, 73, 76, 77 y 85 presentaron menos del 10% y sólo dos familias más del 50%; sin embargo, para las otras dos procedencias todas las familias tuvieron más del 50% de germinación. En Mixquiapan hubo cuatro familias (48, 54, 55 y 59) con más del 90% de germinación.

**Figura 6.** Porcentaje de germinación por familias (la línea representa el promedio general por procedencia).



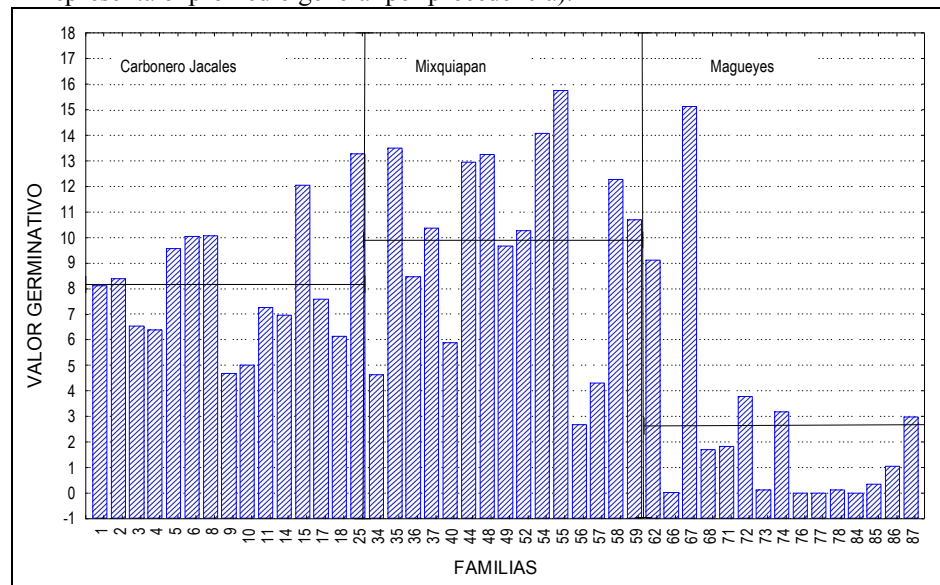
Para el valor germinativo las estadísticas descriptivas muestran que Magueyes presentó mayor variación, mientras que Carbonero Jacales presentó la menor variación (tabla 9).

**Tabla 9.** Estadísticas descriptivas del valor germinativo por procedencias.

PROCEDENCIA	OBSERV.	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV EST.
Carbonero jacales	15	4.701	13.2648	8.188	2.457
Mixquiapan	15	2.664	15.7440	9.915	3.979
Magueyes	15	0.003	15.1370	2.627	4.220

En cuanto a las familias dentro de procedencias éstas presentaron un comportamiento similar al de porcentaje de germinación en ambos casos se observa claramente que Magueyes presentó los menores valores (figura 7).

**Figura 7.** Valor germinativo de las semillas de *Pinus teocote* por familia (la línea representa el promedio general por procedencia).



En cuanto al tiempo que tardaron en alcanzar un 85% de germinación se observó que Carbonero Jacales y Mixquiapan presentan comportamiento similar en promedio mientras que Magueyes necesitó más días para su germinación (tabla 10).

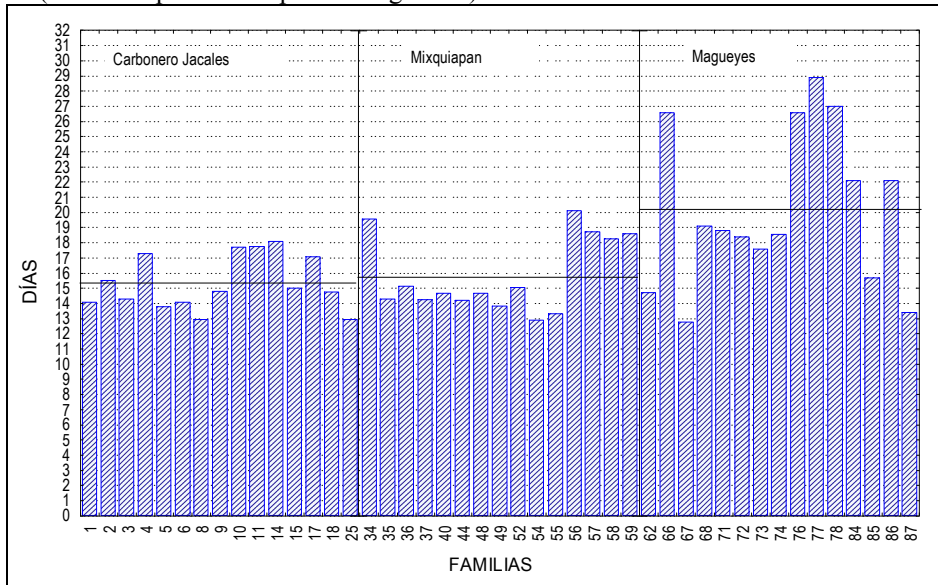
**Tabla 10.** Estadísticas descriptivas velocidad de germinación por procedencias.

PROCEDENCIA	OBSERV.	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV EST.
Carbonero jacales	15	13	18	15.348	1.792
Mixquiapan	15	13	20	15.844	2.463

Magueyes	15	13	29	20.159	5.195
----------	----	----	----	--------	-------

Al observar la figura 8 vemos que las familias que presentaron los menores porcentajes de germinación y valor germinativo fueron a la vez las que tardaron más en alcanzar el 85% de germinación como las familias 66, 76, 77, 78, 84 y 86.

**Figura 8.** Velocidad de germinación de las semillas de *Pinus teocote* por familia. (la línea repredio el promedio general).



### 6.3. Número y longitud de hojas cotiledonares

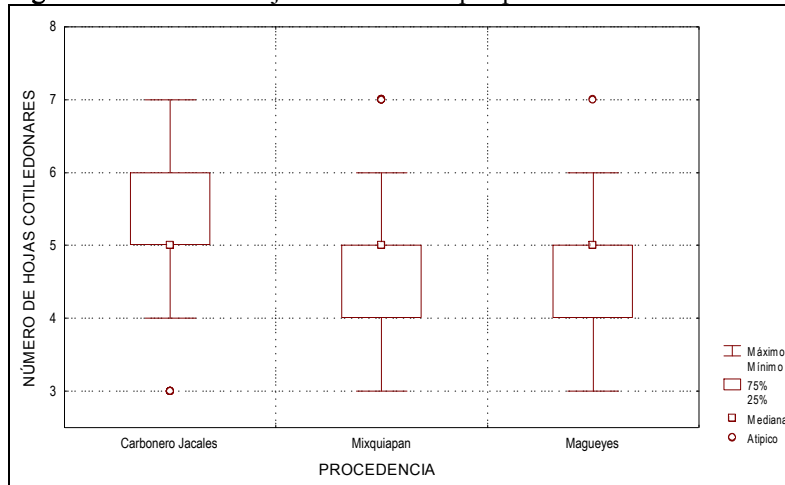
De acuerdo a los porcentajes de germinación obtenidos para la procedencia de Magueyes sólo 8 de las 15 familias que se habían considerado en la etapa inicial se evaluaron. Las estadísticas descriptivas para el número de hojas cotiledonares muestra que Carboneros Jacales presentó el mayor valor promedio para esta característica, siendo también esta procedencia la que presentó mayor variación (tabla 11).

