

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA



**Prueba de Progenie de *Pinus greggii* Engelm.
en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.**

P o r :

JOSE ANTONIO SERRATO CORTEZ

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de :**

INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Enero del 2000**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm., en el predio Los
Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.**

TESIS

Que como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

Presenta:

JOSE ANTONIO SERRATO CORTEZ

APROBADA

Presidente del jurado

**Coordinador de la División
de Agronomía**

Ing. Eduardo Aldrete Menchaca

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Enero del 2000**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm., en el predio Los
Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coahuila.**

TESIS:

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador,
como requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

Que presenta:

JOSE ANTONIO SERRATO CORTEZ

APROBADA

**Ing. Eduardo Aldrete Menchaca
Presidente del Jurado**

**M.C. Salvador Valencia Manzo
Primer sinodal**

**Ing. Celestino Flores López
Segundo sinodal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Enero del 2000**

DEDICATORIA

A mi madre:

Zenaida Cortez Orozco

Que me ha enseñado que con Responsabilidad,
Honradez y Dedicación se puede salir adelante.....
Gracias

A mis hermanos:

Felipe, Rafael, Clementina, Francisca, Ma. Dolores y
Leonor, en especial a Rafael por que el señor le de fuerzas
y fé para salir adelante de su enfermedad. ... Así sea.

Por todo su apoyo incondicional y por formar
parte de algo que es muy importante en una
familia..... la UNION FAMILIAR.

A mis cuñados: Angélica, León, Antonio, Froylan y Pablo,
por la gran felicidad que le han dado a mis hermanos.

A mis sobrinos: Angeles, Berta, Maritza, Luisa, Adhy,
Diana, Nancy y Francisco.

Por que sean una esperanza en el futuro.

A la memoria de mis tíos:

Blandina Cortez Orozco †
Efren Cortez Orozco †
Guadalupe Serrato León †

A toda la Familia Cortez y amigos.

AGRADECIMIENTO

A DIOS todo poderoso que medio la existencia.

A la UAAAN por todo el apoyo brindado para poder tener una profesión.

Al Lic. Armando Cortés de la Fuente, quien proporciono el terrero para que se realizará el establecimiento de las dos pruebas de progenie (Predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.).

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo por establecer la hipótesis y el objetivo de las pruebas de progenie.

Al Ing. Eduardo Aldrete Menchaca, Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo y Julian Charles por la producción de la planta en el vivero y el establecimiento de las dos pruebas de progenie de las cuales se tomaron los datos que permitieron realizar el presente trabajo.

Al Ing. Eduardo Aldrete Menchaca, por la valiosa asesoría y contribuciones hechas al presente trabajo.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo por su apoyo brindado en el manejo estadístico y contribuciones al presente trabajo.

Al Ing. Celestino Flores López por formar parte del comité revisor.

A los Ingenieros del Departamento de Forestal por su enseñanza compartida para la formación de nuestras carreras, en especial al Ing. José Antonio Ramírez Díaz, por su amistad como maestro y amigo.

A Oscar, Víctor y Pedro por el apoyo brindado en la toma de datos.

A Mequeas González Zárate por su amistad y como compañero de la Generación LXXXVII de Ingenieros Agrónomos Forestales.

A los compañeros de cuarto: Oscar, Oswaldo e Ivan con quienes compartí parte de mi vida en mi formación profesional.

A los compañeros de la primera sección de Tronco Común: J. Guadalupe, Filiberto, Mirna, Antonio, Fernando, Francisco, San Juanita, Fabiola, Daniel, Heriberto, Yanina, Albertino, Emidio, Ernesto.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su amistad incondicional y que ayudaron a terminar el presente trabajo.

YO SOY EL CALOR DE TU HOGAR EN LAS NOCHES DE INVIERNO, LARGAS Y FRÍAS.

YO SOY LA SOMBRA AMIGA QUE TE PROTEGE CONTRA EL SOL DEL ESTÍO.

MIS FRUTOS SACIAN TU HAMBRE Y CALMAN TU SED.

SOY LA VIGA QUE SOPORTA EL TECHO DE TU CASA.

SOY LAS TABLAS DE TU MESA, LA CAMA EN QUE DESCANSAS.

