

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en una prueba de progenie de  
*Pinus greggii* Engelm. en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila**

**Por:**

**RUBÉN VELA MOYA**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para  
obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Noviembre de 2002**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en una prueba de progenie de**  
***Pinus greggii* Engelm. en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila**

**Por:**

**RUBÉN VELA MOYA**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADA**

---

**Ph. D. Eladio H. Cornejo Oviedo**

**Asesor principal**

---

**M.C. Reynaldo Alonso Velasco**

**Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Noviembre de 2002**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en una prueba de  
progenie de *Pinus greggii* Engelm. en el C.A.E.S.A., Arteaga,  
Coahuila**

**TESIS**

**Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis  
como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Por:**

**RUBÉN VELA MOYA**

**APROBADA**

---

**Ph. D. Eladio H. Cornejo Oviedo**

**Asesor principal**

---

**M.C. Salvador Valencia Manzo**

**Asesor**

---

**Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga**

**Asesor**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Noviembre de 2002**

## DEDICATORIA

A mis padres

Sr. Albino Vela Guzmán  
y  
Sra. Thelma Margarita Moya Ochoa

Por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, por que siempre que los he necesitado han estado ahí para ayudarme y alentarme a seguir adelante, por su comprensión, cariño, consejos y por todas esas cosas que me han ensañado y que me han ayudado a salir adelante.

A mis hermanos

Floriza, Marlen, Alexander y Thelma

Con mucho cariño por todos esos momentos compartidos desde niños, por que siempre permanezcamos unidos como hasta ahora, por que siempre han confiado en mí y por que me han apoyado en mis estudios.

A mis cuñados

Gaspar, Leonel y José Antonio

Por la amistad y la confianza brindada, además por formar parte de la familia.

A mis sobrinos

José Antonio  
Valentina  
Evelin

Por ser la alegría de la casa y los futuros profesionistas de la familia.

A mi novia

Olga Gianelli Colón Alvarado

Por ser mi compañera, mi amiga y por hacer mi vida feliz

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ph. D. Eladio H. Cornejo Oviedo por la dirección del trabajo, sus consejos, por el apoyo para la realización de este trabajo y por su amistad.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por sus valiosa asesoría y aportaciones al trabajo, y por su amistad.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga por la revisión y aportaciones al documento.

Al Ing. Eduardo Aldrete Menchaca por todas las actividades realizadas para el establecimiento del experimento.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por abrirme sus puertas y permitir formarme como profesionista.

A mi compañero Paulino Morales López, por el gran apoyo en la toma de datos de campo.

A Miguel Sosa, colaborador del Departamento Forestal, por el apoyo en la toma de datos de campo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<i>iii</i>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<i>iv</i>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
Mejoramiento genético .....	3
Variación .....	6
Selección .....	8
Prueba de progenie .....	9
Heredabilidad .....	12
Ganancia genética .....	14
Maduración sexual .....	15
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ....	17
Descripción botánica .....	17
Distribución .....	17
Importancia .....	18
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
Descripción del área experimental .....	19
Producción de planta .....	20
Establecimiento de la prueba de progenie .....	20
Diseño experimental .....	22
Variables evaluadas .....	22
Transformación de variables .....	23
Análisis estadístico .....	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	25
Sobrevivencia .....	25
Crecimiento .....	28

Altura total .....	28
Diámetro a la altura del pecho .....	29
Arquitectura de la copa .....	32
Número de verticilos .....	32
Número de ramas por verticilo .....	33
Ángulo de inclinación de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP .....	34
Diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP.....	36
Conos .....	37
Número total de conos .....	37
Conos sanos .....	39
<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	41
<b>RESUMEN</b> .....	42
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	44
<b>APÉNDICE</b> .....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Prueba de comparación de Tukey de los valores medios del número de verticilos de la prueba de progenie de <i>Pinus greggii</i> a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. ....	32
Cuadro 2 Prueba de comparación de Tukey de los valores medios del número de ramas de los primeros cuatro verticilos de la prueba de progenie de <i>Pinus greggii</i> a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. ....	34
Cuadro 3 Prueba de comparación de Tukey de los valores medios del ángulo de inclinación de ramas de los primeros cuatro verticilos de la prueba de progenie de <i>Pinus greggii</i> a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. ....	35
Cuadro 4 Total de conos, varianza y coeficiente de variación por familia de la prueba de progenie de <i>Pinus greggii</i> a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. ....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1	Distribución en el terreno de las 22 familias y el testigo de <i>P. greggii</i> probadas en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. .... 21
Figura 2	Valores medios y su error estándar de la sobrevivencia de 22 familias y el testigo de <i>P. greggii</i> de la prueba de progenie establecida a nueve años ocho meses en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. .... 25
Figura 3	Valores medios de la precipitación anual registrada en la estación climatológica 05-033 de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah. .... 26
Figura 4	Valores medios y su error estándar de la altura de las 22 familias y el testigo de <i>P. greggii</i> de la prueba de progenie establecida a nueve años ocho meses en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. .... 28
Figura 5	Valores medios y su error estándar del diámetro de las 22 familias y el testigo de <i>P. greggii</i> de la prueba de progenie establecida a nueve años ocho meses en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. .... 29

## INTRODUCCIÓN<sup>1</sup>

En México el género *Pinus* es el más abundantes e importantes dentro de las coníferas tanto por lo económico como por lo ecológico. Dentro de este género existe una gran diversidad de especies estimadas en más de 100 en el mundo y con una amplia variabilidad dentro de cada una ellas. Esto representa una gran oportunidad para los genetistas forestales que desean realizar programas de mejoramiento genético con grandes posibilidades de éxito en dichos programas (López *et al.*, 1993).

La alta variabilidad que existe dentro de las especies del género *Pinus* en México no ha sido aprovechada intensivamente en programas de mejoramiento genético, ya que muchas poblaciones de especies de *Pinus* están siendo amenazadas por factores naturales y por el mismo hombre, lo cual puede ocasionar que algunas de estas especies desaparezcan, traduciéndose todo esto en una pérdida de variabilidad (Hagman, 1970).

Hoy en día las plantaciones forestales, tanto comerciales como de restauración de zonas degradadas, se han intensificado y la necesidad de contar con una fuente de semilla adecuada para realizar estas plantaciones es cada vez mayor.

Las pruebas de progenie son una herramienta útil para el mejorador de especies forestales, ya que a partir de su establecimiento se puede realizar la estimación de parámetros genéticos como los componentes de varianza y heredabilidad de diversas variables morfológicas y fisiológicas con lo que es posible determinar la magnitud de la variación adaptativa de la especie a diferentes sitios. Esto permite distinguir y seleccionar los progenitores que presentan una superioridad fenotípica debido a que tienen un mejor genotipo de aquellos que presentan una superioridad fenotípica la cual se da como resultado de crecer en un buen ambiente (Zobel y Talbert, 1988).

---

<sup>1</sup> Esta tesis sigue la guía de autores y formatos de la Revista Fitotecnia Mexicana.

El *Pinus greggii* Engelm. es una especie de rápido crecimiento y precoz en su floración, características que son importantes en programas de plantaciones (López *et al.*, 1993). Esta especie ha mostrado una buena capacidad de sobrevivencia y desarrollo en condiciones de humedad limitada por lo cual tiene un gran potencial para ser utilizada en programas de plantaciones forestales de restauración de zonas degradadas (Vargas y Muñoz, 1988). Además, en pruebas de progenie establecidas en Argentina, Sudáfrica y Zimbabwe, se ha observado que el *Pinus greggii* es una mejor alternativa que *P. taeda* L. *P. elliottii* Engelm. y *P. patula* Schl. *et* Cham. para ser utilizada en plantaciones comerciales (Dvorak y Donahue, 1992). Pese a ello, las poblaciones naturales de *Pinus greggii* se encuentran seriamente amenazadas por diferentes factores naturales y antropogénicos constituyendo en la actualidad poblaciones reducidas y aisladas entre sí.

## OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue:

Determinar diferencias entre la progenie de 22 árboles maternos y el testigo con respecto a las siguientes variables: sobrevivencia, altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP), número de verticilos a partir del DAP, número, ángulo de inclinación y diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP, así como el número de conos y su condición sanitaria.

La hipótesis nula fue:

H<sub>0</sub>: No existen diferencias entre la progenie de 22 árboles maternos y el testigo con respecto a las siguientes variables: sobrevivencia, altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP), número de verticilos a partir del DAP, número, ángulo de inclinación y diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP, así como el número de conos y su condición sanitaria.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Mejoramiento genético

Según Young (1991) el mejoramiento genético forestal es la aplicación de los principios de la genética para el desarrollo de nuevas líneas de árboles que puedan tener un mayor valor para el hombre, esencialmente, es un proceso de domesticación que supone la selección y propagación de árboles que poseen características deseables. Por su parte, Zobel y Talbert (1988) mencionan que el mejoramiento genético forestal es una herramienta adicional a la silvicultura que estudia el tipo y constitución genética de los árboles utilizados en operaciones forestales y es eficaz, cuando se combinan todas las experiencias silvícolas y de mejoramiento genético forestal para obtener los productos forestales más redituables lo más rápido y económicamente posible.

Un programa de mejoramiento genético de árboles forestales tiene como objetivo principal, la producción de semilla genéticamente mejorada para el establecimiento de plantaciones forestales. Estas necesidades pueden ser cubiertas para el primer caso con el desarrollo de áreas semilleras, mientras que las necesidades a largo plazo puedan ser satisfechas mediante el establecimiento de huertos semilleros (Clausen, 1990a).

Otro objetivo que pretenden lograr los silvicultores y los genétistas forestales, es obtener árboles con crecimiento más rápido y de mayor calidad y que sean más resistentes a plagas y enfermedades (Daniel *et al.*, 1982).

El mejoramiento genético forestal abarca todas las actividades encaminadas a la producción de árboles genéticamente mejorados, incluyendo el cruce controlado de individuos con características superiores. Por medio de la selección artificial se busca utilizar los mejores fenotipos que se han desarrollado en la naturaleza (Jara, 1995).

La meta de un programa de mejoramiento genético forestal es aumentar la frecuencia de los mejores genotipos y/o producir nuevos genotipos con mejores combinaciones de genes. Los niveles de variación comúnmente más utilizados por los genetistas forestales para poder llegar a este fin son: variación dentro de un género, variación dentro de una especie, variación dentro de un ecotipo y variación dentro de un rodal (Daniel *et al.*, 1982; Nienstaedt, 1990).

Diversos estudios sobre mejoramiento genético con *Pinus greggii* Engelm. se han realizado, dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

Valencia *et al.* (1993) evaluaron un ensayo, a 29 meses de establecido, de seis procedencias (Los Lirios, Coah.; Molango, El Pinalito y El Piñón, Hgo.; La Parada y El Madroño, Qro.) con nueve familias por procedencias, en dos localidades, Lomas de San Juan, Chapingo y Metepec, ambos en el Edo. de México. Los autores reportaron para la localidad Lomas de San Juan, diferencias en la altura total, en el diámetro del tallo a 20 cm de la superficie, el número de verticilos y el número de ramas. Los valores de altura total entre procedencias variaron desde 56.9 cm para los Lirios, hasta 147.7 cm para El Piñón. Los valores extremos promedios por familia para el diámetro fueron para estas mismas procedencias, con 3.2 y 1.3 cm, respectivamente. Mientras que a nivel de familias sólo hubo diferencias en el número de verticilos en ambas localidades. En el caso de Metepec a 22 meses de establecida la plantación, la respuesta de las procedencias fue muy similar a el de Lomas de San Juan. En lo que respecta a la procedencia de Los Lirios, ésta mejoró notablemente su crecimiento en altura en Metepec y en Lomas de San Juan presentó buena resistencia a la sequía.

Ornelas (1997) al evaluar un ensayo de tres procedencias (Cañón de Jamé, Arteaga, Coah., Los Lirios, Arteaga, Coah. y Cuauhtémoc, Saltillo, Coah.), a cuatro años siete mese de establecido el ensayo en el C.A.E.S.A. Arteaga, Coah., el autor reportó valores de sobrevivencia que van desde 63.78 hasta 75.49% sin ocurrir diferencias entre las procedencias. Para la altura total y diámetro basal inicial el autor reportó

diferencias altamente significativas, siendo superior la procedencia Cañón de Jamé (3.29 m y 4 cm, respectivamente), a las procedencias de Los Lirios (1.22 m y 2.4 cm, respectivamente) y Cuauhtémoc (1.41 m y 2.1 cm, respectivamente). Para los incrementos totales en altura y diámetro no se encontraron diferencias. En la altura final se encontraron diferencias significativas ( $p=0.0295$ ) siendo la procedencia Cañón de Jamé (10.7 m) y la procedencia Cuauhtémoc (9.67 m) iguales entre ellas y mayores a la procedencia de Los Lirios (8.49 m). El autor no encontró diferencias para el diámetro final.

Alba *et al.* (1998) evaluaron un ensayo de tres procedencias (El Madroño, Qro., Laguna Atezca, Hgo. y Las Placetas N.L.) con seis familias para la procedencia El Madroño y Laguna Atezca y nueve para Las Placetas, a dos años de establecido en Coatepec, Ver. Los autores reportaron una sobrevivencia de 97.4% para Laguna Atezca, 96.2% para el Madroño y 91.7% para Las Placetas. Para la altura total y el diámetro normal se reportaron diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ), siendo las procedencias El Madroño (3.78 m y 4.3 cm, respectivamente) y Laguna Atezca (3.57 m y 3.9 cm, respectivamente), las que presentaron los mayores valores con respecto a la procedencia de Las Placetas, la cual presentó una altura total de 1.78 m y un diámetro normal de 1.6 cm.