**Tabla 11.** Estadísticas descriptivas para número de hojas cotiledonares.

PROCEDENCIA	OBSERV.	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV EST.
Carbonero jacaes	300	3	7	5.156	0.864
Mixquiapan	300	3	7	4.930	0.808
Magueyes	160	3	7	4.640	0.778

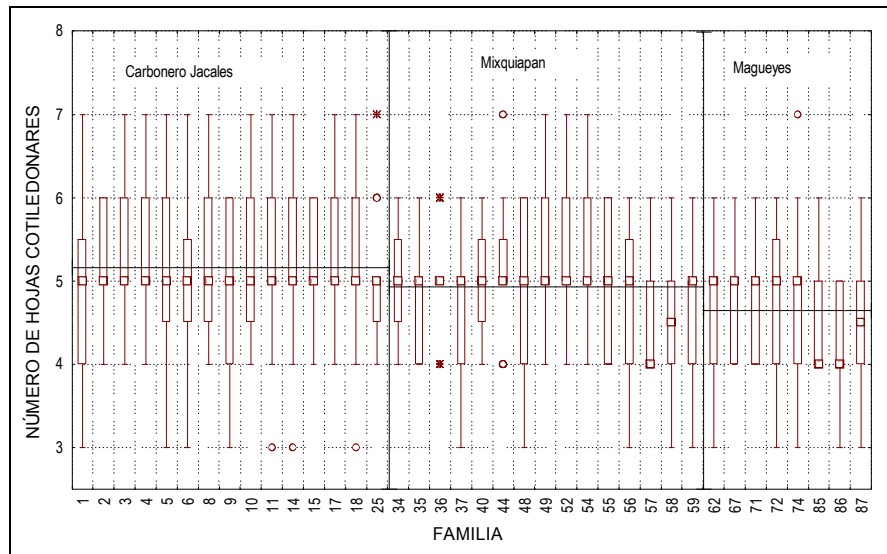
En general, el número de hojas cotiledonares que predominó en las plántulas de *Pinus teocote* (el 50% de éstas) fue de 4 a 5. En las tres procedencias se encontró en menor cantidad plántulas con 3 y 7 hojas cotiledonares (figura 9).

**Figura 9.** Número de hojas cotiledonares por procedencia.



Al analizar gráficamente esta variable entre familias dentro de procedencias se observa en la figura 10 que en Carbonero Jacales la mayoría de sus familias tienen plántulas con siete hojas cotiledonares mientras que en Mixquiapan sólo hay cuatro familias y en Magueyes una. En esta figura se observa también que al menos cinco familias de cada procedencia presentan plántulas con tres hojas cotiledonares.

**Figura 10.** Número de hojas cotiledonares por familia (la línea representa el promedio general).



En cuanto a la longitud de las hojas cotiledonares de las plántulas de *Pinus teocote* se observa en las estadísticas descriptivas que Carbonero Jacales y Mixquiapan presentaron los mismos promedios para esta característica, mientras que Magueyes presentó el mayor valor promedio, se observa también que Mixquiapan presentó plántulas con hojas cotiledonares más pequeñas. Los valores de desviación estándar muestran la existencia de variación en la longitud de hojas cotiledonares, la mayor variación se encuentra en Magueyes y la menor variación en Carbonero Jacales (tabla 12).

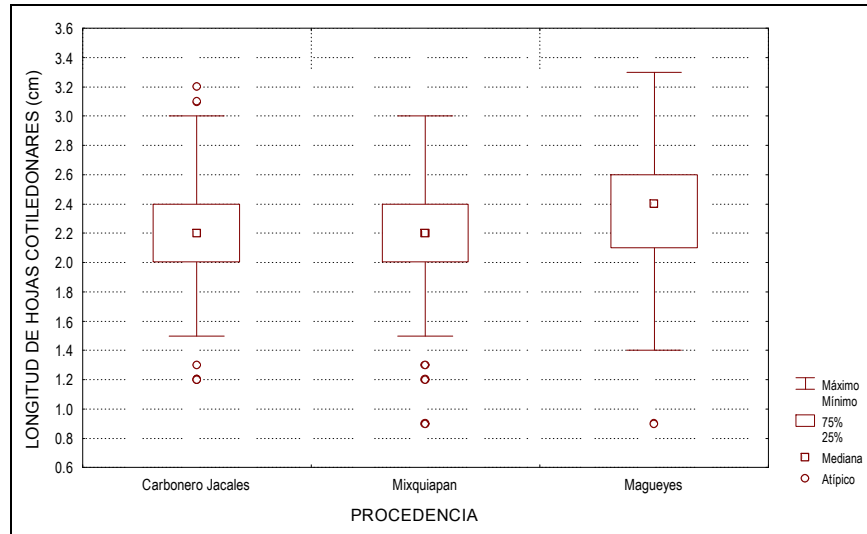
**Tabla 12.** Estadísticas descriptivas para longitud de hojas cotiledonares

PROCEDENCIA	OBSERV.	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV EST.
Carbonero jacaless	300	1.20	3.20	2.20	0.323
Mixquiapan	300	.900	3.00	2.20	0.332
Magueyes	160	.900	3.30	2.35	0.415

El 75% de las familias de Carbonero Jacales y Mixquiapan tienen hojas cotiledonares que miden entre 2 y 3 cm, mientras que Magueyes presenta este mismo porcentaje de familias con hojas cotiledonares entre 2.1 y 3.3 cm, lo anterior se puede observar en la figura 11, donde se presenta una comparación entre las tres procedencias.

**Figura 11.** Longitud de hojas cotiledonares por procedencia.

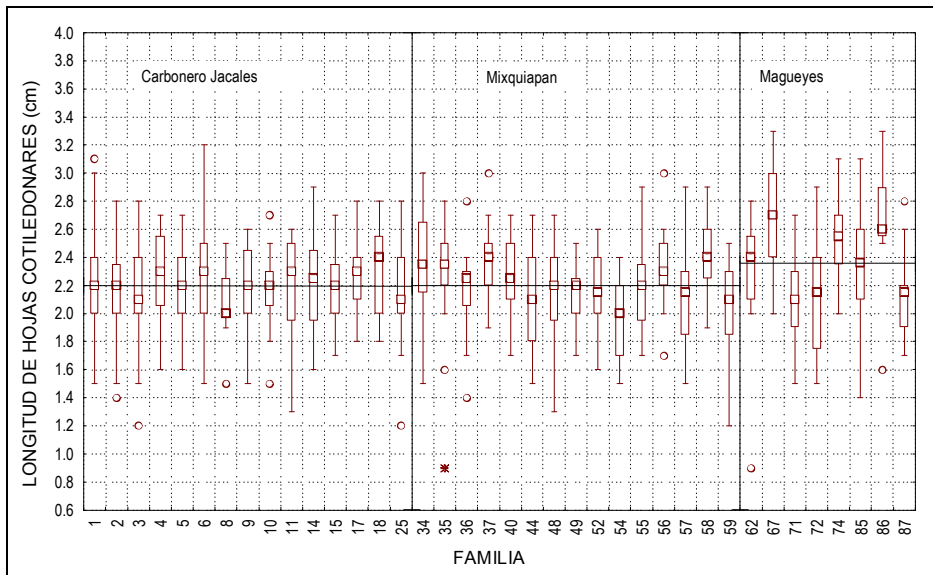




En la comparación de familias dentro de cada procedencia se observa en la figura 12 que el 50% de las plántulas de todas las familias de Carbonero Jacales tienen hojas cotiledonares entre 1.9 y 2.5 cm.

Entre el 50% al 75% de las plántulas de 10 familias de Mixquiapan tienen hojas cotiledonares por arriba de la media general y el resto presentó el 50% o más de sus valores por debajo de este promedio. Magueyes fue la procedencia con mayor variación donde hay familias con el 75% o más de sus datos por arriba de la media general (67, 74 y 86) y otras con éste mismo porcentaje de plántulas con valores menores a dicha media (71 y 87).

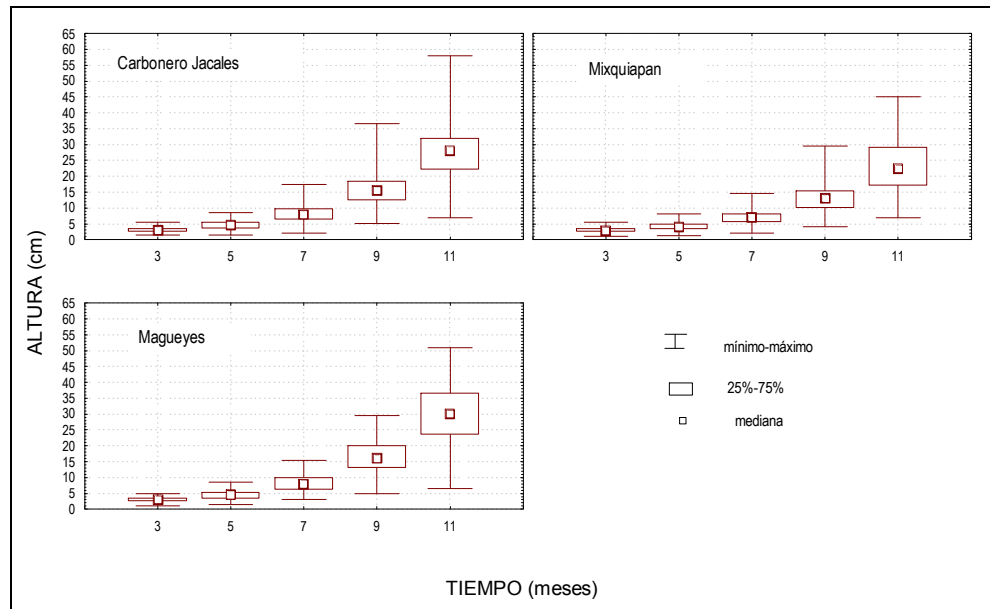
**Figura 12.** Longitud de hojas cotiledonares por familia (la línea representa el promedio general).