SOY EL MANGO DE TUS HERRAMIENTAS, LA PUERTA DE TU CASA.

CUANDO NACES, TENGO MADERA PARA TU CUNA, CUANDO MUERES TE ACOMPAÑO AL SENO DE LA TIERRA.

Si me amas como lo merezco, defiéndeme contra los insensatos.

LEYENDA EN UN ARCO EN LEÓN, GUANAJUATO.

INDICE DE CONTENIDO

	7
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	
2.1 Fuentes de variación.	4
2.1.1 Mutación.	5
2.1.2 Flujo génico.	6
2.1.3 Selección.	6
2.1.4 Deriva génica.	7
2.1.5 Variación individual.	7
2.1.6 Variación genética dentro del árbol.	8
2.1.7 Variación aditiva y no aditiva.	9
2.2 Mejoramiento genético forestal.	10
2.3 Selección individual y prueba de progenie.	11
2.3.1 Selección individual.	11
2.3.2 Características deseadas para la selección.	13
2.3.3 Prueba de progenie.	14
2.3.4 Ensayos de especies.	17
2.3.5 Ensayos de procedencias.	20
2.4 <i>Pinus greggii</i>	22
2.4.1 Descripción.	22
2.4.2 Distribución.	24
2.4.3 Autoecología.	24
III MATERIALES Y METODOS	
3.1 Descripción del área experimental.	26
3.2 Proceso experimental.	28
3.2.1 Descripción de los tratamientos y forma de plantación. ...	28
3.2.2 Diseño experimental.	29

	8
3.3 Materiales.	32
3.4 Manejo de la plantación.	33
3.5 Variables por evaluar.	33
3.6 Procedimiento estadístico.	34
3.6.1 Modelo.	34
3.6.2 Análisis estadístico.	35
IV RESULTADOS Y DISCUSION	
4.1 Supervivencia.	36
4.2 Altura y diámetro inicial.	37
4.2.1 Altura inicial.	37
4.2.2 Diámetro inicial.	41
4.2.3 Volumen inicial.	44
4.3 Altura y diámetro final.	47
4.3.1 Altura final.	47
4.3.2 Diámetro final.	47
4.4 Incremento en altura y diámetro.	48
V CONCLUSIONES	53
VI RECOMENDACIONES	55
VII RESUMEN	57
VIII LITERATURA CITADA	59
IX APENDICE	63

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable altura inicial, de las familias probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.. (Ensayo No. 1 y 2).. 40
- Cuadro 2.** Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable diámetro inicial, de las familias probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. (Ensayo No. 1 y 2)... 43
- Cuadro 3.** Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable volumen inicial, de las familias probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. (Ensayo No. 1 y 2). . 46

INDICE DE FIGURAS

Páginas

Figura 1. Distribución en el terreno de las 18 familias y el testigo, ensayo No. 1, de la progenie de <i>Pinus greggii</i> en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..	30
Figura 2. Distribución en el terreno de las 17 familias, ensayo No. 2, de la progenie de <i>Pinus greggii</i> en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..	31
Figura 3. Ensayo No. 1. Supervivencia de las 18 familias y el testigo probados en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. (26 de febrero de 1994 al 21 de marzo de 1999).	38
Figura 4. Ensayo No. 2. Supervivencia de las 14 familias, probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. (7 de julio de 1994 al 13 de junio de 1999).	38
Figura 5. Altura inicial de las familias probadas de <i>Pinus greggii</i> , en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..	41
Figura 6. Diámetro inicial de las familias probadas de <i>Pinus greggii</i> , en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga Coah..	44
Figura 7. Incremento en altura de 18 familias y el testigo probados de <i>Pinus greggii</i> , en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..	49
Figura 8. Incremento en diámetro de las 18 familias y el testigo probados de <i>Pinus greggii</i> , en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..	49
Figura 9. Incremento en altura de las 14 familias probadas de <i>Pinus greggii</i> , en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..	51
Figura 10. Incremento en diámetro de las 14 familias probadas de <i>Pinus greggii</i> , en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..	52

I INTRODUCCION

En México, existen alrededor de 141.7 millones de ha de bosques, selvas y áreas con vegetación natural, de las cuales, 55 millones corresponden a bosques y selvas, mismas que representan más del 25% del territorio nacional. Uno de los problemas ambientales graves de estas áreas arboladas es la deforestación y la degradación de los suelos, esto repercute en los procesos productivos y socioeconómicos, presentándose tasas de deforestación a nivel nacional que varían desde 370 mil a 1.5 millones de ha/año, para la década de los ochenta; algunas de las causas dominantes del proceso de deforestación son: la tala clandestina y los incendios, principalmente los provocados por el hombre para aumentar la producción de pastos para la ganadería (SARH, 1994).