Velasco (2001) evaluó un ensayo de trece procedencias, en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca (Tlacotepec Plumas, Distrito de Coixtlahuaca y Magdalena Zahuatlán, Distrito de Nochixtlán). A dos años de establecido el ensayo, el autor no encontró diferencias en la sobrevivencia de las procedencias ensayadas, en general la sobrevivencia promedio reportada fue buena (96.17%). Se presentaron diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) en la interacción localidad por procedencia para la altura, el diámetro basal, el incremento en altura, el incremento en diámetro basal y el diámetro de copa. y diferencias significativas ( $p=0.0160$ ) entre localidades y diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) entre procedencias. para el número de verticilos.

## Variación

La variación genética natural de los árboles constituye el “amortiguador” que permite a los árboles adaptarse a los cambios ambientales. La presencia de una gran variación en una determinada población es una gran oportunidad que se tiene para seleccionar o localizar individuos que estén por encima del promedio de la población en parámetros económicamente importantes (Young, 1991).

La variación en los rodales naturales se debe a cuatro grandes factores naturales, 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 génico y las que la disminuyen son la selección natural y la deriva génica (Zobel y Talbert, 1988).

Cualquier programa de mejoramiento genético de árboles forestales para que tenga éxito dependerá de la capacidad que tenga el árbol para transmitir sus características a la progenie. Si no existieran variaciones en una población de árboles, no existiría base alguna en la que pueda fundamentarse el mejoramiento de los árboles. Es decir, que mientras más grande es la variación entre los individuos mayor es la oportunidad de que un programa de mejoramiento genético dé buenos resultados (Daniel *et al.*, 1982).

La variación natural es la base de un programa de mejoramiento genético por medio de selección y cruzamiento, la variación debe de ser reconocida y clasificada antes de ser utilizada en un programa de mejoramiento genético y ésta puede ser clasificada en macrovariación y microvariación; la primera se refiere a los niveles taxonómicos por encima de la especie, mientras que la segunda, se debe a niveles intraespecíficos, tales como la variación geográfica, entre sitios, entre rodales o dentro del individuo (Eguiluz, 1990).

Ramírez *et al.* (1997) al realizar un estudio de variación isoenzimática en diez poblaciones naturales de *Pinus greggii*, seis del Norte, incluida la población de Los

Lirios, Arteaga, Coah; y cuatro del Centro del país, los autores reportaron un porcentaje de loci polimórficos promedio para todas las poblaciones de 43.75% lo cual indica que un poco más de la mitad de los loci muestran una fuerte tendencia a ser monomórficos en estas poblaciones. Los valores extremos de polimorfismo se encontraron en las poblaciones de Paltotecoya, Pue. y El Madroño, Qro. con 18.75 y 68.75%, respectivamente, lo que demuestra la gran variación que existe en el número de loci polimórficos entre poblaciones. Así mismo, los autores reportaron un número promedio por locus de 1.5 para las diez poblaciones, aunque los valores fluctuaron desde 1.2 en Paltotecoya, Pue., hasta 1.8, en El Madroño, Qro. lo que confirma la tendencia al monomorfismo de la mayoría de los alelos y por consiguiente, una reducción de la diversidad genética de esta especie, lo cual se debe quizás a que las poblaciones de esta especie se localizan en áreas restringidas y aisladas entre sí.

Además, Ramírez *et al.* (1997) reportaron una heterocigosidad esperada promedio de las diez poblaciones de *Pinus greggii* de 0.173, al igual que en el caso de las otras medidas de variabilidad genética estimadas en este mismo estudio, la heterocigosidad esperada varió notablemente entre poblaciones; desde 0.086, en Paltotecoya, Pue. hasta 0.224, en Las Placetas, N.L. La heterocigosidad observada en nueve de las diez poblaciones no difirió estadísticamente de la heterocigosidad esperada, lo cual parece indicar que estas poblaciones se encuentran en equilibrio de acuerdo con la ley de Hardy-Weinberg. Solamente en la población de Puerto San Juan, Coah. la heterocigosidad observada superó significativamente a la esperada, lo cual indica un mayor número de individuos heterocigotes en esta localidad.

Conrado *et al.* (2002) al realizar un estudio sobre la estructura de la diversidad genética en *Pinus greggii* en 15 loci isoenzimáticos de 19 poblaciones (10 del centro y 9 del Norte del país) encontraron que existe una gran diversidad genética en la especie (93% de loci polimórficos, 3.5 alelos por locus). En contraste, la diversidad genética a nivel de poblaciones es relativamente baja (31.9% de loci polimórficos y 1.6 alelos por locus), con una proporción elevada de alelos raros (47%) y alelos "privados" (23%) en

las poblaciones, a pesar de esto se reportó una alta diferenciación genética entre poblaciones ( $F_{ST} = 0.379$ ). Con base en estos resultados los autores concluyen que a nivel de especie existe una amplia diversidad entre procedencias y muy poca diversidad dentro de poblaciones, así como un alto grado de diferenciación genética entre poblaciones.

Donahue y López (1999) describen una nueva variedad de *P. greggii*. La variedad *australis* la cual es endémica del centro-Este de México, y abarca la distribución natural austral de la especie. La variedad *greggii* representa las poblaciones localizadas en el Norte de su distribución natural; y se distinguen por las siguientes características.

El *Pinus greggii* var. *australis*, presenta tres hojas por faciculo, 10 a 15 cm de longitud, 1.0 a 1.3 mm de ancho con 36 a 41 estomas por cada tres mm de longitud de la hoja. Con tres a cuatro canales resiníferos en promedio, ocasionalmente presenta uno o dos internos. La longitud de los conos es de 8 a 13 cm con un grosor de tres a cinco cm. Las semillas son de una longitud de cinco a siete mm y un ancho de tres a cuatro mm, mientras que las alas son de 11 a 16 mm de largo con un ancho de 6 a 8 mm.

El *Pinus greggii* var. *greggii*, presenta tres hojas por faciculo, 10 a 15 cm de longitud, 1.2 a 1.4 mm de ancho con 34 a 37 estomas por cada tres mm de longitud de la hoja. Con tres a cuatro canales resiníferos en promedio. La longitud de los conos es de 8 a 12 cm con un grosor de tres a cinco cm. Las semillas son de una longitud de cinco a ocho mm y un ancho de tres a cuatro mm, mientras que las alas son de 13 a 16 mm de largo con un ancho de cinco a siete mm.

### **Selección**

La selección es una actividad donde sólo se permite el apareamiento y reproducción de los individuos con características económicas deseables, la selección seguida del

cruzamiento de los árboles selectos, ha probado ser el método más efectivo y económico de mejoramiento genético forestal en todo el mundo. La respuesta a la selección, depende en gran medida de la variación existente en dicho carácter y de la intensidad de selección que se aplique, además los caracteres a seleccionar deben reunir dos atributos claves: un alto valor económico y un fuerte control genético, es decir, una alta heredabilidad (Eguiluz, 1990).

Al iniciar un programa de selección, la variación tiende a estrecharse a medida que pasan las generaciones y se reducen las diferencias genéticas entre los individuos. Por esta razón, es fundamental garantizar el mantenimiento de la variación, con tal de reducir al máximo los efectos nocivos de la endogamia (Eguiluz, 1990).

### **Pruebas de progenie**

La práctica de la evaluación del valor genético de un progenitor de acuerdo con el rendimiento de su progenie se denomina prueba de progenie (Young, 1991). Las pruebas de progenie se utilizan para determinar el valor genético de los árboles progenitores o para determinar otras características genéticas (Zobel y Talbert, 1988).

Las pruebas de progenie implican la selección de árboles progenitores con base en el rendimiento de su progenie. Puede ser un método de selección muy preciso, debido a que permite estimar directamente los valores de cruce para utilizarlos en el proceso de selección. Por lo general, la prueba de progenie no es la forma inicial de selección de la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal. La selección inicial mediante la prueba de progenie aumenta, considerablemente, el intervalo de generación, lo cual significa una pérdida considerable de tiempo (Zobel y Talbert, 1988).

Los huertos semilleros se establecen a partir de árboles superiores seleccionados con base en su fenotipo; para esto es necesario conocer la calidad de plantas que éstos producen a través de las pruebas de progenies (Clausen, 1990b).

Las pruebas de pro genie tienen diversos objetivos, dependiendo de la fase en que se encuentre el programa de mejoramiento genético. Entre los objetivos más comunes se tienen los siguientes:

1. Para estimar el valor de la cruza o para ponderar los padres del huerto semillero, de acuerdo a su mejor aptitud combinatoria general (ACG).
2. Para estimar los componentes de la varianza genética y otros parámetros afines; como la heredabilidad de cierto carácter, ganancia genética, etc.
3. Como principio para ampliar la base genética en las próximas generaciones de selección.
4. Para ampliar el valor genético de las progenies.
5. Para realizar el aclareo genético de un huerto semillero, con base en el valor genético de los clones o familias.
6. Para estimar la interacción genotipo ambiente, al establecer múltiples repeticiones en tiempo y en espacio (Clausen, 1990b, Jara, 1995).

El tipo de pro genie, determina, entre otras cosas la cantidad de información que puede aportar los ensayos. Los principales tipos de progenies son los siguientes:

- a) Semifratrías son aquellas progenies con un padre conocido en común (el árbol materno). Son características de polinización libre, en cuyo caso el grado exacto de endogamia no es conocido.
- b) Fratrías son aquellas progenies con ambos padres conocidos en común y sólo pueden lograrse mediante la polinización controlada (Quijada, 1980; Zobel y Talbert, 1988).

Valencia *et al.* (1993) evaluaron un ensayo de cinco procedencias con nueve familias por procedencia de *Pinus greggii* en dos localidades, Lomas de San Juan, Chapingo y Metepec, ambos en el Edo. de México. En lo que respecta a las progenies, los autores sólo encontraron diferencias significativas para el número de verticilos.

Hernández (1995) evaluó una prueba de progenie en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. de *Pinus greggii* con 22 familias más el testigo, en dos etapas, una etapa inicial la de vivero el 15 de agosto de 1992 y una segunda etapa la de plantación a dos años de establecida la prueba el 15 de agosto de 1994. El autor reporta buenos valores de sobrevivencia con rangos del 89.09 al 100%, en las 22 familias probadas más el testigo. Cabe destacar que a pesar de las difíciles condiciones prevalecientes en el lugar donde se estableció el ensayo, éste arrojó altos valores de sobrevivencia. En la etapa de vivero, el autor, encontró diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) únicamente para altura inicial, diámetro inicial y cociente altura / diámetro inicial. Estas diferencias encontradas al concluir las plantas su permanencia en el vivero, se atribuyen a el hecho de que las condiciones más favorables y homogéneas de este, sobre todo con respecto a la mayor disponibilidad de agua y la menor intensidad luminosa, temperatura y evapotranspiración, permitieron se expresaran las diferencias genéticas. El autor también encontró en la etapa de plantación diferencias significativas para diámetro final ( $p=0.0442$ ) y cociente altura / diámetro final ( $p=0.0207$ ). Mientras que para el incremento en altura, diámetro y altura final no se encontraron diferencias entre las familias ensayadas y el testigo. Esto se atribuye a que en el corto período de evaluación de dos años las condiciones más restrictivas del sitio de plantación pudieron limitar la expresión de diferencias genéticas.

Alba *et al.* (1998) evaluaron un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* con seis familias de la procedencia El Madroño, Qro, seis de la procedencia Laguna Atezca, Hgo. y nueve de la procedencia Las Placetas, N.L. en Coatepec, Ver. donde los autores encontraron diferencias altamente significativas entre familias en el diámetro a 20 cm de la superficie y en la altura total.

Serrato (2000) evaluó una prueba de progenie de *Pinus greggii* en el predio Los Tarihuanes del Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. Esta prueba de progenie fue establecida en dos ensayos el primero fue establecido los días 27 y 28 de enero de 1994 el cual consta de 18 familias de árboles selectos más el testigo, el segundo fue establecido el 12 de marzo de 1994, y está compuesto por 17 familias de árboles selectos. El autor no encontró diferencias en la sobrevivencia entre los materiales probados de ambos ensayos, la sobrevivencia que reportó el autor para cada ensayo fue para el primero de 74.78% y para el segundo de 56.31%. Esta baja sobrevivencia de ambos ensayos se atribuye a que de 1994 a 1998 ocurrieron cuatro años donde prevalecieron condiciones de sequía, dos de ellos considerados secos, 1994 y 1995 (con precipitación anual de 319.0 y 340.0 mm, respectivamente) otros dos muy secos, 1996 y 1998 (con una precipitación anual de 260.0 y 248.0 mm, respectivamente). Lo que resulta muy contrastante con la precipitación media anual reportada para Jamé, la cual es de 428.0 mm. El autor reporta, para los dos ensayos, diferencias altamente significativas para la altura, el diámetro basal y el volumen inicial las cuales pueden ser atribuibles a que las condiciones más uniformes del vivero posibilitaron para que se manifestaran diferencias entre las familias, además las diferencias pueden ser atribuibles a su base genética. El autor no encontró diferencias para la altura y diámetro final, e incremento en altura y diámetro para las familias probadas de ambos ensayos.

### **Heredabilidad**

Los valores de heredabilidad expresan la proporción de la variación total que es atribuible a diferencias genéticas entre los individuos. Por lo tanto, es una proporción que indica el grado al cual los progenitores transmiten sus características a su descendencia. Con base en la heredabilidad se estiman los beneficios que pueden obtenerse de los programas de selección (Zobel y Talbert, 1988).

La heredabilidad puede ser dividida en dos tipos: la heredabilidad en sentido amplio y la heredabilidad en sentido estricto. La primera es la porción de la varianza total, causada por todos los factores genéticos y es utilizada completamente en la propagación asexual, debido a que el genotipo del individuo no sufre cambio alguno, llevando consigo los efectos aditivos, dominantes y epistáticos. Mientras que la heredabilidad en sentido estricto es la porción de la varianza total debida a genes con efectos aditivos (Eguiluz, 1990).