#### 6.4. Altura y diámetro de plántulas

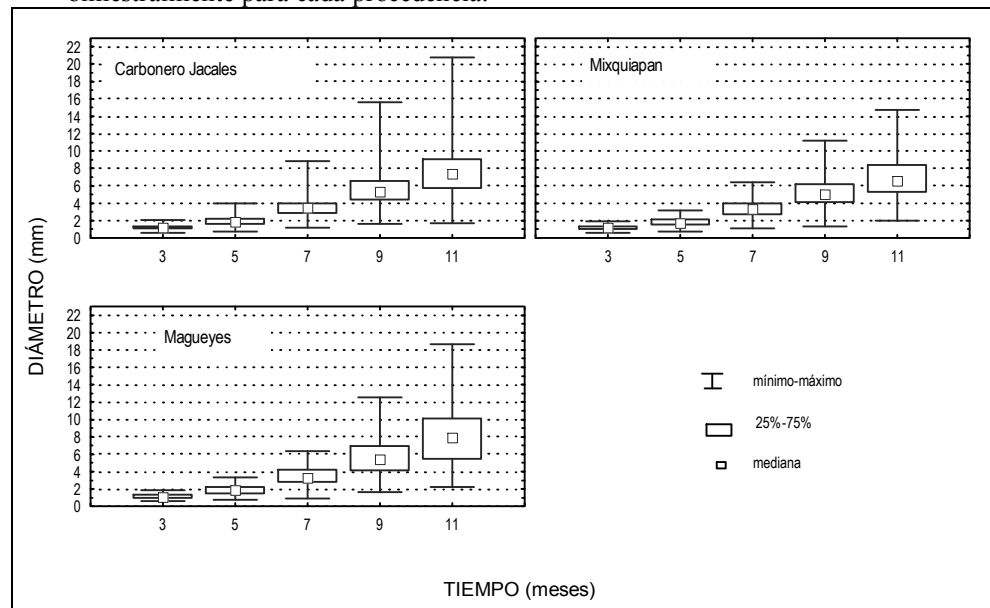
En las figuras 13 y 14 se presenta la distribución de crecimiento en altura y diámetro respectivamente por procedencia durante el periodo de evaluación; en cuanto a la altura se observa que en los primeros siete meses las procedencias no presentaron grandes diferencias entre sí; a partir de los nueve meses esta situación cambia, ya que Carbonero Jacales que muestra algunas plántulas con mayores alturas con respecto a las otras dos procedencias aunque el promedio por procedencia fue mayor para Magueyes (anexo 2). Además, a partir de esta evaluación se advierte la existencia de mayor variación en altura de las plántulas en comparación con los primeros meses.

**Figura 13.** Distribución del crecimiento en altura de plántulas evaluadas bimestralmente para cada procedencia.



Respecto al crecimiento en diámetro se observa que esta característica tiene un comportamiento similar entre procedencias hasta los cinco meses. A partir de los siete meses se observa un mayor incremento en diámetro, aunque al final Mixquiapan presenta plántulas con menor diámetro con respecto a las otras dos procedencias. Tomando en cuenta los promedios por procedencia Magueyes alcanzó la mayor variación y el mayor promedio (anexo 3).

**Figura 14.** Distribución del crecimiento en diámetro de plántulas evaluadas bimestralmente para cada procedencia.



Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para altura de plántulas (tabla 13) en cada evaluación confirma que existen diferencias significativas entre procedencias (95% de confiabilidad) a partir del séptimo mes; mientras que entre familias dentro de procedencias se encontraron diferencias significativas en todos los meses. En esta tabla también se observa que el porcentaje de variación atribuido a familias presenta un incremento hasta el séptimo mes y a partir del noveno mes una disminución gradual, siendo la más baja en la última evaluación. En todas las evaluaciones se observó que el mayor porcentaje de variación se atribuye al error, esto es a la variación en crecimiento en diámetro entre plántulas.

**Tabla 13.** Análisis de varianza para altura de plántulas en cada tiempo

3 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	<b>F</b>	p-level	
			2	1.89	0.1657	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			0.09376	0.03006	0.0018	13.4
		Error	0.60517	0.03270	0.0000	86.6
5 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	<b>F</b>	p-level	
			2	2.77	0.0767	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			0.25406	0.08057	0.0016	13.9
		Error	1.56930	0.08443	0.0000	86.1
7 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	<b>F</b>	p-level	
			2	4.43	0.0192	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación

			0.95973	0.2970	0.0012	15.8
		Error	5.11982	0.28121	0.0000	84.2
9 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	<b>F</b>	p-level	
			2	8.76	0.0008	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			2.7395	0.9259	0.0031	12.3
		Error	19.9466	1.10504	0.0000	87.7
11 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	<b>F</b>	p-level	
			2	15.40	0.0000	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			5.3312	2.2181	0.0162	7.1
		Error	69.5421	3.86425	0.0000	92.9

Para el crecimiento en diámetro de las plántulas (tabla 14) fue en el último mes cuando se encontraron diferencias significativas entre procedencias (95% de confiabilidad), mientras que las familias dentro de procedencias presentaron diferencias altamente significativas en todos los tiempos. El comportamiento en cuanto al porcentaje de variación atribuible al crecimiento en diámetro es similar al de altura, solamente que la disminución gradual inicia en el quinto mes siendo la más baja la última evaluación, igualmente el mayor porcentaje de variación es atribuible al error, es decir, a la variación entre plántulas.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para el diámetro de plántulas en cada tiempo.

3 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	<b>F</b>	p-level	
---------	---------------------	-------------	--------------------	----------	---------	--

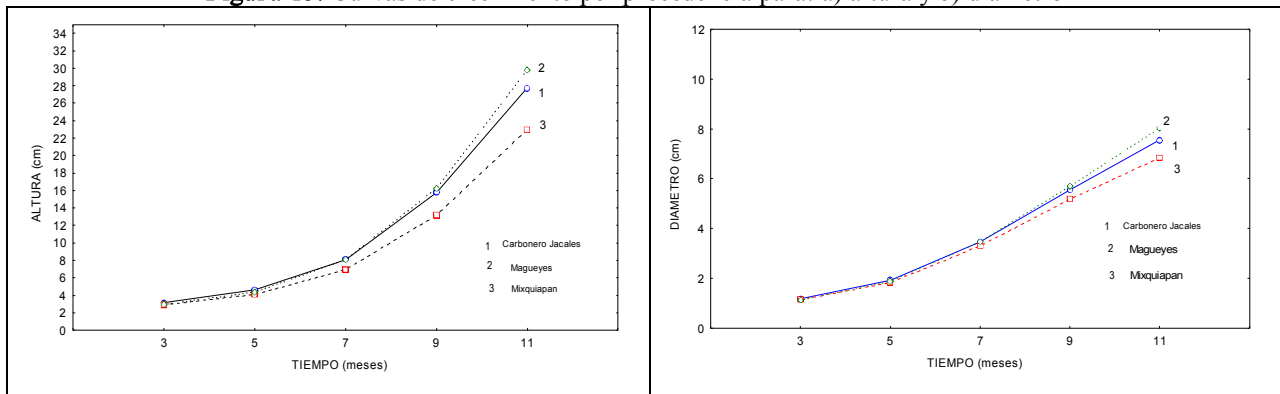
			2	1.89	0.6938	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			0.00713	0.002354	0.0024	12.7
		Error	0.04920	0.002665	0.0000	87.3
5 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	F	p-level	
			2		0.5133	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			0.0537	0.01573	0.0006	18.9
		Error	0.2297	0.01286	0.0000	81.1
7 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	F	p-level	
			2	1.89	0.6139	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			0.17039	0.05343	0.0014	14.9
		Error	0.9742	0.0534	0.0000	85.1
9 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	F	p-level	
			2	1.89	0.2896	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			0.4771	0.15362	0.0019	13.8
		Error	2.9557	0.1637	0.0000	86.2
11 MESES	Fuente de variación	Procedencia	Grados de libertad	F	p-level	
			2	1.89	0.0340	
		Familia(Proce)	Estimación	Error estándar		% de variación
			0.65535	0.2499	0.0085	8.7
		Error	6.80989	0.38149	0.0000	91.3

Analizando simultáneamente los resultados de altura y diámetro observamos que a medida que avanza el tiempo se hacen más evidentes las diferencias entre procedencias, mientras

que las familias dentro de procedencias se van pareciendo más, dado que el porcentaje de variación atribuible a las familias va decreciendo gradualmente.