Algunas de las medidas que se han estado aplicando para recuperar estas áreas desprovistas de vegetación, consisten en el establecimiento de plantaciones forestales con especies que se adapten y desarrollen adecuadamente bajo las condiciones del sitio donde sean establecidas. Por lo cual es también muy importante hacer una selección cuidadosa de los árboles con el propósito de producir una población homogénea, produciendo lo mejor del bosque, para dar un manejo adecuado a los recursos (suelo, semillas y mano de obra).

Las pruebas de progenies son la mejor forma de evaluar el valor genético de los progenitores seleccionados y es mediante el cultivo de su progenie que es posible estimar los valores parentales de cruzamiento. Lo que permite distinguir entre los progenitores, la superioridad fenotípica que pudo haber resultado de crecer en un buen ambiente y de aquellos que son superiores debido a que tienen un buen genotipo. Si los progenitores que están siendo probados, ya han sido establecidos en huertos semilleros para producción, los que resulten ser genéticamente inferiores son eliminados del huerto mediante aclareo genético (Zobel y Talbert, 1988).

El fin de los ensayos de progenie consiste en estimar tanto el valor genético de un individuo con base en el comportamiento de su descendencia, como el valor genético de individuos medios hermanos o hermanos completos (Quijada, 1980).

Con el *Pinus greggii* Engelm., se han realizado diversos trabajos de investigación, en los cuales se han obtenido buenos resultados en México y en otros países y considerando los numerosos productos y beneficios que de esta especie se pueden obtener, representa un verdadero potencial para las plantaciones forestales, ya sea con fines de la recuperación de áreas degradadas, para protección o para propósitos comerciales (Dvorak y Donahue, 1992; Vargas, 1985).

De acuerdo con lo anterior, en la evaluación inicial de los ensayos de prueba de progenie de *Pinus greggii*, establecidos en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah., se plantea el siguiente objetivo:

Determinar si existen o no diferencias en sobrevivencia, en los incrementos en diámetro basal y altura total, entre las progenies y el testigo.

La hipótesis nula de la prueba es:

Ho : No hay diferencias en la sobrevivencia y en los incrementos en altura total y diámetro basal entre la progenie de los árboles maternos y el testigo de *Pinus greggii*.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Fuentes de variación

La evolución constituye un cambio en la composición genética de las poblaciones, la cual causa modificaciones de distintos tipos en los organismos y las variadas fuerzas en interacciones participantes traen como consecuencia una diversidad de la vida en las poblaciones y en las especies, propiciando que exista un patrón de variación, en forma de diferencias individuales en la mayoría de las especies y poblaciones (Mettler y Gregg, 1982).

La variabilidad genética de los árboles en los rodales naturales se debe a cuatro grandes fuerzas, dos que aumentan la variación y dos que la disminuyen. Las que actúan para aumentar la variación son la mutación y el flujo génico, las que la disminuyen son la selección natural y la deriva génica (Zobel y Talbert, 1988).

Al nivel de poblaciones dentro de las especies, las causas de la variación natural son: la mutación, la recombinación genética, la hibridación, el flujo genético, la selección natural y la deriva génica (Mettler y Gregg, 1982).

La variación natural es la materia prima del mejoramiento genético forestal, sin variación en la adaptabilidad a las condiciones ambientales, en la velocidad de crecimiento, en las características de la madera o en la resistencia

a plagas y enfermedades, no sería posible producir genotipos con crecimiento rápido, resistentes a plagas y enfermedades y bien adaptados a las condiciones ambientales (Nienstaedt, 1990).