Existen suficientes trabajos que indican que muchas de las características económicamente deseables de los árboles son lo suficientemente hereditarias como para que sea posible seleccionarlas en los programas de cruzamiento de árboles; algunas de estas características son la tasa de crecimiento en altura, diámetro, la gravedad específica de la madera, la longitud de las traqueidas, la forma de la copa, las curvaturas y la bifurcación del tronco, el rendimiento de oleorresinas, la resistencia a las enfermedades y a la sequía, la longitud de las ramas, el ángulo de las ramas respecto al tronco y la autopoda (Daniel *et al.*, 1982).

La elección de las características para mejorar en un programa de mejoramiento genético forestal depende en gran parte del grado de heredabilidad que estas características tengan, así como el hecho de que sean de importancia económica y que tengan variabilidad, dicha elección sólo puede hacerse cuando el genetista forestal ha determinado la contribución relativa de la genética y del ambiente a la variación total (Zobel y Talbert, 1988).

En un estudio realizado por Merrill y Mohn (1985) sobre la heredabilidad y correlaciones genéticas para las características del crecimiento rápido en altura y los caracteres deseables de las ramas en una población de 104 familias de 20 años de edad de *Picea glauca* (Mohn) Vos. en la Universidad de Minesota E.U.A. encontraron que la heredabilidad individual es moderada para el ángulo de las ramas ( $h^2_i=0.44$ ) y baja para el diámetro de las ramas del tallo ( $h^2_i =0.16$ ) y número de ramas por verticilo

( $h^2_i=0.14$ ). Las correlaciones simples significativas fueron encontradas entre altura y diámetro del tallo ( $r=0.55$ ), la altura y el diámetro de las ramas ( $r=0.32$ ), el diámetro del tallo y el diámetro de las ramas ( $r=0.68$ ), el ángulo de las ramas y el número de ramas ( $r=0.16$ ) y el diámetro de la rama presentó una correlación negativa con el ángulo de la rama ( $r=-0.17$ ).

Adams y Morgensten (1991) al realizar un estudio sobre selección de rasgos múltiples en 239 familias de *Pinus banksiana* (Lamb). Estimaron la heredabilidad y correlaciones genéticas para el crecimiento en altura, conformación de la copa, rectitud del tallo y ángulo de las ramas. Los autores encontraron una heredabilidad individual y por familia para el crecimiento en altura de  $h^2_i=0.17$  y  $h^2_f=0.74$ , respectivamente, para la conformación de la copa de  $h^2_i=0.11$  y  $h^2_f=0.65$ , respectivamente, para la rectitud del tallo  $h^2_i=0.23$  y  $h^2_f=0.78$ , respectivamente, para el ángulo de las ramas  $h^2_i=0.42$  y  $h^2_f=0.89$ , respectivamente y para el diámetro de las ramas  $h^2_i=0.12$  y  $h^2_f=0.68$ , respectivamente.

### **Ganancia genética**

La ganancia genética es el mejoramiento de una determinada característica, como resultado de un programa de cruzamiento y puede decirse que es el resultado del diferencial de selección y la heredabilidad, obtenida a partir del análisis de la varianza de una prueba de progenie. La ganancia genética se incrementa mediante el uso de huertos semilleros de la segunda generación y el grado de ganancia que se obtiene, determina la conveniencia de formar una generación adicional de huertos semilleros (Daniel *et al.*, 1982).

La ganancia genética puede ser medida directamente cuando se selecciona y se cruzan los árboles, y sus descendientes son establecidos en un ensayo apropiado de prueba genética; la ganancia genética puede ser básicamente de cuatro tipos: volumen, calidad, adaptabilidad (incluyendo resistencia a plagas y enfermedades) y costos de producción (Eguiluz, 1990).

El término ganancia genética es un sinónimo adecuado para el término mejoramiento en el lenguaje del mejorador; ambos términos tienen la connotación de beneficio económico para el productor en especial y para la sociedad en general. Simbólicamente la expresión de ganancia genética es:  $G = S * h^2$  donde G es la ganancia, S es el diferencial de selección y  $h^2$  es la heredabilidad (Young, 1991).

### **Maduración sexual**

Los árboles durante su desarrollo inicial pasan de una etapa juvenil a una adulta, la etapa juvenil difiere considerablemente de la etapa adulta en cuanto a hábitos de crecimiento y vigor, capacidad de floración, anatomía del tallo, retención de las hojas y otras características (Young, 1991).

En el periodo juvenil o vegetativo los árboles normalmente no producen, ningún tipo de estructuras reproductoras. Por lo general, los árboles adquieren la capacidad reproductora después de un periodo inicial de rápido crecimiento en altura; esto no quiere decir que el hecho de alcanzar el tamaño físico determinado sea un factor determinante del fin del periodo juvenil. Existen evidencias de que la capacidad de floración depende de un cambio de la condición del meristemo apical, que ocurre después de un cierto número de divisiones celulares (Daniel *et al.*, 1982).

La iniciación y el desarrollo de frutos y semillas está controlado por una serie de señales hormonales e involucran diversas etapas ordenadas, incluyendo la inducción floral, el alargamiento de la inflorescencia, la floración, la polinización, así como el crecimiento y maduración de las semillas. La falta de producción de semilla a menudo se debe a bloqueos internos en una de estas fases esenciales del crecimiento reproductivo (Young, 1991).

Plancarte (1990) realizó un estudio sobre la variación en la longitud de conos y rendimiento de semilla en *Pinus greggii* de tres procedencias (El Madroño, Qro., El

Pinalito y El Piñón, Hgo.) El autor reportó diferencias significativas entre las tres procedencias y dentro de una misma procedencia, para la longitud de conos y rendimiento de semillas. La procedencia El Pinalito fue la que presentó la mayor longitud de conos (11.1 cm), siendo superior a las procedencias El Madroño y El Piñón (10.7 y 10.4 cm, respectivamente), presentando la principal fuente de variación en los árboles dentro de procedencias (43.32%), mientras que la procedencia El Piñón presentó mayor rendimiento de semillas (75,636 semillas Kg<sup>-1</sup>) que las procedencias El Madroño y El Pinalito (69,616 y 68,917 semillas Kg<sup>-1</sup>, respectivamente), donde la mayor fuente de variación se presentó en los árboles dentro de procedencias (87.12%).

López *et al.* (1993) realizaron un estudio sobre la variación de las características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii* en cinco localidades del centro y seis localidades del Norte del País. Los autores encontraron las siguientes características promedio para los conos y semillas de *Pinus greggii*: 10.5 cm de longitud, 3.9 cm de diámetro, y 63.4 g de peso seco. La semilla tuvo, en promedio, 6.0 mm de longitud y 3.0 mm de anchura; las alas midieron 14.0 mm de longitud y 6.0 mm de anchura. El peso promedio por semilla fue de 14.9 mg lo que da un promedio de 67,567 semillas por kg. Además los autores reportaron diferencias entre localidades distinguiendo las procedencias del centro y del Norte del país en dos grupos diferentes. Aunque existen diferencias dentro de estos dos grupos. Las localidades del centro presentan una mayor producción de semillas abortivas y vanas, más sin embargo los conos son más largos.

López y Donahue (1995) al realizar un estudio sobre la producción de semilla en *Pinus greggii* en seis localidades del centro y seis localidades del Norte, encontraron que los árboles del centro tienen un mayor potencial de producción de semillas por cono que los árboles del Norte (117 y 96, respectivamente), además también producen mayor número de semillas llenas (74 ) por cono, que los árboles del Norte (46).

## ***Pinus greggii* Engelm.**

### **Descripción botánica**

El *Pinus greggii* es un árbol de 10 a 15 metros de altura, con la corteza lisa y grisácea cuando joven y oscura y áspera después; sus ramillas son flexibles de color rojizo, con tinte grisáceo, las hojas se presentan normalmente en grupos de tres con vainas persistentes; los conos son fuertes, duros, tenazmente persistentes, algo encorvados, de color ocre lustroso, generalmente dispuestos en pares o en grupos de 5 ó 8 (excepcionalmente más). Su madera es blanda y ligera de color blanco (Martínez, 1948).

### **Distribución**

La distribución de esta especie está restringida a la Sierra Madre Oriental en el centro y Norte de México. En el Norte de México las poblaciones se encuentran en elevaciones que van desde los 2,300 a 2,700 msnm. En el centro de México las poblaciones crecen predominantemente en elevaciones que van de los 1,200 a 1,800 msnm. Los sitios de *Pinus greggii* en el Norte de México son secos, con una precipitación anual de 400 a 600 mm y suelos ligeramente alcalinos de pH 7.0 a 8.0, las heladas son frecuentes de diciembre a febrero. Los sitios de *Pinus greggii* en el centro de México crecen con una precipitación anual de 700 a 1,600 mm, con suelos ácidos de pH 4.0 a 5.0, y las heladas son relativamente raras (Donahue y Dvorak, 1992).

Esta especie forma generalmente rodales puros aunque se le puede encontrar asociado con *P. patula* Schl. et Cham., *P. teocote* Shaw., *P. cembroides* Zucc., *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* Mtz.; *Cupressus* spp, *Juniperus* spp, *Quercus* spp, *Platanus* spp y *Liquidambar styraciflua* L., se le localiza entre las coordenadas 20°00´-

25°40' N y 97°40'-101°20' W. Esta distribuido en los estados de Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro y Puebla (Martínez, 1948).

### **Importancia**

La importancia de esta especie radica en que actualmente está aumentando la demanda de semilla mejorada de esta especie para la realización de programas de plantaciones forestales tanto comerciales como de restauración de zonas degradadas, ya que la especie ha demostrado un gran potencial para el establecimiento de dichos programas (Plancarte, 1990). La gran variación que existe entre procedencias representa una oportunidad para realizar la selección artificial de individuos superiores de esta especie de mayor precocidad y hábitos de floración abundantes y más o menos continua, lo cual representa una oportunidad para realizar programas de mejoramiento genético con esta especie (Plancarte, 1998).

La mayor parte de la madera de este pino se utiliza en la industria del aserrío, aunque también se utiliza para durmientes, pilotes para minas, vigas y postes para cercas, muebles y leña para combustibles (Eguiluz, 1978). Dommissé y Plooy citados por Kietzka *et al.* (1996) después de realizar un estudio comparativo de las propiedades termomecánicas y quimicotermodinámicas en diez especies de pino establecidas en África del Sur, concluyen que *Pinus greggii* es una de las cuatro mejores especies con características deseables para la producción de pulpa para papel.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del área experimental**

El área experimental se ubica en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga, (C.A.E.S.A) de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. El C.A.E.S.A se encuentra dentro de la Sierra Madre Oriental, en Los Lirios, Arteaga, Coah. a 45 Km de Saltillo, Coah., entre las coordenadas 25° 23’ N y 100° 36’ W, y a una altitud de 2,260 msnm, con una exposición cenital y una pendiente aproximada del 4% (CETENAL, 1977a).

En lo que respecta a la hidrología el área está constituida, principalmente, por la presencia de dos pequeños arroyos intermitentes los cuales nacen en la parte alta de la Sierra Rancho Nuevo (CETENAL, 1997a).

En lo que se refiere a la litología superficial del área, a esta la constituyen rocas de origen sedimentario (CETENAL, 1976). Los suelos predominantes son los de tipo feozem calcáreo y en menor cantidad las rendzinas, con una textura fina (CETENAL, 1977b).

El área donde se estableció la prueba de progenie es una zona abierta, donde el suelo es utilizado principalmente para la agricultura, cultivándose principalmente maíz, frijol y avena, además también se cultivan algunos frutales como el manzano y el durazno (DETENAL, 1979).

De acuerdo con los datos de la estación climatológica No. 05-033 de San Antonio de las Alazanas, próxima al área experimental, ocurre un clima templado con una fórmula climática de  $Cb(X')(Wo)(e)g$  con una temperatura media anual de 13.3°C, y con una precipitación media anual de 521.2 mm. Los meses en que se presenta mayor precipitación son de junio a septiembre los meses con menor precipitación son de

febrero a marzo. Las temperaturas más altas se presentan en los meses de mayo a julio y las temperaturas más bajas ocurren en los meses de diciembre a febrero (García, 1973; CONAGUA, 2001).

### **Producción de planta**

La prueba de progenie consta de 22 familias de árboles selectos de *Pinus greggii* procedentes del Ejido Los Lirios, Arteaga, Coah., más el testigo cuyo origen geográfico es La Colorada, Arteaga, Coah.