La siguiente etapa en el análisis de altura y diámetro de plántulas consideró en conjunto a todas las evaluaciones que se hicieron. Para tal efecto, se obtuvieron los perfiles de crecimiento, tanto para las procedencias, como para las familias. Entendiéndose por perfiles de crecimiento a la forma en que se presenta éste. Cada perfil representa el crecimiento promedio en altura y/o diámetro considerando a todas las familias de una procedencia en cada evaluación (figura 15), para el caso de los perfiles por familia, cada perfil representa el crecimiento promedio en altura y/o diámetro considerando a todas las plántulas de esa familia en cada evaluación (figura 16).

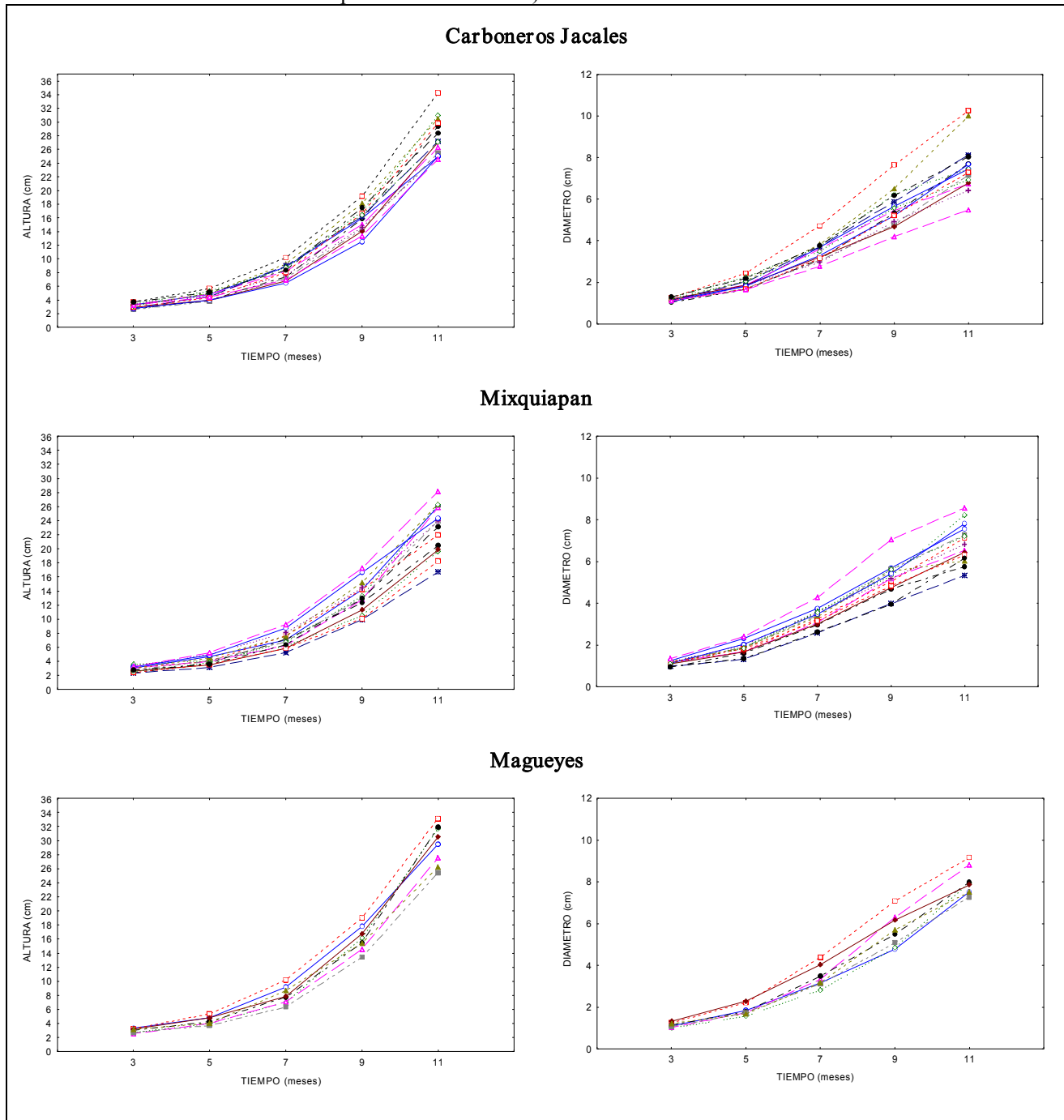
**Figura 15.** Curvas de crecimiento por procedencia para: a) altura y b) diámetro



En la figura 15 se observa las diferencias en el crecimiento entre procedencias para altura y diámetro, ya que se presenta una divergencia entre los perfiles que representa a cada una de ellas.

En la figura 16 también se advierten diferencias en el crecimiento entre familias para altura y diámetro, ya que se observa de igual forma divergencias entre los perfiles que representan a cada una de ellas.

**Figura 16.** Perfiles o patrones de crecimiento en altura y diámetro de las familias de cada procedencia (cada línea o perfil representa el crecimiento promedio de una familia en todo el periodo de evaluación).



A continuación se muestran los resultados entre procedencia, familia y plántulas correspondientes al análisis efectuado al crecimiento en altura mostrada en los gráficos anteriores.



Estos resultados fueron obtenidos a partir del ajuste del modelo jerárquico propuesto, el cual se detalló en la metodología (tablas 15 y 16).

**Tabla 15.** Estimaciones de los efectos fijos (procedencias) del modelo jerárquico para los perfiles o patrones de crecimiento en altura de plántulas. Donde  $\delta_{000}, \delta_{100}, \delta_{200}$  asociados con las constantes son los efectos promedios iniciales correspondientes a los perfiles de crecimiento de cada procedencia;  $\delta_{001}, \delta_{101}, \delta_{201}$  asociados con el logaritmo natural del tiempo representa los efectos promedios del  $\ln(\text{Tiempo})$  sobre los perfiles de crecimiento de cada procedencia;  $\delta_{002}, \delta_{102}, \delta_{202}$  asociados con el tiempo representan los efectos promedio del tiempo sobre los perfiles de crecimiento correspondientes a cada procedencia.

PROCEDENCIA	PARÁMETRO ASOCIADO	ESTIMACIÓN	ERROR ESTÁNDAR	p-LEVEL
Carbonero Jacales	Constante ( $\delta_{000}$ )	0.357	0.044	< 0.001
	$\ln(\text{Tiempo})$ ( $\delta_{001}$ )	-0.505	0.069	< 0.001
	Tiempo ( $\delta_{002}$ )	0.747	0.028	< 0.001
Mixquiapan	Constante ( $\delta_{100}$ )	-0.062	0.062	0.3174
	$\ln(\text{Tiempo})$ ( $\delta_{101}$ )	-0.021	0.098	0.8336
	Tiempo ( $\delta_{102}$ )	0.022	0.039	0.5754
Magüeyes	Constante ( $\delta_{200}$ )	-0.153	0.075	0.0414
	$\ln(\text{Tiempo})$ ( $\delta_{201}$ )	-0.111	0.119	0.3472
	Tiempo ( $\delta_{202}$ )	0.080	0.048	0.0970

Los resultados del ajuste del modelo jerárquico para crecimiento en altura de las plántulas presentado en la tabla 15 mostraron que todos los parámetros para Carboneros Jacales resultaron ser significativos. Magüeyes tuvo dos parámetros significativos aunque con un nivel de confiabilidad menor, mientras que Mixquiapan no presentó ningún parámetro significativo.