2.1.1 Mutación

Una mutación es un cambio heredable en la constitución genética de un organismo, por lo común, a nivel de gene; dado que la constitución genética total del árbol (su genotipo), está determinada por la acción e interacción de miles de combinaciones génicas, las mutaciones ocurren con bastante frecuencia en cualquier punto de un organismo, pero esto suele ocurrir para cualquier gene específico o complejo génico, o bien para una característica dada de un árbol. La posibilidad que un gen mute se ha estimado de entre 1:10000 a 1:100000 divisiones individuales de genes (Barret, 1980; Zobel y Talbert, 1988; Jara, 1995).

Las mutaciones son la primera fuente de toda variación genética, en tanto que la mayor parte de las mutaciones por lo general son dañinas, ellas siguen siendo parte vital del proceso evolutivo porque proveen la materia prima sobre la cual pueden actuar la selección natural y la artificial (Daniel *et al.*, 1982).

2.1.2 Flujo génico

Dentro de una población existe otra fuerza que aumenta la variación que se conoce como flujo génico; que es la migración de alelos de una población o especie hacia otra, donde puede faltar o estar con frecuencia distinta. El flujo génico se debe a varias causas, pero la más común es el movimiento del polen o de las semillas (Zobel y Talbert, 1988; Jara, 1995). La velocidad de migración depende de la distancia y dirección de la dispersión del polen y las semillas, lo que depende de la especie y de la población (Jara, 1995).

2.1.3 Selección

La selección natural es una fuerza importante que suele reducir la variabilidad puesto que determina que árboles crecerán y se reproducirán, tiene un efecto adicional (no al azar) sobre la constitución genética de los árboles de una población. La selección natural favorece al más apto; es decir, a aquellos árboles que poseen combinaciones genéticas que los hacen estar mejor adaptados para crecer y reproducirse en un determinado ambiente (Zobel y Talbert, 1988).

Cuando una especie crece en una gran variedad de ambientes, la selección natural favorece el desarrollo de diferentes genotipos adaptados a distintos ambientes (Jara, 1995).

2.1.4 Deriva génica

La deriva génica es un mecanismo complejo que opera a través de fluctuaciones aleatorias (no fluctuaciones causadas por presiones de selección) en la frecuencia de los alelos de una población. Es esencialmente un fenómeno de muestreo, en el que las frecuencias génicas de las poblaciones de progenie se desvían al azar de las encontradas en las poblaciones parentales. Dichas poblaciones casi siempre son pequeñas y muestran una tendencia hacia la fijación o pérdida de un alelo que afecta a una característica. Así, la deriva génica tiende a reducir la variación al fijar o hacer que se pierdan los alelos (Zobel y Talbert, 1988).

2.1.5 Variación individual

La variación genética se define como las diferencias existentes (morfológicas, anatómicas y/o fisiológicas) entre individuos de la misma especie, que son transmitidas de generación en generación y que están determinadas por la influencia de los factores hereditarios genéticos y ambientales (Hocker, 1984; Jara, 1995; Padilla, 1987).

Toda la variación observada en los rodales silvestres ha ocurrido como resultado de las fuerzas naturales. El forestal la puede utilizar si éste es capaz de reconocerla y agruparla en árboles individuales en forma de genotipos mejorados. La fuente de toda variabilidad son las mutaciones, pero también actúan otras grandes fuerzas para aumentar o disminuir la variación dentro de un rodal. Además de la variabilidad encontrada en los rodales naturales, el hombre puede participar y ayudar a desarrollar una nueva variabilidad o unir a los genotipos para crear combinaciones genéticas nuevas y útiles (Zobel y Talbert, 1988).

2.1.6 Variación genética dentro del árbol

Todas las diferencias entre los árboles son producto de diferencias genéticas que contiene el árbol, de los ambientes en los cuales crecen y de interacciones existentes entre los genotipos y los ambientes; por lo tanto se distinguen dos tipos de variación, la genética y la ambiental (Zobel y Talbert, 1988).

Los factores internos y ambientales controlan la variación, el factor interno (genotipo) tiene los genes que determinan las propiedades hereditarias de un individuo. El fenotipo, por otro lado, es el tipo árbol en cuanto a las características externas, apreciables directamente por nuestros sentidos.

Los factores ambientales tienen un valor selectivo y determinan los genotipos que sobreviven y la expresión fenotípica del genotipo (Nienstaedt, 1990).