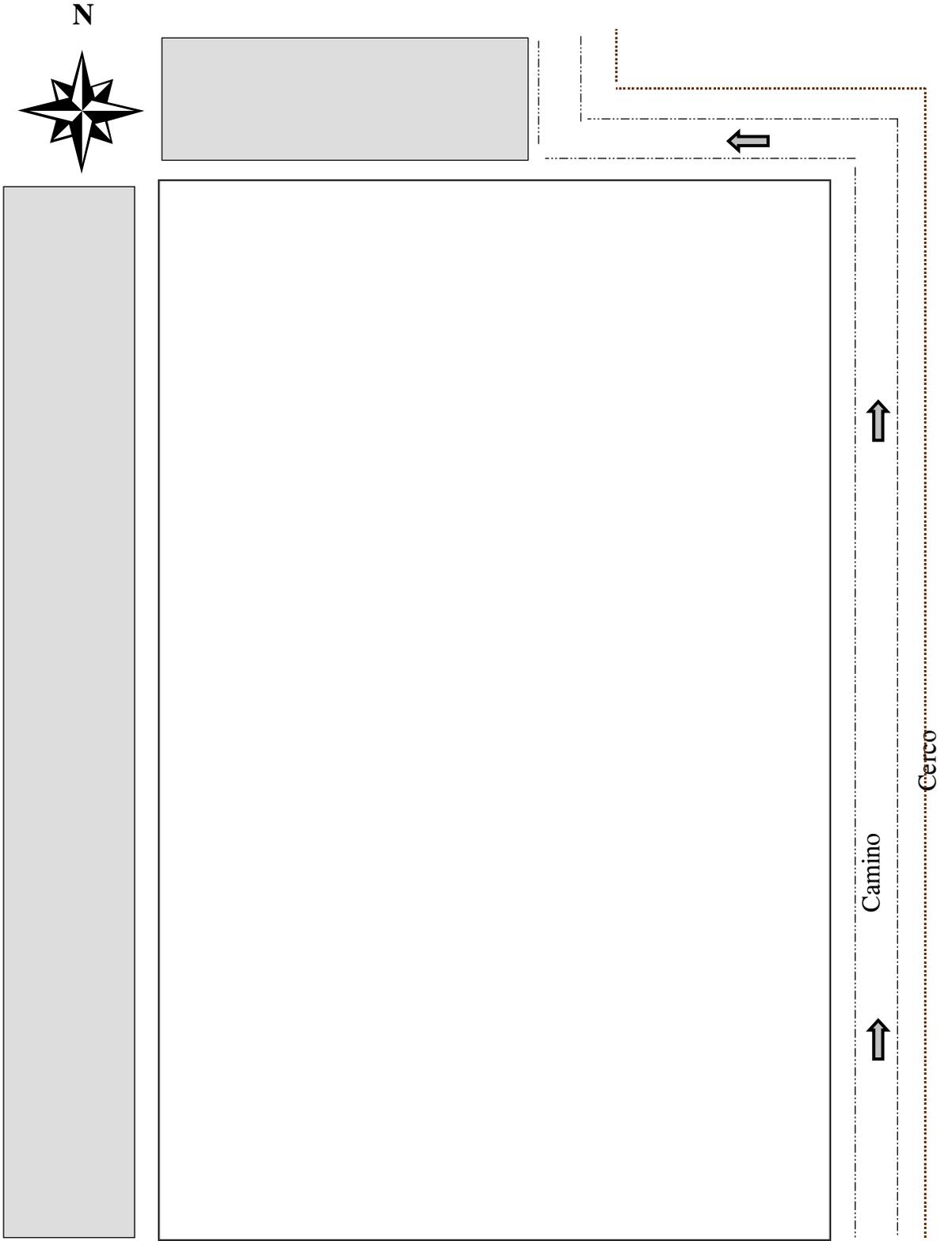
La semilla para la producción de la planta se obtuvo del proyecto de investigación denominado “Banco de germoplasma de árboles forestales del Norte de México” del Departamento Forestal de la UAAAN. Las plantas se propagaron en el vivero del Departamento Forestal, de agosto de 1990 a junio de 1992.

### **Establecimiento de la prueba de progenie**

La prueba de progenie se estableció los días 8 y 9 de julio de 1992, utilizando el sistema de plantación llamado de cepa común, con una distancia entre planta y planta de 2.5 metros, la distribución se hizo en tresbolillo. Se utilizaron 345 plantas de la progenie de 22 árboles maternos más el testigo los cuales contaban con una edad al momento de la plantación de 22 meses (Figura 1).

Se utilizaron 101 plantas de borde de *Pinus halepensis* Mill. las cuales contaban con una edad al momento de la plantación de 30 meses, cabe mencionar que una vez establecida la prueba se le aplicó un riego de auxilio o de plantación.

El área en general tiene una exposición cenital, y en el sitio de plantación se tiene una pendiente del terreno del 4% la cual se presenta de la parte superior derecha a la parte inferior izquierda de la plantación.



## Diseño experimental

En el establecimiento de la prueba de progenie se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones por familia y tres plantas por parcela. La distribución de las familias de los árboles maternos y el testigo se realizó con una restricción, la cual consistía en no aceptar que una misma familia quedara junta, y debería existir por lo menos una familia diferente entre esta misma familia (Clausen, 1990b) (Figura 1).

Para realizar el análisis de varianza de cada una de las variables se utilizó el modelo estadístico correspondiente al diseño completamente al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 23$  (# de familias)

$j = 1, 2, 3, \dots, 5$  (# de repeticiones)

Donde:

$\mu$  = Media general

$\tau$  = Efecto de la  $i$ -ésima familia

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental que se presenta en la  $j$ -ésima repetición de la  $i$ -ésima familia

## Variables evaluadas

Las variables que se midieron y sobre las cuales se probó la hipótesis nula fueron: la sobrevivencia expresada en porcentaje, evaluada a nueve años con ocho meses de establecida la prueba (11 de Marzo de 2002), la altura total expresada en metros y medida con aproximación a cm, el diámetro a altura del pecho (DAP) (cm), el número

de verticilos a partir del DAP, así como el número, ángulo (°) de inclinación y diámetro (cm) de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP, además el número de conos y su condición sanitaria.

La sobrevivencia se estimó con base en el conteo directo de los árboles presentes en el terreno. El porcentaje de sobrevivencia se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$S = (PV / NIP) \times 100$$

Donde:

$S$  = Porcentaje de Sobrevivencia

$PV$  = Número de plantas vivas

$NIP$  = Número inicial de plantas vivas

La medición de la altura se realizó con una regla métrica de madera graduada en centímetros, la medición se hizo de la superficie del suelo hasta el último período de crecimiento; el DAP se midió con una cinta diamétrica; el número de verticilos a partir del DAP y el número de ramas de los primeros cuatro verticilos se estimaron por simple conteo. El grado de inclinación de las ramas con respecto al tallo principal de los primeros cuatro verticilos se midió con un transportador de 180°; el diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos se midió con un vernier digital o pie de rey. El número de conos también se estimó por el simple conteo de los mismos, mientras que su estado sanitario se consideró como sano o malo al observar su apariencia externa.

### **Transformación de variables**

Con el objeto de que las variables evaluadas cumplieran con los supuestos del análisis de varianza, se realizaron las siguientes transformaciones:

La sobrevivencia en porcentaje se transformó a valores angulares utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{arcoseno} = \sqrt{S / 100}$$

Donde:

S = Sobrevivencia (%)

El número total de conos, el número de conos sanos, el número total de verticilos a partir del DAP, el número de ramas de los primeros cuatro verticilos se transformaron con el logaritmo de base 10 y el diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos se transformó con la raíz cuadrada.

### **Análisis estadístico**

Las variables se analizaron usando el procedimiento GLM (General Linear Models) y el ANOVA (Analysis of Variance) del Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12. ([www.sas.com](http://www.sas.com)) se utilizó para la altura, el DAP, el número total de verticilos, el número de ramas de los primeros cuatro verticilos, el diámetro y el ángulo de inclinación de las ramas de los primeros cuatro verticilos, el número total de conos y el número de conos sanos, mientras que el ANOVA sólo se utilizó para la sobrevivencia.

Para las variables que presentaron diferencias estadísticas al  $\alpha = 0.05$  en el análisis de varianza se procedió a realizar una prueba de separación de medias de Tukey.

Con el fin de dar a conocer los resultados obtenidos en este estudio se utilizaron los rangos de los valores presentados por las variables evaluadas, así como el valor medio y el error estándar el cual de aquí en adelante aparecerá simbolizado como ( $\pm$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Sobrevivencia

El análisis de varianza no arrojó diferencias en la sobrevivencia de las 22 familias ensayadas y el testigo (Apéndice 1). La sobrevivencia promedio de la prueba de progenie a los nueve años ocho meses de establecida fue de  $75.36\% \pm 1.93$ .

Las familias ensayadas y el testigo de la prueba de progenie presentaron un rango de sobrevivencia que va de 53.39 a 93.33%, encontrando que las familias que presentaron el mayor valor son: 8 (93.33%), 17, 18 y 31 (86.66%) mientras que las familias 41 (53.39%) y la 1 (60%) son las que presentaron la menor sobrevivencia y el resto de las familias presentaron valores entre 73.33 y 80%. Cabe destacar la alta sobrevivencia que presentó la familia 8 (93.33%), ya que sólo presentó una planta muerta (Figura 2).

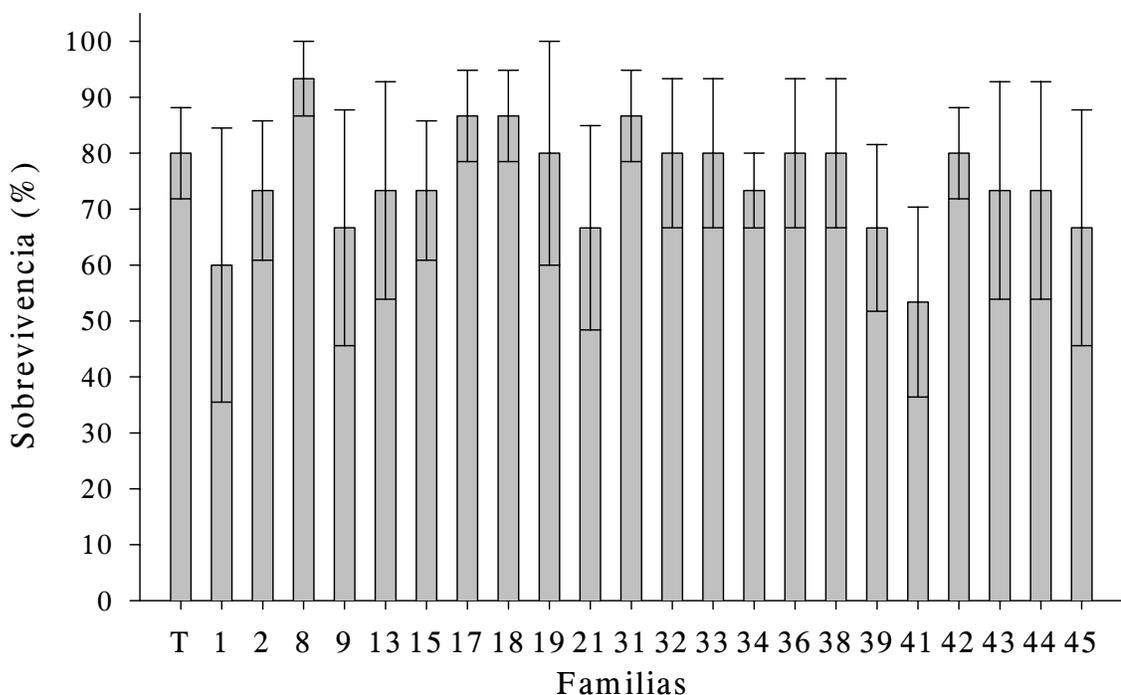


Figura 2. Valores medios y su error estándar de la sobrevivencia de 22 familias y el testigo de *P. greggii* de la prueba de progenie establecida a nueve años ocho meses en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah.

Pese a que la diferencia entre el máximo y mínimo valor de la sobrevivencia es alto (39.94%), estadísticamente no existen diferencias para esta variable, esto en parte se debe a la gran variación que existe dentro de una misma familia y en sus respectivas repeticiones. En general, la sobrevivencia promedio de la prueba de progeñie es buena. Esto demuestra la gran capacidad de esta especie y de esta procedencia para adaptarse de manera favorable a condiciones ambientales adversas, ya que de 1992 a 2001 ocurrieron siete años donde prevalecieron condiciones de sequía, tres de ellos, 1994, 1995 y 2000 con 28.81, 17.89 y 8.68%, respectivamente, por debajo de la precipitación media anual (521.2 mm) (Figura 3) y otros tres muy secos, 1996, 1998 y 1999, con 47.74, 43.60 y 45.13%, respectivamente, por debajo de la precipitación media anual. En contraste, sólo en 1992 y 1997 se registró un 34.49 y 41.54%, por arriba de la precipitación media anual.

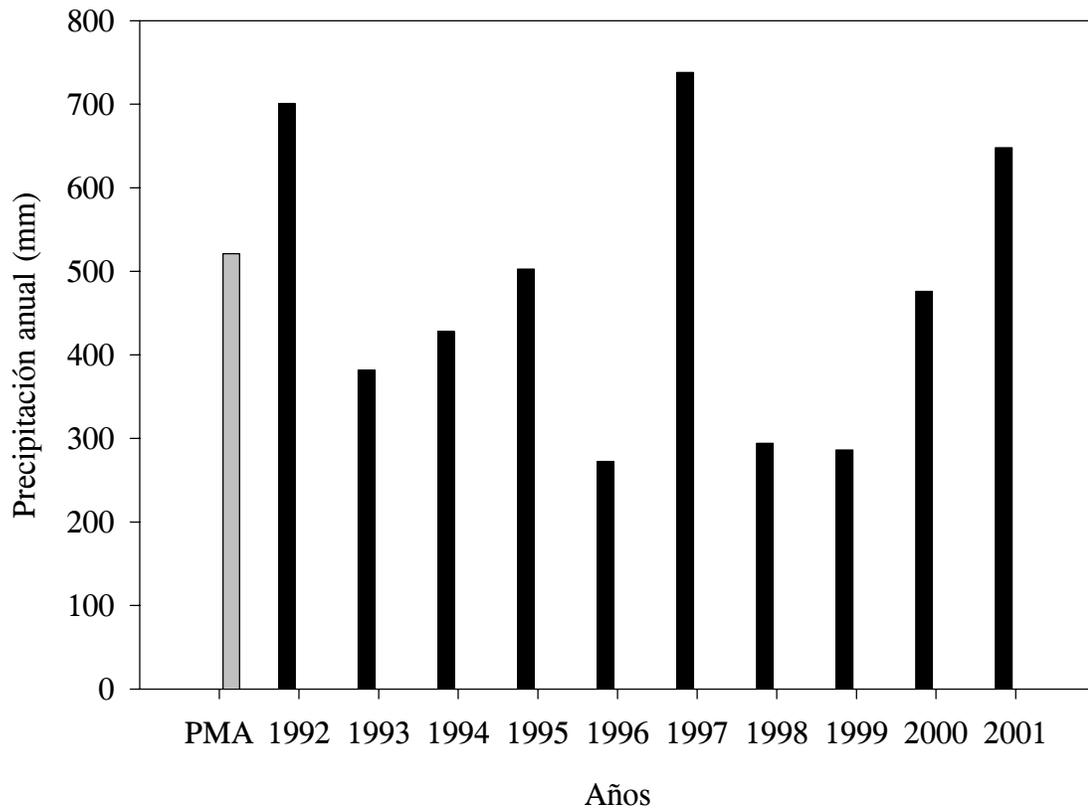


Figura 3. Valores medios de la precipitación anual registrada en la estación Climatológica 08-033 de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah.