De lo anterior y considerando sólo los parámetros significativos, podemos decir que los modelos finales para cada procedencia son diferentes, esto indica que los perfiles de crecimiento

para cada procedencia son diferentes, ya que el modelo que los representa es distinto para cada una de ellas. Podemos ver estas diferencias en la figura 15a, haciendo notar que para Magueyes se observa un crecimiento en altura de plántulas más acelerado en los últimos meses en comparación con las otras dos.

En la tabla 16 se observan los componentes de variación (efectos aleatorios) obtenidos del ajuste del modelo jerárquico. En éstos resultados vemos que el mayor porcentaje de variación en el crecimiento en altura se atribuye principalmente a diferencias entre plántulas, en segundo lugar la variación se atribuye a diferencias entre familias dentro de procedencias y el resto corresponde al error, el cual representa a la variación en el crecimiento a través del tiempo.

**Tabla 16.** Estimaciones de los componentes de varianza (efectos aleatorios) del modelo jerárquico para los perfiles o patrones de crecimiento en altura de las plántulas. Donde  $\sigma_{V_{00k}}, \sigma_{V_{10k}}, \sigma_{V_{20k}}$  son los componentes de varianza entre familias;  $\sigma_{v_{0j}}, \sigma_{v_{1j}}, \sigma_{v_{2j}}$  son los componentes de varianza entre plántulas dentro de familias;  $\sigma_{v_{2j}}$  componentes de varianza correspondientes al error experimental.

FUENTE DE VARIACIÓN.	PARÁMETRO ASOCIADO.	VARIACIÓN TOTAL	PORCENTAJE DE VARIACIÓN
Familia (proce)	$\sigma_{V_{00k}} = 0.018$ $\sigma_{V_{10k}} = 0.045$ $\sigma_{V_{20k}} = 0.006$	0.069	11.87%
Plántula	$\sigma_{v_{0j}} = 0.184$ $\sigma_{v_{1j}} = 0.246$ $\sigma_{v_{2j}} = 0.064$	0.049	84.30%
Error	$\sigma_{e_{ijk}} = 0.023$	0.023	3.83%

A continuación se describe el análisis efectuado para los perfiles de crecimiento en diámetro de plántulas (tabla 17), el cual muestra que todos los parámetros fueron significativos para Mixquiapan. Mientras que Carboneros Jacales presentó dos parámetros significativos aunque

con un nivel de confiabilidad menor, mientras que Magueyes sólo presentó un parámetro significativo.

**Tabla 17.** Estimaciones de los efectos fijos del modelo jerárquico para los perfiles o patrones de crecimiento en diámetro de plántulas. Donde  $\delta_{000}$ ,  $\delta_{100}$ ,  $\delta_{200}$  asociados con las constantes son los efectos promedios iniciales correspondientes a los perfiles de crecimiento de cada procedencia;  $\delta_{001}$ ,  $\delta_{101}$ ,  $\delta_{201}$  asociados con el logaritmo natural del tiempo representan los efectos promedios del  $\ln(\text{Tiempo})$  sobre los perfiles de crecimiento correspondientes a cada procedencia;  $\delta_{002}$ ,  $\delta_{102}$ ,  $\delta_{202}$  asociados con el tiempo representan los efectos promedio del tiempo sobre los perfiles de crecimiento de cada procedencia.

PROCEDENCIA	PARÁMETRO ASOCIADO	ESTIMACIÓN	ERROR ESTÁNDAR	p-LEVEL
	Constante ( $\delta_{000}$ )	0.351	0.058	< 0.001
Carbonero Jacales	$\ln(\text{Tiempo})$ ( $\delta_{001}$ )	0.065	0.064	< 0.001
	Tiempo ( $\delta_{002}$ )	-0.021	0.026	0.401
	Constante ( $\delta_{100}$ )	1.091	0.081	< 0.001
Mixquiapan	$\ln(\text{Tiempo})$ ( $\delta_{101}$ )	0.182	0.098	0.0488
	Tiempo ( $\delta_{102}$ )	-0.077	0.036	0.0332
	Constante ( $\delta_{200}$ )	1.603	0.098	< 0.001
Magueyes	$\ln(\text{Tiempo})$ ( $\delta_{201}$ )	0.167	0.111	0.1336
	Tiempo ( $\delta_{202}$ )	-0.065	0.044	0.1416

Lo anterior nos indica que los perfiles de crecimiento para cada procedencia son diferentes, ya que el modelo que los representa es distinto para cada una de ellas. Esta diferencia en los patrones de crecimiento se debe a las diferencias en el ritmo de crecimiento de las plántulas a través del tiempo. Gráficamente podemos ver estos resultados en la figura 15b.

En la tabla 18 se observan los componentes de varianza (efectos aleatorios) obtenidos del modelo jerárquico. Estos resultados muestran que el mayor porcentaje de variación en el crecimiento en diámetro se atribuye principalmente a diferencias entre plántulas, la segunda

variación más grande se atribuye al error; mientras que a las familias dentro de procedencias se les atribuye el menor porcentaje de variación con respecto al total.

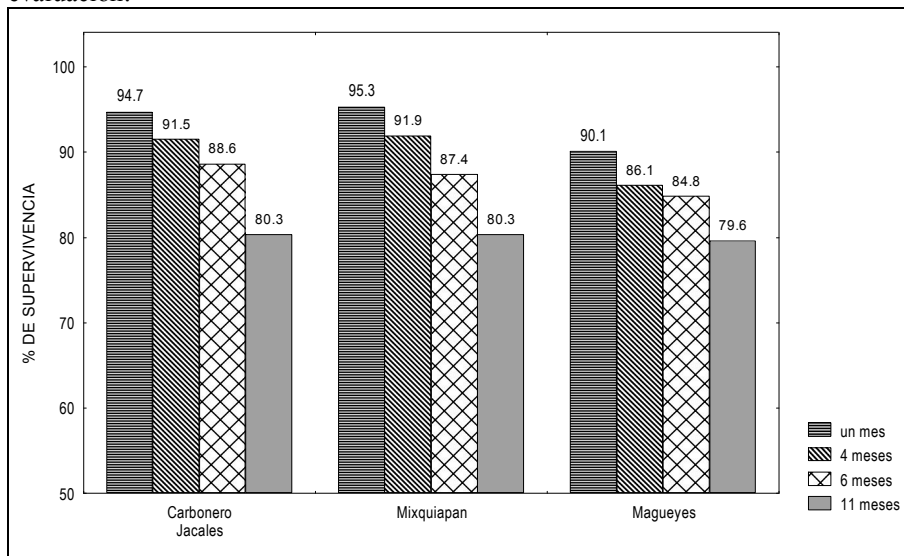
**Tabla 18.** Estimaciones de los efectos aleatorios del modelo jerárquico para los perfiles o patrones de crecimiento en diámetro de las plántulas.

FUENTE DE VARIACIÓN.	PARÁMETRO ASOCIADO.	VARIACIÓN TOTAL	PORCENTAJE DE VARIACIÓN
Familia	$\sigma_{v_{00k}} = 0.042$ $\sigma_{v_{10k}} = 0.000$ $\sigma_{v_{20k}} = 0.000$	0.042	16.1%
Plántula	$\sigma_{v_{0j}} = 0.002$ $\sigma_{v_{1j}} = 0.117$ $\sigma_{v_{2j}} = 0.009$	0.1275	49.3%
Error	$\sigma_{e_{ijk}} = 0.089$	0.0894	34.6%

## 6.5. Supervivencia

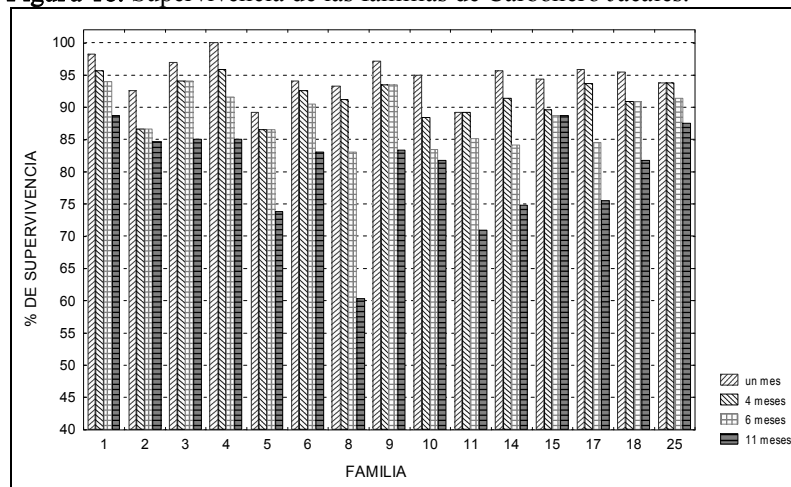
En cuanto a la supervivencia en las procedencias fue disminuyendo a partir del trasplante hasta un 80.3% para Carbonero Jacales y Mixquiapan, mientras que en Magueyes llegó al 79.6%. Magueyes fue la procedencia que en el primer mes alcanzó la menor supervivencia, sin embargo, en la última evaluación presentó un porcentaje similar a las otras dos procedencias (figura 17).