La variación entre los árboles también puede deberse a las diferencias ambientales, la variación ambiental puede controlarse y manipularse en algunos factores ambientales, pero con otros es imposible hacerlo. Sin embargo, las fuerzas ambientales son la causa más importante de la variabilidad en algunas características, especialmente las relacionadas con el crecimiento. La forma del árbol y la calidad de la madera pueden ser afectadas notablemente por las diferencias ambientales, pero comúnmente las características de calidad tienden a ser ampliamente heredables y menos afectadas por el ambiente (Zobel y Talbert, 1988).

2.1.7 Variación aditiva y no aditiva

La variación genética se debe a la información genética y está compuesta de variación aditiva y variación no aditiva; la variación aditiva es causada por los efectos acumulativos de los alelos en todos los loci que determinan una característica. La mayoría de las características de importancia económica de los árboles forestales están bajo un control genético aditivo, esto constituye una ventaja, ya que la variación aditiva puede utilizarse eficazmente

en sistemas de selección simple, tales como aquellos que son muy convenientes para programas de mejoramiento genético; las características de la madera, rectitud del fuste y otras características cualitativas tienen variación aditiva (Nienstaedt, 1990; Zobel y Talbert, 1988).

La variación genética no aditiva se divide en dos tipos: la variación por dominancia que es causada por la interacción de los alelos específicos dentro de los loci; y la variación por epistasis que es causada por la interacción entre los loci (Zobel y Talbert, 1988). Sólo se puede aprovechar la variación no aditiva en ramas de producción más especializadas en las que impliquen cruces específicas o en los que se utilicen la propagación vegetativa para la producción de material de plantaciones (Nienstaedt, 1990; Zobel y Talbert, 1988).

2.2 Mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal comprende todas aquellas actividades dirigidas a producir árboles genéticamente más deseables, incluyendo el cruce controlado de individuos con características superiores. Por medio de la selección se busca utilizar los mejores genotipos que se han desarrollado en la naturaleza (Jara, 1995). La meta de un programa de mejoramiento es aumentar la frecuencia de los mejores genotipos y/o producir nuevos genotipos con mejores combinaciones de genes. Los niveles de variación comúnmente

empleados por los genetistas forestales para poder llegar a ese 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).

El mejoramiento de árboles forestales no es más que uno de los instrumentos disponibles para el manejo forestal y no puede considerarse aisladamente (William, 1980). La variación genética es la base del mejoramiento forestal, mientras que algunas especies muestran gran variación otras son muy uniformes. Entre más grande sea la variación genética mayor es la ganancia probable que se obtiene de la selección. El desarrollo de un programa de mejoramiento con una especie muy uniforme más allá del nivel de procedencias puede ser de poca utilidad (Pedersen *et al.*, 1993).

2.3 Selección individual y prueba de progenie

2.3.1 Selección individual

Las técnicas empleadas en el mejoramiento genético forestal para encontrar y seleccionar árboles superiores dependen de los tipos de rodales en los cuales se haga la selección. La determinación de las mejores técnicas de selección depende de varios factores; las características de la especie, la

historia de ésta, la situación actual del bosque, la variabilidad y el patrón de las características importantes (Zobel y Talbert, 1988; Barner *et al.*, 1992).

Los sistemas más comúnmente empleados para la selección de árboles superiores son: a) Sistema de selección por comparación, b) Sistema de selección por regresión, c) Sistema de selección del árbol madre y d) Sistema de selección indirecta. Por lo general todos éstos tienen la misma base de selección, ya que siempre se busca el mejor árbol fenotipo de la especie o familia de interés, y de las características heredables de interés económico (Zobel y Talbert, 1988; Plancarte, 1990).

Cuando no existe la urgencia inmediata de obtener grandes cantidades de semillas mejoradas, el sistema de selección del árbol madre puede ser el mejor. Este consiste en la localización de lo “buenos” árboles, debe obtenerse la semilla de ellos y establecer las plántulas en pruebas genéticas, pueden utilizarse ya sea los mejores árboles progenitores o los mejores de las mejores familias en un huerto vegetativo, si el desarrollo es conveniente; la prueba de progenie puede refinarse para crear un huerto semillero de plántulas o bien injertarse las mejores madres para un huerto clonal. El sistema de árbol madre puede también dar buenos resultados en rodales altamente explotados, donde se cuenta con pocos fenotipos buenos. Este método se ha utilizado mucho en latifoliadas; también puede ser el mejor método en el caso de características

como la resistencia a las enfermedades, la cual sólo puede determinarse a través de pruebas (Zobel y Talbert, 1988; Plancarte, 1990).