Hernández (1995) al evaluar esta misma prueba de progenie de *Pinus greggii* a 24 meses de establecida encontró altos valores de sobrevivencia con rangos que van de 89.09 a 100%. Estos resultados aquí reportados no concuerdan con los obtenidos por Serrato (2000) al evaluar una prueba de progenie de *Pinus greggii* en dos ensayos a cinco años dos meses de establecida la plantación, en el predio Los Tarihuanes, Arteaga, Coah., ya que el autor reportó una relativa baja sobrevivencia de las familias ensayadas, que fue de 74.78% en el ensayo No. 1. y de 56.13% en el ensayo No. 2. lo cual puede deberse a que los ensayos se establecieron en un año en el que se presentó una precipitación por debajo de la media anual. Por su parte Ornelas, (1997) al evaluar un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah., a los cinco años siete meses de establecido el ensayo, reportó un promedio de sobrevivencia de 68.60%.

A excepción de esta baja sobrevivencia reportada por Ornelas (1997) y por Serrato (2000), en otros estudios de ensayos de procedencias y progenies se han reportado buenos valores de sobrevivencia como los reportados por Alba *et al.* (1998) quienes al evaluar un ensayo de tres procedencias y progenies de *Pinus greggii* en Coatepec, Ver. a dos años de establecido el ensayo, reportaron una sobrevivencia de 97.4% para Laguna Atezca, Hgo., 96.25% para el Madroño Qro. y 91.75% para Las Placetas, N.L. Velasco (2001) al evaluar a 2.5 años de establecido un ensayo de trece procedencias de *Pinus greggii* en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca reporta un promedio de 96.17% de sobrevivencia para el ensayo. También en estudios de ensayos de especies se han reportado buenos valores de sobrevivencia para el *Pinus greggii* como los reportados por López (1993) en la Sierra La Marta, Arteaga, Coah. al evaluar un ensayo de adaptación de cinco especies de pino bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria, a 18 meses de establecida la plantación, el autor reportó un 96.76% de sobrevivencia para *Pinus greggii*, Sámano (1995) en la misma Sierra La Marta, al evaluar la sobrevivencia de cinco especies de pino establecidas en el invierno bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria, encontró una sobrevivencia para *Pinus greggii* de 95%.

## Crecimiento

### Altura total

El análisis de varianza realizado para la variable altura total, no arrojó diferencias entre las familias ensayadas y el testigo (Apéndice 1). Las familias ensayadas y el testigo presentaron una altura total promedio de  $4.17 \text{ m} \pm 0.05$ .

Las familias ensayadas y el testigo presentaron un rango de altura total de 3.62 a 4.73 m siendo las familias 8 (3.62 m), 21 (3.69 m) y 43 (3.69 m) las que presentaron una menor altura mientras que las familias que presentaron mayor altura fueron 15 (4.45 m), 18 (4.46 m), 1 (4.48 m), 2 (4.48) y la 19 (4.73 m). Aunque estadísticamente no hay diferencias en la altura total, cabe destacar, la altura de la familia 19, ya que presenta una altura con 56 cm por arriba la media general (Figura 4).

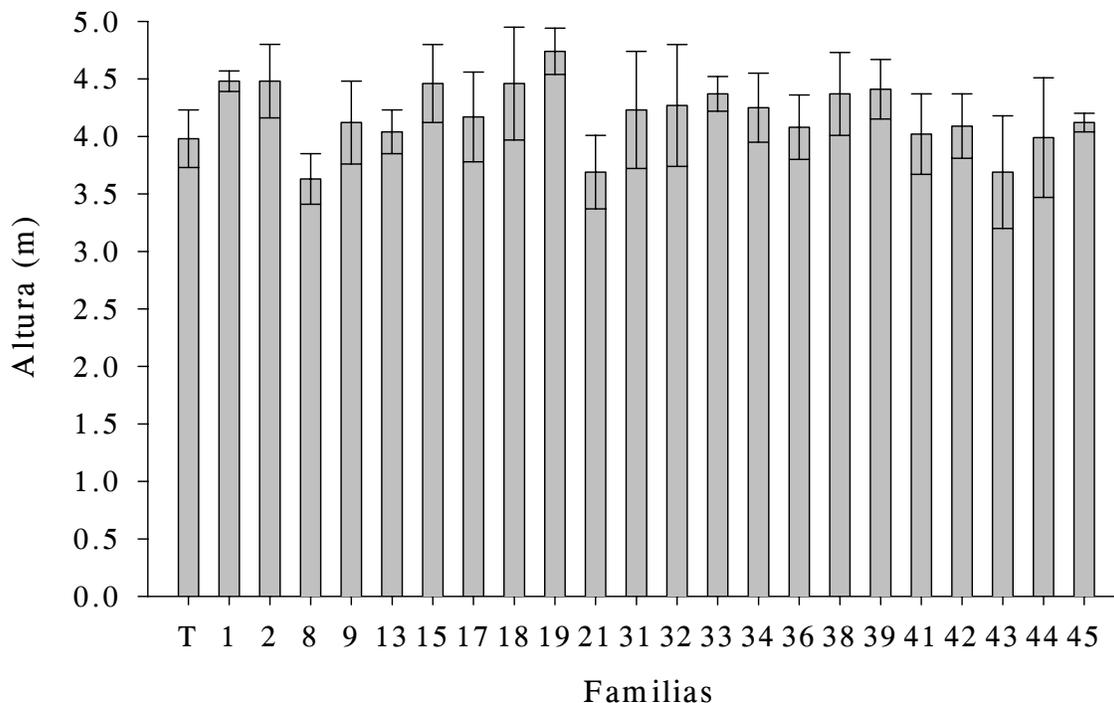


Figura 4. Valores medios y su error estándar de la altura total de 22 familias y el testigo de *P. greggii* de la prueba de progenie establecida a nueve años ocho meses en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah.

### Diámetro a la altura del pecho

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro a la altura del pecho, no encontró diferencias (Apéndice 1). Las familias ensayadas y el testigo presentaron un diámetro normal promedio de  $7.45 \text{ cm} \pm 0.14 \text{ cm}$ .

De manera general, las familias y el testigo presentaron un diámetro normal que va de 6.32 a 8.83 cm. La familia 21 (6.32 cm) es la que presentó el valor más bajo en diámetro y la familia 19 (8.83 cm) es la que presentó el mayor diámetro normal. Al igual que para la variable altura total la familia 19 es la que presentó un mayor diámetro normal, situación que llama la atención, ya que esta familia podría distinguirse del resto si sigue presentando este mayor crecimiento en los próximos años (Figura 5).

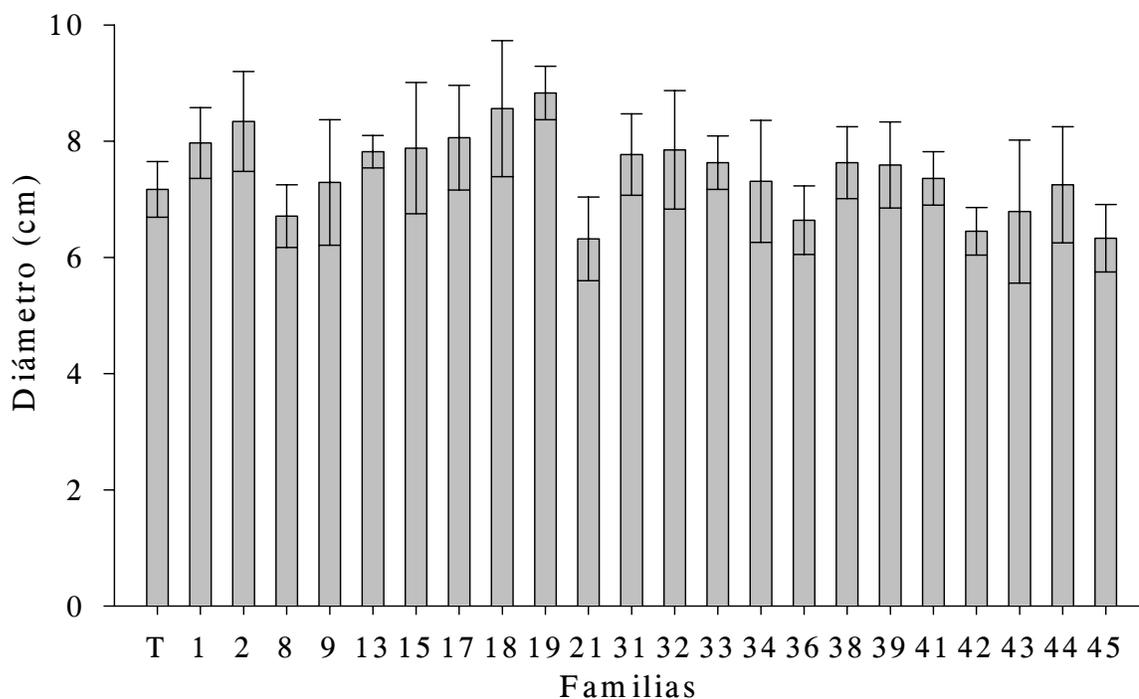


Figura 5. Valores medios y su error estándar del diámetro normal de 22 familias y el testigo de *P. greggii* de la prueba de progenie establecida a nueve años ocho meses en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah.

Hernández (1995) al evaluar esta misma prueba de progenie en el C.A.E.S.A, a dos años de establecida la prueba, reportó diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) para la altura inicial y para el diámetro inicial, y al evaluar la altura final y el diámetro final solo encontró diferencias significativas para el diámetro final ( $p=0.0442$ ). Serrato (2000) también reportó diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) en el ensayo No. 1. y en el ensayo No. 2. para la altura inicial y el diámetro inicial, pero al evaluar la altura final y el diámetro final no encontró diferencias.

En otros estudios se han encontrado resultados diferentes a los encontrados en esta evaluación tal es el caso de los reportados por Alba *et al.* (1998) ya que los autores reportaron diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) entre procedencias y entre familias para la altura total y para el diámetro a 20 cm de la superficie. Valencia *et al.* (1993) al evaluar un ensayo de procedencias y progenies en dos localidades (Lomas de San Juan, Chapingo, y en Metepec, Edo. de México.) los autores reportaron diferencias significativas entre procedencias para la altura total y para el diámetro a 20 cm de la superficie., Velasco (2001) reportó diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) para la altura final y para el diámetro basal entre localidades y entre procedencias.

El hecho que no se presentaron diferencias para la altura total y el diámetro normal entre las 22 familias ensayadas y el testigo en esta prueba de progenie de *Pinus greggii* a nueve años ocho meses de establecida la plantación, pudiera deberse a que las condiciones restrictivas del área de plantación y la reducida variabilidad genética del material ensayado impiden que se presenten dichas diferencias.

Las diferencias altamente significativas reportadas por Hernández (1995) y por Serrato (2000) para la altura inicial y el diámetro inicial, es decir, cuando las plantas terminan la etapa de vivero y que después no se encuentren diferencias en la altura final y el diámetro final, tanto en esta prueba de progenie, como en la prueba de progenie evaluada por Serrato (2000), confirman la idea de que al estar las plantas en

las condiciones homogéneas y favorables del vivero se puede reconocer la variación genética existente entre el material ensayado. Esto se debe a que las condiciones restrictivas principalmente baja precipitación (521 mm) para el área don se encuentra la pruebas de progenie de Hernández (1995) y (428.6 mm) para el área donde se encuentra la prueba de progenie de Serrato (2000) no permitieron que se presentaran las diferencias genéticas del material ensayado. Esto se refuerza aún más con los resultados obtenidos por Velasco (2001), ya que el autor encontró diferencias altamente significativas para la altura final y para el diámetro final lo cual se atribuye a las diferencias genéticas de las procedencias, ya que las condiciones del área pudieran no ser tan restrictivas donde ocurre una mayor precipitación media anual (1375 mm).

No obstante que hasta esta etapa de la evaluación de la prueba de progenie no se han encontrado diferencias para la sobrevivencia, la altura final y el diámetro final, ya se pueden identificar algunas familias que sobresalen de las demás. Pese a que la familia 8 presentó el mayor valor de sobrevivencia (93.33%) dicha familia presentó valores bajos para altura final (3.62 m) y diámetro normal (6.71 cm). Las familias 17, 18 y 31 presentaron altos valores de sobrevivencia (86.66%, respectivamente), además de valores aceptables de altura y diámetro (4.16 m, 8.06 cm; 4.46 m, 8.56 cm; y 4.22 m, 7.77 cm, respectivamente). La familia 19, además, de que presentó una buena sobrevivencia (80%) también es la que presentó los mayores valores en altura total (4.73 m) y en diámetro normal (8.83 cm) situación que hace que esta familia sea relevante para su selección futura. Mientras que la familia 41 fue la que presentó el menor valor de sobrevivencia (53.39%), otras familias que también presentaron baja sobrevivencia fueron: 1, 9 y 21 (60, 60 y 66%, respectivamente). Finalmente, cabe destacar que la familia 21 además de ser una familia con un valor bajo de sobrevivencia (66 %), también presentó valores bajos en altura final (3.69 m) y diámetro normal (6.39 cm).

## Arquitectura de la copa

### Número de verticilos

El análisis de varianza realizado para la variable número de verticilos a partir del DAP, arrojó diferencias significativas entre las familias ensayadas ( $p=0.0158$ ) (Apéndice 1). Las familias ensayadas y el testigo presentaron un rango para el número de verticilos que va de 9.75 a 14.87 con una media de  $12.36 \pm 0.27$ .