**Figura 17.** Porcentaje de supervivencia por procedencia a través del tiempo de evaluación.



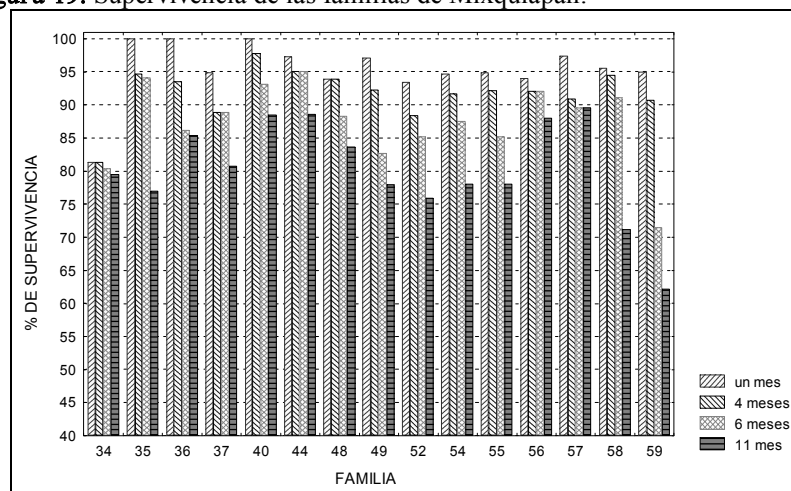
La figura 18 muestra los porcentajes de supervivencia de las familias de Carbonero Jcales donde se observa una gran diferencia entre ellas durante las evaluaciones, algunas familias mantienen porcentajes similares durante los once meses como las familias 15 y 25, mientras que otras presentaron mayor mortalidad como la familia 8.

**Figura 18.** Supervivencia de las familias de Carbonero Jcales.



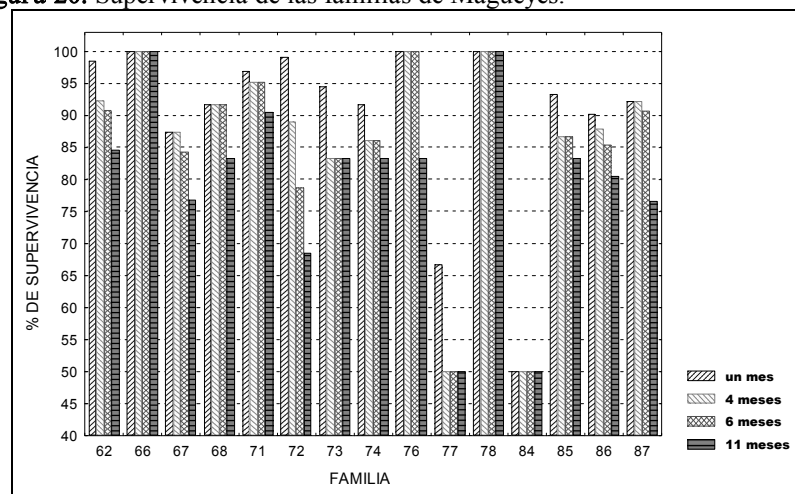
Mixquiapan (figura 19) al igual que Carbonero Jcales presentó diferencias entre las familias. Se observa algunas familias que mantienen porcentajes similares durante la evaluación como la 40, 44 y 57 mientras que otras como la 58 y 59 presentaron menor supervivencia

**Figura 19.** Supervivencia de las familias de Mixquiapan.



En la figura 20 se observa que las familias de Magueyes presentan diferencias entre ellas, como las familias 77 y 84 que presentan mayor mortalidad al mes del trasplante mientras que el resto presentó desde el 65% hasta el 100 % de supervivencia, es importante mencionar que en esta procedencia sólo las familias 72, 67 y 62 contaron con más de 100 plántulas en el trasplante y el resto de las familias presentaron entre 6 y 40 plántulas.

**Figura 20.** Supervivencia de las familias de Magueyes.



## 7. DISCUSIÓN

Los resultados mostrados por la especie en cuanto al proceso germinativo no difieren con lo expuesto por varios autores: Lovato (1881), Wang (1982) y Aparicio (1999), quienes mencionan que las semillas de los pinos, al igual que muchas especies forestales, presentan una respuesta germinativa variable. Esta variación se presenta entre especies, entre procedencias y entre familias, la cual está controlada por factores genéticos y ambientales. En el caso de *Pinus teocote* a través del análisis exploratorio se encontraron estas diferencias dentro de cada procedencia, donde el porcentaje, valor germinativo y velocidad de germinación no fueron favorables para las semillas provenientes de Magueyes, al mismo tiempo presentó las semillas con menor peso con respecto a las otras dos procedencias.

Otra característica evaluada es el número de hojas cotiledonares que, de acuerdo con Hellum (1962), puede ser específico para el área de origen geográfico, en relación a este trabajo se encontró una tendencia de disminución del número de hojas cotiledonares a partir de poblaciones ubicadas de mayor a menor latitud, ya que Carbonero Jacales, procedencia que se encuentra a mayor latitud, presentó plántulas con mayor número de hojas cotiledonares y Magueyes, procedencia que se encuentra a menor latitud, presentó menor número de hojas cotiledonares. Por otra parte Caballero (1967) menciona que la longitud de las hojas cotiledonares varía considerablemente en función del tamaño de las semillas. En este caso Magueyes presentó las semillas más largas al igual que las hojas cotiledonares.

Respecto a los resultados obtenidos para altura y diámetro se encontró que las semillas más largas alcanzaron promedios más altos en crecimiento en altura y diámetro, es decir, plántulas más vigorosas. Magueyes, procedencia que presentó las semillas más largas, tiene promedios más altos en cuanto a estas características; Owens (1973), menciona que esto resulta cierto únicamente durante el primer año de crecimiento de la especie, puesto que tal superioridad generalmente no persiste después de dicho periodo de crecimiento o en los siguientes años.



Por otro lado la variación encontrada entre plántulas y familias de *Pinus teocote* dentro de cada procedencia nos dice que las condiciones ambientales tienen influencia en las familias. Esto comprueba lo ya dicho por Zobel y Talbert (1988), quienes observaron que los pinos y en general todos los árboles, se ven influenciados mayormente por las características físicas y climáticas de los sitios donde se desarrollan.

## 8. CONCLUSIONES

- i. En cuanto al peso, largo y ancho de semillas las diferencias entre familias dentro de procedencias de Magueyes y Mixquiapan nos muestran el potencial que presentan para desarrollar un programa de mejoramiento genético tanto a nivel de procedencias como a nivel de familias. Para el caso de Carbonero Jacales, dado que no presentó variación entre familias para estas características, se concluye la pertinencia de incorporar a la población individuos de otras familias tanto de Mixquiapan como de Magueyes con el objeto de aumentar la variación.
- ii. Dadas las condiciones geográficas y grado de perturbación de las procedencias evaluadas, y considerando el control genético y ambiental sobre el proceso germinativo, se concluye que los sitios correspondientes a las procedencias de Carbonero Jacales y Mixquiapan se encuentran en un estado de baja perturbación ya que presentaron buenos porcentajes de germinación, valor germinativo y velocidad de germinación, comparado con Magueyes que es una procedencias donde el sitio esta altamente perturbado por asentamientos humanos, agricultura y vías de comunicación, presentando valores muy bajos para estas variables.
- iii. En cuanto a la altura y diámetro de plántulas en las primeras etapas de crecimiento se concluye que, a través del tiempo, la diferenciación entre procedencias es mayor, aunque las diferencias entre familias dentro de procedencias se conservan, atribuyéndose dicha variación a factores genético dada la homogeneidad de las condiciones ambientales presentes en el vivero.
- iv. Para una selección temprana, en cuanto a altura y diámetro, es necesario seleccionar entre plántulas ya que la variación dentro de cada familia de *Pinus teocote* es la que contribuye mayormente a la varianza total, seguida de la variación entre familias dentro de procedencias.
- v. Por último, se concluye de acuerdo a los resultados de supervivencia, que esta especie presentó buena adaptación, ya que alcanzó promedios mayores de 79% en las tres procedencias.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Continuar con las evaluaciones de este estudio a nivel de campo en lo referente al comportamiento de procedencias, familias e individuos para las variables altura y diámetro, así como características de la madera y producción de semillas, con el objeto de correlacionar los resultados morfométricos de semillas y plántulas con estas mediciones de los árboles en campo, a fin de establecer los criterios básicos que nos permitan predecir el comportamiento desde semillas y plántulas hasta árboles maduros.
2. Continuar con el seguimiento de las mismas familias en distintos ambientes para conocer en lo posible el movimiento tanto latitudinal como altitudinal de la especie y la influencia en su productividad.
3. Determinar el grado de heredabilidad de dichas características para programas avanzados de mejoramiento genético.
4. Hacer los análisis correspondientes que permitan proponer selecciones tempranas para ahorrar años de observación en el futuro para la especie evaluada.

## 10. LITERATURA CITADA

- ADAMS, W.T. and R.K. CAMBELL.** 1981. Genetic adaptation and seed source specificity. In: Reforestation of skeletal soil: Proceedings of a workshop. (S.D. Hoobs and O.T. Helgerson, Eds.) USDA, Forest Service. Oregon State University. pp. 78-85.
- ALBA, L.J.** 1996. Mejoramiento Genético Forestal en el Estado de Veracruz. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Centro de Genética Forestal, U.V. Jalapa, Ver. Mex. 30 p.
- APARICIO, R.A.** 1999. Efecto del sustrato en la germinación y desarrollo inicial de *Pinus patula* Schl. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrobus* Lind. En almacigos. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Centro de Genética Forestal, U.V. Jalapa, Ver. Mex. 64 p.
- BALOCCHI, C.E.** 1990. Programa de mejoramiento genético de CAMCORE Raleigh, North Carolina. Bulletin on tropical forestry No. 7. 39 p.
- CABALLERO, D.M.** 1967. Efecto del tamaño de semilla y de tres tipos de sustrato en la germinación y desarrollo inicial de *Pinus pseudosatrobus* var. *oaxacana* Martinez. INIF. México. Bol. Tec. 23. 25 p.
- CABALLERO, D.M. y BERMEJO, B.V.** 1994. An orview of the diversity and richness of Mexico's pine species. Ecodecisión. Montreal, Canadá. pp. 82-83.
- CALLAHAM, R.Z.** 1964. Investigación de procedencias, estudio de la diversidad genética asociada a la geografía. Unasilva. 18(73): 40-48.
- CAMPOVERDE, M.J.O.** 1997. Ensayo de procedencias y progenie en plántulas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. Tesis División de Ciencias Foerrestales, UACH. Chapingo, México. 61 p.

- CARRERA, G.M.V.S.** 1982. Estudio morfológico comparativo de plántulas y semillas de nueve especies de pinos mexicanos. Boletín Técnico No. 81. INIF, México. 60 p.
- CIGARRO, C.C.** 1994. Evaluación temprana de seis procedencias y 108 familias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades del Estado de México. Tesis División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, México. 65 p.
- CRITCHFIELD, W. and LITTLE Jr., E.L.** 1971. Geographic Distribution of the pines of the World. U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication No. 991 Washington, D.C. 97 p.
- CZABATOR, F.J.** 1962. Germination value; and index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science. 8(4): 386-396.
- DANIEL, P.W.; HELMES, V.E. y BAKER, F.S.** 1982. Principios de silvicultura 2ª Edición McGRAW-HILL, México. 492 p.
- DONAHUE, J.K.** 1991. Genetic test establishment report. Camcore. 11 p.
- DVORAK, W.J. y DONAHUE, J.K.** 1993. Reseña de investigaciones de la cooperativa CAMCORE 1980-1992. Traduc. Meneses, J. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales, Universidad Estatal de Carolina del Norte. 94 p.
- EGUILUZ, P.T.** 1988. Distribución natural de los Pinos en México. Nota Tec. No. 1. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, México. 6 p.
- EGUILUZ, P.T.** 1998. Herencia y evolución. Serie de Apoyo Académico No. 1. Universidad Autónoma Chapingo. México. 25 p.

- FOWLER, D.P.** 1978. Mejoramiento e hibridación de poblaciones. *Unasyuva* 30 (119-120): 21-26.
- GALEOTE, R.M.A.** 1995. Ensayo de procedencias y progenies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr, & Golf. en la Sabana, Oaxaca. Tesis División de Ciencias Foerestales, UACH. Chapingo, México. 90 p.
- HARPER, J.L., LOVELL, P.H. and MOORE, R.G.** 1970. The shapes and sizes of seeds. In *Annual Review of Ecology and Systematic*. (R.F Johnston, P,W. Frank, Ch. D. Michener, Eds.). 1: 327-356.
- HEAMAN, J.C.** 1984. Provenance testing a western canadian perspective. In: XIV Reunión del grupo de Mejoramiento Genético Forestal. Comisión Forestal de América del Norte. FAO. Dgo. México. pp. 42-57.
- HELLUM, A.K.** 1969. Variation in cotyledon number and seed weight in white spruce in Alberta. *Proc. Th. Mtg. Comm. For Tree Breeding can.* Part 2: 65-67.
- HERNANDEZ, P.C.** 1995. Variación geográfica y genética en el crecimiento inicial de *Pinus engelmannii* Carr. en condiciones de invernadero. Tesis División de Ciencias Foerestales, UACH. Chapingo, México. 91 p.
- HERNANDEZ, M.M. y REYES, C.J.M.** 1996. Variación morfológica de 21 especies de pinos mexicanos a nivel de plántula. Tesis División de Ciencias Foerestales, UACH. Chapingo, México. 136 p.
- LOVATO, A.** 1981. Germination of seeds. In: *Advances in research and technology of seeds.* Part 6. pp. 86-120.
- MARTINEZ, M.** 1948. Los Pinos de México. 2 Edición. Botas. México. 361 p.

- MENDENHALL, O.S.** 1990. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. 321 p.
- MENDIZABAL, H.L. del C.** 1995. Evaluación de la progenie de dos huertos semilleros de *Pinus patula* Schl. et Cham. Provenientes de Sudáfrica, en el estado de Veracruz, Mex. Tesis profesional. Facultad de Biología. U.V. Jalapa, Veracruz. 53 p.
- MENDIZABAL, H.L. del C.** 1997. Variación morfométrica en semillas y plántulas de *Pinus oocarpa* Schiede de cuatro procedencias. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Centro de Genética Forestal, U.V. Jalapa, Ver. Mex. 47 p.
- MENDOZA, H.A.** 1995. Variación morfológica de plántulas e influencia del pH del agua de riego en doce procedencias de *Pinus greggii* Engelm. Tesis División de Ciencias Foerestales, UACH. Chapingo, México. 79 p.
- MORALES, V.G. y CAMACHO, M.F.** 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. En: Tercera Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. INIF/SARH. Public. Esp. No. 48. México. pp. 123-137.
- NIEMBRO, R.A.; MUSALEM, M.A. y RAMÍREZ, H. M.** 1978. Efecto del tamaño y color de las semillas de *Pinus hartwegii* Lind. en la germinación. In: Plantaciones forestales. Primera Reunión Nacional. Dirección General de Investigaciones y Capacitación Forestal. SARH. México. Publicación especial No. 13. pp: 110-117.
- NIENSTAEDT, H.** 1990. Importancia de la selección natural, In: Memoria del Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales, Centro de Genética Forestal, A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, Méx. pp. 16-18.
- OCAMPO, R.V.M.** 1999. Modelos multivariados de regresión lineal jerárquicos en dos niveles. Monografía de licenciatura. Facultad de Estadística e Informática. U.V. Xalapa, Veracruz. 88 p.