La prueba de Tukey de comparación de medias, señala para el número de verticilos a partir del DAP que las familias 13 (14.87 verticilos), 19 (14.75 verticilos) y 41 (14.16 verticilos) presentaron igual número de verticilos, pero sólo mayor que las plantas de la familia 21 (9.75 verticilos) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de comparación de Tukey de los valores medios del número de verticilos de la prueba de progenie de *Pinus greggii* a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah.

Familia	Media	Agrupación de Tukey	Familia	Media	Agrupación de Tukey
13	14.875	a	1	12.222	ab
19	14.750	a	33	12.167	ab
41	14.667	a	T	12.167	ab
34	13.800	ab	45	12.000	ab
31	12.967	ab	39	11.467	ab
18	12.900	ab	42	11.433	ab
32	12.767	ab	2	11.333	ab
17	12.733	ab	36	11.133	ab
8	12.633	ab	43	10.708	ab
32	12.567	ab	9	10.583	ab
15	12.500	ab	21	9.750	b
44	12.550	ab			

Determinado por Tukey HSD. Al  $\alpha = 0.05$  con  $n = 4.36$  (Media armónica)

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Jasso *et al.* (1993) ya que al realizar una evaluación fenológica de seis árboles de *Pinus greggii* en Montecillo, Edo. de México a cinco años de establecida la plantación, los autores reportaron diferencias

para esta variable reportando un máximo de 17 verticilos para el árbol No. 3. y un mínimo de 9 verticilos para al árbol No. 5. Así mismo Valencia *et al.* (1993) reportaron diferencias significativas entre procedencias y entre familias, estimándose una heredabilidad de medias de familias de ( $h^2_i=0.40$ ) para esta variable, por su parte Velasco (2001), reporta diferencias significativas entre localidades ( $p=0.0160$ ) y altamente significativas ( $p=0.0001$ ) entre procedencias para el número de verticilos

Estas diferencias encontradas entre las familias ensayadas para el número de verticilos a partir del DAP en esta prueba de progenie de *Pinus greggii*, pueden deberse a las diferencias genéticas existentes entre los árboles maternos, dado que las diferencias encontradas no pueden ser atribuibles a una mayor o menor edad de las familias, así como tampoco a diferencias ambientales.

### **Número de ramas por verticilo**

El análisis de varianza realizado para el número de ramas por verticilo arrojó diferencias altamente significativas entre las familias ensayadas ( $p=0.0006$ ) (Apéndice 1). En general, el promedio de ramas encontrado entre el material ensayado fue de  $3.52 \pm 0.08$ , el número de ramas mínimo fue de 2.59 y el máximo fue de 4.31.

De acuerdo con la prueba de Tukey de separación de medias, señala para el número de ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP que las familias 41 (4.319 ramas), 32 (4.200 ramas), 13 (4.125 ramas) y la 34 (3.942 ramas) presentaron igual número de ramas por verticilos, pero sólo mayor que las plantas de la familia 21 (2.594 ramas) (Cuadro 2).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Valencia *et al.* (1993) ya que al evaluar un ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* los autores encontraron diferencias entre procedencias en el número de ramas por verticilo en dicho ensayo.

Cuadro 2. Prueba de comparación de Tukey de los valores medios del número de ramas de los primeros cuatro verticilos de la prueba de progenie de *Pinus greggii* a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah.

Familia	Media	Agrupación de Tukey	Familia	Media	Agrupación de Tukey
41	4.319	a	42	3.392	ab
32	4.200	a	1	3.389	ab
13	4.125	a	44	3.354	ab
34	3.942	a	T	3.350	ab
17	3.783	ab	19	3.313	ab
9	3.729	ab	31	3.267	ab
15	3.719	ab	8	3.242	ab
36	3.667	ab	39	3.175	ab
38	3.658	ab	33	3.167	ab
2	3.625	ab	43	3.125	ab
18	3.483	ab	21	2.594	b
45	3.396	ab			

Determinado por Tukey HSD. Al  $\alpha = 0.05$  con  $n = 4.36$  (Media armónica)

Estas diferencias encontradas para el número de ramas, pueden deberse a las diferencias genéticas existentes entre los árboles maternos seleccionados. Aunque en un estudio realizado por Merrill y Mohn (1985) sobre la heredabilidad y correlaciones genéticas del crecimiento rápido y las características deseables de las ramas del tallo en una población de *Picea glauca* (Mohn) Vos. los autores reportaron una baja heredabilidad ( $h^2_i=0.14$ ) para el número de ramas por verticilo.

### **Ángulo de inclinación de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP**

El análisis de varianza realizado para la variable ángulo de inclinación de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP de la prueba de progenie arrojó diferencias altamente significativas entre las familias ensayadas y el testigo ( $p=0.0001$ ) (Apéndice 1). El valor mínimo de ángulo de inclinación de las ramas fue de  $62.27^\circ$  y un valor máximo de  $74.28^\circ$  con un valor medio de  $68.98^\circ \pm 0.69$ .

De acuerdo con la prueba de Tukey de separación de medias, para el ángulo de inclinación de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP. se encontró que en la prueba de progenie las familias 41 (74.284°), 19 (73.485°) y 17 (73.309°) presentaron un mayor e igual ángulo de inclinación en las ramas de los primeros cuatro verticilos, pero sólo mayor que el ángulo de las ramas de las plantas de las familias 39 (62.856°) y 21 (62.955°) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de comparación de Tukey de los valores medios del ángulo de inclinación de ramas de los primeros cuatro verticilos de la prueba de progenie de *Pinus greggii* a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah.

Familia	Media (°)	Agrupación de Tukey	Familia	Media	Agrupación de Tukey
41	74.284	a	32	68.355	ab
19	73.485	a	33	68.192	ab
17	73.309	a	42	67.259	ab
38	72.571	ab	43	67.156	ab
34	72.485	ab	15	66.559	ab
13	72.019	ab	9	66.522	ab
31	71.896	ab	8	66.385	ab
18	71.554	ab	2	65.915	ab
45	71.347	ab	1	65.796	ab
44	70.665	ab	21	62.955	b
36	70.411	ab	39	62.856	b
T	69.797	ab			

Determinado por Tukey HSD. Al  $\alpha = 0.05$  con  $n = 4.36$  (Media armónica)

Estas diferencias encontradas para el ángulo de inclinación de las ramas de los primeros cuatro verticilos de la prueba de progenie, pueden deberse a las diferencias genéticas de los árboles maternos seleccionados, además a que esta variable presenta valores altos de heredabilidad como lo han reportado Merrill y Mohn (1985) quienes reportaron una heredabilidad de  $h^2_i = 0.44$ . De igual manera, Adams y Morgenston (1991) encontraron una heredabilidad de  $h^2_i = 0.42$  y  $h^2_f = 0.59$  por árbol y por familia, respectivamente, para dicha característica.

Las diferencias encontradas para el número de verticilos, el número de ramas y el ángulo de inclinación de dichas ramas es importante, ya que a través de la manipulación de la arquitectura de copa de los árboles se puede mejorar la calidad de la madera. La forma más fácil de mejorar la calidad de la madera es desarrollando árboles que crezcan más rectos, que presenten pocas ramas con diámetros más pequeños, además que crezcan formando ángulos rectos con respecto al tallo del árbol. De manera que se reduzca el número de nudos en la madera y el porcentaje de madera de reacción que se presenta en los árboles que crecen verticalmente, ya que presentan un gran número de ramas con diámetros grandes y dispuestas en ángulos agudos con respecto al tallo del árbol (Zobel y Talbert 1988).

#### **Diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP**

En el análisis de varianza realizado para la variable diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP, no se encontró diferencias estadísticas entre las familias ensayadas y el testigo de la prueba de progenie (Apéndice 1). El diámetro promedio de las ramas fue de 1.32 cm  $\pm$  0.03.

Las familias ensayadas y el testigo presentaron un valor promedio mínimo para el diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos que va de 1.07 cm y un máximo de 1.67 cm siendo las familias con el menor valor 45 (1.07 cm), 21 (1.10 cm) y 41 (1.12 cm) y las familias con mayor valor fueron 18 (1.67 cm) y 2 (1.58 cm).

El hecho que no se encontraron diferencias para el diámetro de ramas de los primeros cuatro verticilos pudiera deberse a la falta de diferencias genéticas entre el material ensayado, ya que el diámetro de la rama tiene un grado de heredabilidad bajo, esto se sustenta en estudios donde se ha estimado una baja heredabilidad para esta característica tal como el realizado por Merrill y Mohn (1985) donde reportaron una baja heredabilidad de  $h^2_i=0.16$  del diámetro de la rama en *Picea glauca* (Mohn) Vos. De igual forma, Adams y Morgenston (1991) al realizar un estudio sobre selección de

rasgos múltiples en *Pinus banksiana* (Lamb) reportan una baja heredabilidad individual de  $h^2_i=0.12$  para el diámetro de la rama; pero en contraste, en este mismo estudio reportaron una heredabilidad alta de  $h^2_f=0.68$  por familia para esta característica

Resumiendo los resultados obtenidos para las variables de la arquitectura de la copa, se pueden destacar algunas familias como la 21 y 45, ya que estas familias presentaron valores bajos en el número de verticilos (9.75 y 12 verticilos, respectivamente), el número de ramas por verticilo (2.594 y 3.396 ramas, respectivamente), y el diámetro de ramas (1.10 y 1.07 cm, respectivamente) además presentaron ángulos grandes (71.79 y 71.34°, respectivamente). En contraste, la familia 41 presentó un valor bajo para el diámetro de las ramas (1.12 cm) y valores altos para el ángulo de ramas (74.284°), número de verticilos (14.16 verticilos) y número de ramas (4.319 ramas). La familia 19 presentó valores altos en el número de verticilos (14.75 verticilos) y valores aceptables en el ángulo de ramas (73.40°), el número de ramas (3.31 ramas) y en el diámetro de ramas (1.42 cm). Otras familias que destacan son la 18 y 17, éstas familias presentaron valores aceptables en el número de verticilos, número de ramas por verticilo, diámetro y ángulo de ramas (12.733 verticilos, 3.783 ramas, 1.46 cm, 72.39°; 12.900 verticilos, 3.483 ramas, 1.67 cm y 71.55°, respectivamente). Por lo tanto, las familias 21, 45, 18 y 17 pueden ser seleccionadas con el objetivo de producir madera para aserrío ya que dichas familias presentan menor número de verticilos, diámetros de ramas pequeños y ángulos de ramas grandes. en contraste, las familias 41 y 19 no serian seleccionadas para ese objetivo ya que en general no presentan características deseables en la arquitectura de la copa.

## **Conos**

### **Número total de conos**

Para el número total de conos a nueve años ocho meses de establecida la prueba de progenie de *Pinus greggii* de acuerdo con el análisis de varianza no existen diferencias

entre las familias ensayadas y el testigo (Apéndice 1). Las familias ensayadas y el testigo de la prueba de progenie presentaron un número promedio de conos de  $10.72 \pm 2.11$ .

De manera general, el número mínimo de conos fue de 1 y el máximo fue de 42 siendo las familia 21 (1 cono), 42 (1.4 conos), 36 (3 conos) y 45 (4.25 conos) las que presentaron menor número de conos y las familias 18 (42 conos), 17 (29 conos) y 38 (27.8 conos) las que presentaron mayor cantidad de conos.

El hecho de que no se encontraron diferencias para el número total de conos se debe en gran parte a que se tiene una gran variabilidad dentro de una misma familia en sus diferentes repeticiones (Familia 17 y 18) (Cuadro 4). La cual se da posiblemente como una respuesta a la influencia del microambiente, ya que aparentemente las posiciones de la repeticiones dentro del diseño de plantación de la prueba de progenie, presentan diferencias en cuanto a las características del o de los micrositos donde se ubican las familias.

Cuadro 4. Total de conos, varianza y coeficiente de variación por familia de la prueba de progenie de *Pinus greggii* a nueve años ocho meses de establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah.

F	RE	TOT	C.D.	S <sup>2</sup>	C.V.	F	RE	TOT	C.D.	S <sup>2</sup>	C.V.
T	5	4	3	24.70	130.797	32	5	8	1	76.30	114.934
1	3	18	3	156.33	70.774	33	5	15	0	245.70	105.911
2	5	9	1	65.80	94.322	34	5	8	0	160.30	166.592
8	5	8	3	270.30	216.326	36	5	3	2	18.00	141.421
9	4	11	1	252.25	141.177	38	5	28	4	770.20	99.829
13	4	4	2	22.25	110.988	39	5	6	4	56.20	129.253
15	4	10	1	100.67	100.333	41	3	5	1	37.00	121.655
17	5	29	5	1173.70	117.326	42	5	1	0	9.80	223.607
18	5	42	7	1574.00	94.461	43	4	8	1	118.92	132.181
19	4	4	0	9.58	72.840	44	4	18	0	652.25	152.473
21	4	1	0	1.33	115.470	45	4	4	0	61.58	184.647
31	5	5	1	16.70	85.137						

F = Familia, RE = Repetición, TOT = Total de conos, C.D. = Conos dañados, S<sup>2</sup> = Varianza; C.V. = Coeficiente de variación,

## **Conos sanos**

El análisis de varianza realizado para la variable porciento de conos sanos, no arrojó diferencias entre las 22 familias ensayadas y el testigo de la prueba de progenie (Apéndice 1).

Las observaciones que se realizaron sobre el estado sanitario de los conos de esta prueba de progenie, permitieron detectar que hasta esta etapa en que se encuentra la plantación aún no se tienen una producción estandarizada de conos en las familias ensayadas, también permitieron percibir que algunos conos presentaban una conformación anormal la cual pudiera deberse a que los árboles están realizando sus primeros ensayos de producción de conos.