- OJEDA, M.M.; NÚÑEZ, A. y SOSA, L.H. 1998. Modelación de perfiles de crecimiento usando modelos lineales con coeficientes aleatorios. *Agrociencia* 32(2):169-174.
- OWENS, J.N. 1973. The reproductive cycle of Douglas-fir. BC-P-8. Canadian Forestry Service. 23 p.
- PATIÑO, V.F. y GARZON, B.L. 1976. Manual para el establecimiento de ensayos de procedencias. Bol. Div. Inst. Nac. Invest. For. 43. México. 61 p.
- PERRY, J.T. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- QUIROZ, V.R.I. 1998. Variación morfológica en acículas, conos y semillas y evaluación de un ensayo de progenie de *Pinus radiata* var. *cedrosensis* (Howell) Axelrod. Tesis División de Ciencias Foerrestales, UACH. Chapingo, México. 90 p.
- SALAZAR, G.J.G. 1994. Variación genética en el crecimiento inicial de plántulas de *Pinus chiapensis* (Mtz.) Andresen, bajo condiciones de invernadero. Tesis División de Ciencias Foerrestales, UACH. Chapingo, México. 97 p.
- SPURR, S.H. y BARNES, B.V. 1982. Ecología forestal. Traducido al español por Carlos L. Raigorodsky Z. AGT Editor, S.A. México. 245 p.
- STAT-SOF INC. 1996. Statistica: User guides. (2325 East 13<sup>th</sup> Street, Tulsa ok. 74104). USA.
- VALENCIA, M.S. 1992. Estimación de parámetros genéticos en dos pruebas de progenie del huerto clonal de *Pinus caribaea* var. *caribaea* Morelet de la Sabana, Oax. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah. 116 p.



- WANG, B.S.P., PITIEL, J.A. and WEBB, D.P.** 1982. Environment and genetic factors affectin tree and shrub seeds. In: research and technology of seeds. Part 7. pp. 87-135.
- WARWICK, E.I. y LEGATES, J.E.** 1980. Cría y mejoramiento del Ganado. Traducción de la 3ª. Ed. En inglés por R. Elizondeo L. México, McGraw-Hill. 604 p.
- WRIGHT, J.W.** 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Estudios de silvicultura y productos forestales No. 16. FAO. ROMA. pp. 88-123.
- WRIGHT, J.W.** 1976. Introduction to Forest Genetics. Academic Press. New York, N.Y. USA. 325 p.
- YOUNG, R.A.** 1991. Introducción a las ciencias forestales. Ed. Limusa. México. 632 p.
- ZOBEL, B. y TALBERT, J.** 1965. Variation in specific gravity and tracheid lenght for several species of mexican pines *Silvae Genetic* 14(1): 1-12.
- ZOBEL, B. y TALBERT, J.** 1988. Técnicas de Mejoramiento Genético de árboles forestales. Trad. Guzmán, Editorial Limusa, S.A. México. 545 p.

## ANEXO 1

**DATOS DE ARBOLES *Pinus teocote* PROBADOS  
EN CADA UNO DE LOS SITIOS DE COLECTA**

PROCEDENCIA	ARBOL	D.A.P. (cm)	ALTURA DEL ÁRBOL (m)	CALIDAD DE COPA	CALIDAD DE FUSTE	ALTURA M.S.N.M.	
CARBONERO JACALES	1	25.0	12.0	1	1	2300	
	2	27.0	15.0	1	1	2300	
	3	30.0	12.0	1	1	2300	
	4	31.0	15.0	2	2	2250	
	5	32.0	15.0	2	2	2250	
	6	24.5	11.0	2	1	2250	
	8	25.0	12.0	1	1	2250	
	9	35.0	16.0	1	1	2320	
	10	41.5	12.0	1	1	2320	
	11	46.0	12.0	1	1	2320	
	14	54.0	14.0	1	1	2340	
	15	51.5	19.0	2	2	2340	
	17	39.0	19.0	1	1	2400	
	18	40.0	20.0	1	1	2400	
	25	42.0	11.0	1	1	2400	
	MIXQUIAPA N	34	36.0	15.0	3	2	2260
		35	36.0	15.0	2	2	2260
36		28.0	15.0	3	2	2240	
37		31.0	13.0	1	2	2240	
40		34.0	16.0	2	1	2220	
44		25.0	12.0	2	1	2240	
48		21.6	15.0	3	2	2230	
49		24.2	14.0	3	1	2220	
52		31.0	14.0	2	1	2240	
54		27.0	13.0	3	2	2240	
55		36.5	16.0	1	2	2220	
56		38.0	12.0	1	2	2240	
57	21.5	12.0	1	1	2240		
	58	30.0	14.0	2	1	2260	
	59	31.5	14.0	3	2	2280	

PROCEDENCIA	ARBOL	D.A.P. (cm)	ALTURA DEL ÁRBOL (m)	CALIDAD DE COPA	CALIDAD DE FUSTE	ALTURA M.S.N.M.
MAGUEYES	62	29.0	12.0	1	2	2240
	66	30.5	13.0	2	2	2245
	67	22.0	13.0	1	2	2250
	68	44.0	16.0	2	2	2240
	71	36.0	13.0	1	2	2260
	72	33.5	12.0	2	2	2290
	73	54.0	20.0	1	2	2280
	74	32.0	13.0	2	2	2350
	76	36.0	14.0	1	2	2430
	77	39.0	15.0	1	1	2420
	78	43.5	14.0	2	2	2410
	84	28.4	12.0	1	1	2485
	85	24.0	11.0	2	2	2490
	86	26.5	11.0	2	2	2430
	87	29.5	11.0	2	2	2330

D.A.P.= Diámetro a la altura del pecho; M.S.N.M.= Altura en metros sobre nivel del mar.

La calidad de la copa se mide en relación al grosor de las ramas (entre más delgadas es mejor) y de acuerdo a la inserción con respecto al eje del fuste (si tienden a los 45 grados es mayor su calidad). La calificación va de 1 a 3 donde tres es lo mejor y uno lo menos.

La calidad del fuste fue evaluada en una escala de 1 a 3, donde 3 es lo mejor. Para determinar la rectitud se debe proyectar una línea imaginaria entre el fuste, al centro de la copa, y el centro del fuste en la base del árbol. Si esta línea pasa aproximadamente por el centro del fuste, el valor de rectitud es 3; si la línea prácticamente se sale del fuste, el valor es 2; y si la línea definitivamente se sale del fuste, el valor es 1. (CAMCARE, 1990).

## ANEXO 2

**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS POR TIEMPO  
PARA ALTURA POR PROCEDENCIA**

3 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	1.500	5.500	3.147	5.500
	Mixquiapan	300	1.000	5.500	2.905	5.500
	Magueyes	160	1.000	5.500	2.976	5.000
5 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	1.500	8.500	4.613	1.356
	Mixquiapan	300	1.200	8.200	4.113	1.2913
	Magueyes	160	1.500	8.500	4.3833	1.412
7 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	2.000	17.500	8.097	2.516
	Mixquiapan	300	2.000	14.600	6.965	2.159
	Magueyes	160	3.000	15.500	8.1868	2.6935
9 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	5.040	36.500	15.786	5.070
	Mixquiapan	300	4.227	29.500	13.163	4.227
	Magueyes	160	4.990	29.500	16.258	4.990
11 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	7.000	58.000	27.703	9.127
	Mixquiapan	300	7.000	45.000	22.949	7.728
	Magueyes	160	6.500	51.000	29.784	9.250

## ANEXO 3

**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS POR TIEMPO PARA  
DIÁMETRO POR PROCEDENCIA**

3 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	0.5600	2.040	1.166	0.2271
	Mixquiapan	300	0.5500	1.900	1.142	0.2311
	Magueyes	160	0.6200	1.185	1.130	0.2637
5 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	0.770	3.950	1.931	3.950
	Mixquiapan	300	0.750	3.380	1.801	0.5172
	Magueyes	160	0.750	3.310	1.857	3.310
7 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	1.140	8.840	3.470	1.129
	Mixquiapan	300	1.090	6.430	3.310	0.985
	Magueyes	160	0.920	6.360	3.465	1.079
9 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	1.590	15.63	5.557	1.934
	Mixquiapan	300	1.320	11.190	5.189	1.630
	Magueyes	160	1.620	12.570	5.691	2.038
11 MESES	PROCEDENCIA	OBSERV	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.EST.
	Carbonero Jacales	300	1.710	20.800	7.547	2.896
	Mixquiapan	300	1.990	14.720	6.847	2.302
	Magueyes	160	2.250	18.690	8.046	3.074