De manera general y en base a las observaciones realizadas, puede decirse que el estado sanitario de los conos que hasta este momento han producido algunas familias de esta prueba de progenie es bueno, ya que se presentaron valores hasta de cero conos dañados, para las familias 45, 44, 42, 33, 32, 21 y 19 (Cuadro 4) y valores máximos de 7 y 5 conos dañados para las familias 18 y 17, respectivamente. Cabe destacar que el mayor número de conos dañados de estas familias está relacionado posiblemente con su mayor producción de conos (42 y 19, respectivamente).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pueden establecer las siguientes conclusiones.

1. Dadas las difíciles condiciones ambientales prevalecientes en el área donde se estableció la prueba de progenie no se encontraron diferencias en la sobrevivencia, altura total, diámetro a la altura del pecho, diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP, número de conos y su condición sanitaria.

2. Se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de verticilos a partir del DAP y diferencias altamente significativas para el número de ramas de los primeros cuatro verticilos y para el ángulo de inclinación de dichas ramas. Situación que facilita la selección de las familias tomando en cuenta estas diferencias en las características de la arquitectura de la copa para la conversión de la prueba a huerto semillero.

3. Seis familias (18, 19, 17, 8 y 13) presentaron valores aceptables en la mayoría de las variables evaluadas, lo que las hace ser familias candidatas para su selección futura.

4. Cuatro familias (41, 1, 9 y 21) presentaron valores bajos en la mayoría de las variables evaluadas, principalmente sobrevivencia, por lo cual son familias que pudieran ser eliminadas.

5. Existe un grupo de familias (T, 2, 13, 15, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 42, 43, 44 y 45) que presenta valores medios en las variables evaluadas, dichas familias requieren seguir siendo evaluadas para decidir sobre su selección o su eliminación.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar en el corto plazo otras evaluaciones de otras variables como: densidad de la madera, longitud de traqueidas, distancia internodal etc. para complementar la información obtenida en esta evaluación y tomar decisiones sobre la selección de familias con características deseables, para posteriormente transformar esta prueba de progenie en un huerto semillero.

2. Elaborar un índice de selección para elegir las mejores familias en función de varias características de interés económico y facilitar la conversión de la prueba de progenie a un huerto semillero.

3. Establecer en el C.A.E.S.A otras pruebas de progenie o de ser posible ensayos de procedencias y progenies, para que en un futuro se pueda tener en el campo un amplio huerto semillero.

4. Continuar con el establecimiento de ensayos de procedencias y progenies con un mayor número de procedencias y progenies para establecerse en cuando menos dos localidades en Coahuila y Nuevo León.

5. Dado que las plantas de las familias ensayadas presentaron buena aclimatación al lugar de establecimiento de la prueba, se espera que la semilla producida a partir de las familias seleccionadas, sea utilizada para la producción de plantas para el establecimiento de plantaciones en la Sierra de Arteaga, Coah., en áreas con condiciones climáticas y edáficas similares a las que se tienen en el área donde se encuentra la prueba.

## RESUMEN

En el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga, (C.A.E.S.A) de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Los días 8 y 9 de julio de 1992 se estableció una prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. utilizando el sistema de plantación de cepa común, con una distancia entre plantas de 2.5 metros, con una distribución en el terreno en forma de tresbolillo. Bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por familia y tres plantas por parcela materno. Se utilizaron 345 plantas de la progenie de 22 árboles maternos procedentes de Los Lirios, Arteaga, más el testigo procedente de la Colorada, Arteaga, Coah.

A nueve años ocho meses de establecida la prueba de progenie se evaluaron: sobrevivencia (%), altura total (m), diámetro a la altura del pecho (cm) (DAP), número de verticilos a partir del DAP, número, diámetro (cm) y ángulo (°) de inclinación de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP, además el número de conos y su condición sanitaria. Para cada una de las variables se realizó un análisis de varianza y cuando hubo diferencias se realizó la prueba de Tukey de comparación de medias.

No se encontraron diferencias para la altura total, diámetro a la altura del pecho, diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP, número de conos y su condición sanitaria. Se presentaron diferencias significativas ( $p=0.0158$ ) para el número de verticilos a partir del DAP y diferencias altamente significativas ( $p=0.0006$ ) para el número de ramas por verticilo. También se encontraron diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) para el ángulo de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP,

A pesar de las difíciles condiciones prevalecientes en el área donde se estableció la prueba de progenie, esta presentó un buen valor de sobrevivencia mismo que varió de 53.39 a 93.33% con una media de 75.36%.

A pesar de que en la mayoría de las variables evaluadas no se presentaron diferencias, se pueden distinguir algunas familias con características deseables (19, 17, 18, 8 y 31), lo que las hace ser candidatas para su selección futura, ya que presentan valores aceptables en la mayoría de las variables evaluadas. Otras familias se destacan porque presentaron valores bajos en las variables evaluadas (41, 1, 9 y 21), principalmente sobrevivencia, lo que las hace ser familias candidatas a ser eliminadas.

## LITERATURA CITADA

- Adams G W and E W Morgenstern (1991) Multiple-trait selection in jack pine. Canadian Journal of Forest Research 21: 494-445.
- Alba L J, L Mendizabal H y A Aparicio R (1998) Respuesta de un ensayo de procedencias/progenies de *Pinus greggii* Engelm. en Coatepec, Veracruz, México. Foresta Veracruzana 1: 25-28.
- CETENAL (1976) Carta geológica. San Antonio de las Alazanas. G15C35. Escala: 1:50,000. México.
- CETENAL (1977a) Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14C34. Escala: 1:50,000. México.
- CETENAL (1977b). Carta edafológica San Antonio de las Alazanas. G14C35. Escala: 1:50,000. México.
- Clausen K E (1990a) Producción de semillas forestales genéticamente mejoradas. *In*: Memoria Sobre Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales T Eguiluz P y A Plancarte B (eds). Chapingo, México. pp. 78-88.
- Clausen K E (1990b) Diseños genéticos y pruebas de progenie. *In*: Memoria Sobre Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. T Eguiluz P y A Plancarte B (eds). Chapingo, México. pp. 67-77.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2000) Departamento de hidrología operativa. Precipitación y Temperaturas de la Estación Meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coahuila.

- Conrado P L, J J Vargas H, P Ramírez V, H S Aspiroz R y J Jaso M (2002) Estructura de la diversidad genética de *Pinus greggii* Engelm. Revista Fitotecnia Mexicana 25: 279-287.
- Daniel T W, J A Helms y F S Baker (1982) Principios de Silvicultura. McGraw-Hill. México, D.F 492 p.
- DETENAL (1979) Carta de uso del suelo. San Antonio de Las Alazanas. G14C35 Escala. 1:50,000. México.
- Donahue J K U y W S Dvorak (1999) Reseña de la Investigación de la Cooperativa CAMCORE. Departamento de Recursos Naturales. Universidad Estatal de Carolina del Norte. U.S.A. 93 p.
- Donahue J K U and J López U (1999) A new variety of *Pinus greggii* (Pinaceae) in México. Sida 18: 1083-1093.
- Eguiluz P T (1978) Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 623 p.
- Eguiluz P T (1990) Selección y ganancia genética en bosques naturales vs plantaciones. In: Memoria Sobre Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. T Eguiluz P y A Plancarte B (eds). Chapingo, México. pp 188-207.
- García E (1983) Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 245 p.

- Hagman M (1970) Programa de Investigación. *Unasyuva* 24 (2-3): 52-62.
- Hernández M E (1995) Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. procedencia Los Lirios en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 59 p.
- Jara L F N (1995) Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Manual técnico No. 14. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- Jasso J M, J López U y M Jiménez C (1993). Evaluación fenológica de *Pinus greggii* Engelm. *In*: Memoria del I Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Resumen de ponencias. UAAAN - SOMEREF. Agosto de 1993. Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp 98.
- Kietzka J E, N P Denison and W S Dvorak (1996) *Pinus greggii* a promising new species for South-Africa. *In*: Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry. Dieters M J, A C Matheson, A G Nikles, C E Harwood and S M Walker (eds), Australia. pp 42-45.
- López C I (1993) Ensayo de adaptación de cinco especies regionales de pino, bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 71 p.
- López U J, J Jasso M, J J Vargas H y C Ayala S (1993) Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia* 3: 81-84.

- López U J y J K Donahue (1995) Seed production of *Pinus greggii* in natural stand in México. Tree Planters Notes 46 (3): 86-92.
- Martínez M (1948) Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas. México. 361 p.
- Merrill R M and C A Mohn (1985) Heritability and genetic correlations for stem diameter and branch characteristics in white spruce. Canadian Journal of Forest Research 15: 494-497.
- Niestaedt H (1990) Selección de especies y procedencias. *In*: memoria sobre Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. T Eguiluz P y A Plancarte B (eds), Chapingo, México. pp. 34-41.
- Ornelas H G (1997) Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el C.A.E.S.A. Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 59 p.
- Plancarte B A (1998) Rendimiento de semillas de dos procedencias de rodales naturales de *Pinus greggii* Engelm. Nota Técnica No. 2. Centro de Genética Forestal A.C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. 4 p.
- Plancarte B A (1990) Variación en longitud de cono y semilla en *Pinus greggii* Engelm. de tres procedencias de Hidalgo y Querétaro. Nota técnica No. 4. Centro de Genética Forestal, A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. 6 p.
- Quijada R M (1980) Ensayo de progenie. *In*: FAO, Mejora Genética de árboles forestales. estudio FAO: Montes No 20. Mérida, Venezuela. pp. 224-230.

- Ramírez H C, J J Vargas H, J Jasso M, G Carrillo C y H Guillen A (1997) Variación isoenzimática de diez poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia* 31 :223-230.
- Sáenz R C y A Plancarte B (1991) Metodología para el establecimiento y evaluación de ensayos de progenies en especies forestales. Serie de Apoyo Académico No 46. UACH, Chapingo, México. 47 p.
- Sámano D J L (1995) Sobrevivencia y crecimiento de *Pinus*, establecida en el invierno y bajo diferentes tratamientos a la vegetación en la Sierra de Arteaga. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 84 p.
- Serrato C J A (2000) Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 67 p.
- Valencia M S, A Plancarte B y C Cigarrero (1993). Evaluación de un ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* en dos localidades. *In: Memoria del I Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Resumen de ponencias.* UAAAN - SOMEREF. Agosto de 1993. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp.78.
- Vargas H J J y A Muñoz O (1998) Resistencia a sequía: II. Crecimiento y supervivencia en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. *Agrociencia* 72: 197-208.
- Velasco G M V (2001) Ensayo de trece procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 75 p.

Young A R (1991) Introducción a las Ciencias Forestales. Limusa. México. 632 p.

Zobel B J y J T Talbert (1988) Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.

## **APÉNDICE**

A 1. Análisis de varianza realizado para las variables evaluadas en la prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm.

VARIABLES	FV	gl	SC	CME	FC	Pr >F
SOBREVIVENCIA	Familias	22	7155.93	325.26	0.35	0.99 NHD
	Error	92	86087.00	935.72		
	Total	114	93.242.93			
	CV = 45.78					
ALTURA TOTAL	Familias	22	7.404091	0.33	0.60	0.90 NHD
	Error	80	44.565084	0.55		
	Total	102	51.969117			
	CV = 17.84					
DAP	Familias	22	47.099367	2.14	0.74	0.78 NHD
	Error	80	231.752870	2.89		
	Total	102	278.852238			
	CV = 22.80					
NDV	Familias	22	0.207667	0.0094	1.96	0.0158 *
	Error	80	0.384933	0.0048		
	Total	102	0.592601			
	CV = 6.42					
NDRPV	Familias	22	14.132318	0.64	2.71	0.0006 **
	Error	80	18.956307	0.23		
	Total	102	33.088265			
	CV = 13.83					
DDR	Familias	22	0.358047	0.016	0.99	0.48 NHD
	Error	80	1.313083	0.016		
	Total	102	1.671130			
	CV = 11.42					
ADR	Familias	22	1063.6278	48.34	3.27	0.0001 **
	Error	80	1181.1243	14.76		
	Total	102	2244.7521			
	CV = 5.52					
NDC	Familias	22	4.739917	0.21	1.43	0.14 NHD
	Error	53	7.980906	0.15		
	Total	75	12.720824			
	CV = 65.29					
ESDC	Familias	22	0.101921	0.0046	1.42	0.15 NHD
	Error	49	0.160095	0.0032		
	Total	71	0.262016			
	CV = 2.90					

Donde: Fv = Fuente de variación, SC = Suma de Cuadrados, CME = Cuadrados medios del error, Pr > f = Probabilidad de cometer el error tipo ( $\alpha$ ), \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo, NHD = No hubo diferencias, DAP = Diámetro a la altura del pecho, NDV = Número de verticilos, NDRPV = Número de ramas por verticilos a partir del DAP, DDR = Diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos, ADR = Ángulo de las ramas de los primeros cuatro verticilos, NDC = Número de conos, ESDC = Estado sanitario de los conos.

A 2. Precipitaciones y temperaturas registradas en la estación climatológica 05-033 de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah. durante el periodo 1992 - 2001, a 25° 16' 24'' de Latitud N y 100° 34' 21'' Longitud W, a una altitud de 2190 m.s.n.m.

Precipitaciones (mm)

Mes / Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Enero	207.0	5.0	3.0	13.0	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Febrero	42.0	3.0	0.0	5.0	3.5	20.0	3.0	0.0	0.0	45.0
Marzo	17.0	10.0	10.5	0.0	0.0	72.0	0.0	4.0	5.0	57.0
Abril	19.0	5.0	5.0	8.5	0.0	93.0	0.0	0.0	1.0	35.0
Mayo	105.0	39.0	39.0	76.0	36.0	65.0	1.0	3.0	50.0	41.0
Junio	44.0	91.0	91.0	47.5	31.0	123.0	134.0	81.0	90.0	48.0
Julio	57.0	41.0	41.0	66.0	80.0	106.0	14.0	31.0	31.0	115.0
Agosto	37.0	54.0	54.0	111.0	37.0	26.0	97.0	67.0	172.0	121.0
Septiembre	68.0	55.0	55.0	102.0	55.5	75.0	13.0	27.0	18.0	128.0
Octubre	29.0	45.5	45.5	28.5	15.4	60.0	25.0	73.0	61.0	30.0
Noviembre	58.0	14.0	14.0	9.0	10.0	64.0	7.0	0.0	33.0	28.0
Diciembre	18.0	19.0	19.0	36.0	4.0	12.0	0.0	0.0	15.0	0.0
<b>Anual</b>	<b>701.0</b>	<b>381.5</b>	<b>428.0</b>	<b>502.0</b>	<b>272.4</b>	<b>738.0</b>	<b>294.0</b>	<b>286.0</b>	<b>476.0</b>	<b>648.0</b>

Temperaturas (°C)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Enero	9.8	10.4	9.3	10.5	10.0	8.8	11.3	11.2	12.0	10.3
Febrero	9.8	11.9	11.9	11.7	11.3	11.1	8.7	13.9	14.2	12.7
Marzo	12.8	12.3	14.3	13.5	12.0	13.2	13.1	13.2	15.7	12.3
Abril	13.1	14.8	16.0	15.1	19.7	12.9	16.0	18.5	17.1	17.1
Mayo	15.0	16.7	17.8	18.8	19.1	15.8	19.2	18.1	18.3	16.7
Junio	17.0	18.0	17.5	17.6	17.7	17.3	19.8	18.9	18.2	16.7
Julio	15.7	17.9	17.6	17.5	18.4	16.9	18.1	17.6	17.2	17.7
Agosto	15.6	17.4	16.8	17.1	17.0	17.4	17.9	17.6	16.7	17.9
Septiembre	12.7	16.2	15.8	16.5	17.4	15.1	16.4	16.8	16.5	16.3
Octubre	14.6	14.8	15.1	13.3	15.4	14.2	16.3	14.5	15.3	14.4
Noviembre	10.9	13.1	14.5	13.0	11.7	12.6	14.7	11.4	13.6	11.9
Diciembre	10.7	10.7	11.4	10.8	10.2	8.0	11.9	10.1	9.4	
<b>Promedio</b>	<b>13.1</b>	<b>14.5</b>	<b>14.9</b>	<b>14.6</b>	<b>15</b>	<b>13.6</b>	<b>15.3</b>	<b>15.2</b>	<b>15.16</b>	<b>14.9</b>

A 3. Programas de SAS versión 6.12, para realizar el análisis de las variables evaluadas de la prueba de progenie de *Pinus greggii*, en el CAESA, Arteaga, Coah.

1. Programa de SAS versión 6.12, para evaluar la sobrevivencia

```
options ps=60 ls=80 pageno=1; data sobre; infile 'c:\Mis documentos\ruben vela moya\sobre.dat';
input fam $ rep sobre sobtran; totsqrt=sqrt(sobre); ltove=log(sobre); l10tove=log10(sobre); proc sort;
by fam rep; proc means noprint; by fam rep; var sobre sobtran; output out=menas11 mean=sobre
sobtran stderr=stdsobre; data; set menas11; proc sort data=menas11; by fam; proc means n min max
mean var stderr cv; by fam; var sobre sobtran; run;
if fam=31 and rep=3 and arbol=1 then delete; else if fam=31 and rep=3 and arbol=3 then delete;
else if fam=34 and rep=4 and arbol=2 then delete; else if fam=15 and rep=2 and arbol=3 then
delete; else if fam=44 and rep=3 and arbol=2 then delete; else if fam=17 and rep=4 and arbol=1
then delete; else if fam=41 and rep=2 and arbol=2 then delete; run;
proc print data=menas; by fam; var rep sobre sobtran; run;
*proc sort data=menas; by fam; *proc means n min max mean var stderr cv data=menas;* by fam; *
var cotefi toverti; *run;
```

2. Programa de SAS versión 6.12, para evaluar la altura total, el diámetro normal y el Número de verticilos a partir del DAP.

```
options ps=60 ls=80 pageno=1; data proge; infile 'c:\Mis documentos\ruben vela moya\altudiam.dat';
input fam $ rep arbol altu diam toverti totconos pocosano pocodana; diamme=diam/100;
cotefi=altu/diamme; tovesqrt=sqrt(toverti); ltove=log(toverti); l10tove=log10(toverti); *proc plot; *
plot altu*diam='*' / hpos=60 vpos=40; * plot totconos *fam='*' / hpos=60 vpos=40; *run;
proc sort; by fam rep arbol; proc means noprint; by fam rep; var altu diam cotefi toverti tovesqrt ltove
l10tove; output out=menas n=no_arb mean=altu diam cotefi toverti tovesqrt ltove l10tove cv=cvalu
cvdiam cvcotefi cvtoverti; run;
data; set menas; *proc sort data=menas; * by fam rep; *proc print data=menas; * by fam; *id rep; *
var no_arb altu diam cotefi toverti cvalu cvdiam cvcotefi cvtoverti; *run; *proc sort data=menas; by
fam; *proc means noprint data=menas; * by fam; * var altu diam; *output out=menas2 mean=altu
diam stderr=stdaltu stddiam; *data; *set menas2; *proc print; *run;
proc glm data=menas; class fam; model altu diam = fam; run;
means fam / tukey lines; output out=resid1 r=resid rstudent=r_stu; proc plot; plot resid*fam='*' /
hpos=60 vpos=40 vref=0; plot r_stu*fam='*' / hpos=60 vpos=40 vref=2 0 -2; proc sort
data=resid1; by fam resid r_stu; proc print; by fam; var resid r_stu; run;
proc glm data=menas; class fam; model altu = fam; run;
proc glm data=menas; class fam; model diam = fam; run;
proc print data=menas2; by fam; var rep altu diam varaltu vardiam stealu stediame cvalu cvdiam; run;
proc anova data=menas2; class fam; model altu diam = fam;
proc glm data=menas; class fam; model l10tove = fam; means fam / tukey lines; output out=resid1
r=resid rstudent=r_stu; proc plot; plot resid*fam='*' / hpos=60 vpos=40 vref=0; plot
r_stu*fam='*' / hpos=60 vpos=40 vref=2 0 -2; proc sort data=resid1; by fam resid r_stu; proc print;
by fam; var resid r_stu; run;
```

3. Programa de SAS versión 6.12, para evaluar el número de conos total, el porcentaje de conos dañados y el porcentaje de conos sanos.

```
options ps=60 ls=80 pageno=1; data proge; infile 'c:\Mis documentos\ruben vela moya\conos.dat';
input fam $ rep arbol altu diam toverti totconos pocosano cosatran pocodana codatran;
diamme=diam/100; cotefi=altu/diam; cosasqrt=sqrt(pocosano); lcosa=log(pocosano);
l10totco=log10(totconos); if fam=31 and rep=3 and arbol=1 then delete; else if fam=31 and rep=3
and arbol=3 then delete; else if fam=34 and rep=4 and arbol=2 then delete; else if fam=15 and
rep=2 and arbol=3 then delete; else if fam=44 and rep=3 and arbol=2 then delete; else if fam=17
```

```

and rep=4 and arbol=1 then delete; else if fam=41 and rep=2 and arbol=2 then delete; *proc plot; *
plot altu*diam='*' / hpos=60 vpos=40; * plot totconos*fam='*' / hpos=60 vpos=40; *run;
proc sort; by fam rep arbol; proc means noprint; by fam rep; var totconos l10totco; ourput out=menas5
sum=sumtotco sul10toc; *proc sort; * by fam rep; *proc print; * by fam; * id rep; * var sumtotco; *
sum sumtotco;*run;
proc sort data=menas5; by fam; proc means noprint data=menas5; by fam; var sumtotco sul10toc;
output out=menas6 mean=sumtotco sul10toc min=mintoco minl10to max=maxtoco maxl10to
var=vartoco varl10to std=stdtoco stdl10to stderr=stdetoco stde10co cv=cvtoco cv10co n=rep; data;
set menas6; proc means n min max mean var std stderr cv data=menas6; var sumtotco sul10toc; run;
proc sort data=menas6; by fam; proc print data=menas6; id fam; var rep mintoco maxtoco sumtotco
vartoco stdtoco stdetoco cvtoco minl10to maxl10to sul10toc varl10to stdl10to stde10co cv10co; run;
proc glm; class fam; model sumtotco sul10toc = fam; run;
proc means norprint; by fam rep; var toverti totconos pocosano; output out=menas1 n=no_arb
mean=toverti totconos pocosano var=vartover vartotco vapocosa; data;
set menas1; proc rank data=menas1; proc anova data=menas1; class fam; model vartotco= fam; run;
proc sort data=menas1; by fam rep; proc means noprint data=menas1; by fam; var vartotco toverti
totconos pocosano; output out=menas22 n=rep mean=toverti totconos pocosano stderr=stdtover
stdtocon stdpocsa; data; set menas22; proc print; run;
proc sort data=menas2; by fam; proc means n min max mean var stderr cv data=menas2; var altu
diam; run;
proc print data=menas1; by fam; id rep; var no_arb totconos pocosano; run;
*proc sort data=menas; *proc means n min max mean var stderr cv data=menas; * var totconos
pocosano; *proc sort data=menas; by fam; *proc means n min max mean var stderr cv data=menas; *
by fam; * var totconos pocosano; *run;
proc glm data=menas; title3 'conos sanos log10'; class fam; model l10cosa = fam; means fam / tukey
lines; output out=resid1 r=resid rstudent=r_stu; proc plot; plot resid*fam='*' / hpos=60 vpos=40
vref=0; plot r_stu*fam='*' / hpos=60 vpos=40 vref=2 0 -2; *proc sort data=resid1; * by fam resid
r_stu; *proc print; * by fam; * var resid r_stu; run;

```

4. Programa de SAS versión 6.12, para evaluar el número, ángulo de inclinación y diámetro de las ramas de los primeros cuatro verticilos a partir del DAP.

```

options ps=59; data v1; infile'a:vert1.dat'; input fam $ rep arb vert nr; if fam='T' then fam=100;
*proc print data=v1; *proc univariate normal plot data=v1; * var nr; *proc plot data=v1; * plot
vert*nr /hpos=40 vpos=40; proc sort data=v1; by fam rep arb; proc means noprint data=v1; by fam
rep arb; var nr; output out=mv1 mean=mnr; *proc print data=mv1; proc sort data=mv1; by fam rep;
proc means noprint data=mv1; by fam rep; var mnr; output out=mv2 mean=m2nr; *proc print
data=mv2; proc sort data=mv2; by fam rep; proc means noprint data=mv2; by fam; var m2nr; output
out=uno n=no_arb min=minr max=manr mean=menr var=vanr stderr=stnr cv=cvnr; *proc print
data=uno; proc sort data=uno; by fam rep; proc means noprint data=uno; var menr; output out=dos
n=no_arb min=minr max=manr mean=menr var=vanr stderr=stnr cv=cvnr; *proc print data=dos;
*proc glm data=mv2;* class fam;* model m2nr = fam; * means fam /tukey lines; *proc varcomp
method=type1 data=v1; * class fam arb vert;* model nr= fam arb(fam) vert(arb fam); run;

```

```

options ps=59; data r; infile'a:ramas2.dat'; input fam $ rep arb vert nr diam ang; if fam='T' then
fam=100; if ang < 30 then delete; if ang > 95 then delete; dt1=diam**0.5; at1=ang**2; *proc print
data=r; *proc univariate normal plot data=r; * var diam dt1 ang at1; *proc reg; * model ang=diam;
*output out=resid4 residual=resid rstudent=rstu; *proc plot data=resid4; *plot resid*diam='*' /
hpos=60 vpos=40 vref=0; * plot rstu*diam='*' / hpos=60 vpos=40 vref=2 0 -2; *run;
*proc sort; *by resid; *proc print; * var fam arb rep vert nr ang diam resid rstu; *run;
*proc sort; * by fam; *proc print; *by fam; *var arb vert nr diam ang *run;
*proc plot data=r; * plot diam*ang /hpos=40 vpos=40; *proc sort data=r; * by fam rep arb vert;
*proc means noprint data=r; * by fam rep arb vert; * var diam ang; * output out=mr max=madiam
maang min=midiam miang; **proc print data=mr; * var fam rep arb vert madiam midiam maang

```

```

miang; procsort data=r; by fam rep arb vert; proc means noprint data=r; by fam rep arb vert; var diam
dt1 ang at1; output out=mr mean=mdiam mdt1 mang mat1; *proc print data=mr; proc sort data=mr;
by fam rep arb; proc means noprint data=mr; by fam rep arb; var mdiam mdt1 mang mat1; output
out=m2r mean=m2diam m2dt1 m2ang m2at1; *proc print data=m2r; proc sort data=m2r by fam rep;
proc means noprint data=m2r; by fam rep; var m2diam m2dt1 m2ang m2at1; output out=m3r
mean=m3diam m3dt1 m3ang m3at1; *proc print data=m3r; *proc sort data=m3r;* by m3ang; *proc
print data=m3r;* var m3diam fam rep m3ang; *data m3rn; *set m3r; *if m3diam>2.1 then delete; *if
m3ang<56 then delete; *proc univariate normal plot data=m3rn; * var m3diam m3dt1 m3ang m3at1;
*proc glm data=m3r;* class fam; * model m3diam m3dt1 m3ang m3at1 = fam; * means fam /tukey
lines; *proc varcomp method=type1 data=r; * class fam arb vert nr; * model diam dt1 ang at1 = fam
arb(fam) vert(arb fam) nr(vert arb fam); proc sort data=m3r; by fam rep; proc means noprint
data=m3r; by fam; var m3diam m3ang; output out=uno min=midiam miang max=midiam maang
mean=midiam meang var=vdiam vaang stderr=stdiam stang cv=cvdiam cvang; *proc print
data=uno; proc sort data=uno; by fam rep; proc means noprint data=uno; var midiam meang; output
out=dos min=midiam miang max=midiam maang mean=midiam meang var=vdiam vaang
stderr=stdiam stang cv=cvdiam cvang; *proc print data=dos; run;

```