2.3.2 Características deseadas para la selección

Existen dos factores de importancia fundamental en el desarrollo de un esquema de evaluación para seleccionar árboles superiores. Primero, la característica bajo estudio debe estar por lo menos bajo un control genético moderadamente fuerte. Segundo, la característica debe de tener un valor económico considerable. Sin importar la magnitud de cualquiera de estos factores, una característica es de poco uso en un programa de selección cuando el control genético o el valor económico son demasiado bajos (Zobel y Talbert, 1988; Plancarte, 1990).

El valor numérico asignado a cada característica en el proceso de evaluación de un árbol se determina comparando la heredabilidad de la característica con su valor económico (Zobel y Talbert, 1988).

La selección de las especies y la procedencia correcta es una decisión vital en cualquier programa de plantaciones o de mejoramiento genético. Normalmente los rasgos deseados en un árbol son: rectitud del fuste, peso específico de la madera, resistencia a plagas y enfermedades (de alta heredabilidad) y, otros de menor heredabilidad como: poda natural,

conformación de la copa, diámetro, ángulo de inserción de las ramas y volumen, aunque éste no es clave en la selección. Las características por seleccionar dependerán de la especie, del producto deseado y de los objetivos del programa (Galera *et al.*, 1997; Jara, 1995; Plancarte, 1990; Zobel y Talbert, 1988).

2.3.3 Prueba de progenie

Los árboles producidos a partir de la semilla de un árbol se conoce como progenie. En ocasiones, la prueba de los propágulos vegetativos de un determinado donador se conoce como prueba de progenie, pero se denomina por lo común prueba clonal. Las pruebas de progenie se utilizan para determinar el valor genético de los árboles progenitores (Zobel y Talbert, 1988; Clausen, 1990).

La prueba de progenie es un paso obligado para el establecimiento de huertos semilleros, a su vez columna vertebral de la producción de semilla genéticamente mejorada, necesaria para el establecimiento de plantaciones comerciales en gran escala (Clausen, 1990; Saénz y Plancarte, 1991) y proporcionan la base para la selección en huertos ya establecidos (Squillace, 1970).

Zobel y Talbert (1988) y Clausen (1990) mencionan que los objetivos de las pruebas genéticas son diversos, dependiendo de la fase en la que se encuentre el programa de mejoramiento genético. Entre los más comunes se tienen los siguientes:

- a) Para seleccionar los mejores progenitores por la calidad de su descendencia (prueba de progenie) y/o para ponderar los padres del huerto semillero, de acuerdo con su mejor aptitud combinatoria general.
- b) Para estimar los componentes de la varianza genética y otros parámetros afines, por ejemplo; heredabilidad, ganancia genética y correlaciones genéticas, entre otros.
- c) Para constituir la base genética en las próximas generaciones de selección, es decir, suministra material de genealogía conocida para selecciones futuras.
- d) Para realizar el aclareo genético de un huerto semillero, con base en el valor genético de los clones o las familias.
- e) Para estimar la interacción genotipo x ambiente al establecer múltiples repeticiones en el tiempo y en el espacio.

El tipo de progenie, entre otras cosas; determina la cantidad de información que pueden aportar los ensayos. Los principales tipos de progenie son los siguientes:

- a) semifratrias son aquellas progenies con un padre conocido en común (el árbol madre); son características de polinización libre, en cuyo caso el grado exacto de endogamia no es conocido.
- b) fratrias son aquellas progenies con ambos padres conocidos en común y sólo puede lograrse mediante la polinización dirigida (Quijada, 1980; Zobel y Talbert, 1988).

Las pruebas de pro genie pueden ser establecidas antes, al mismo tiempo, o después del establecimiento de los huertos semilleros, y tan pronto como las características que han de mejorarse puedan evaluarse con seguridad, los huertos pueden depurarse (Squillace, 1970).

Hernández (1995) al realizar una prueba de pro genie de *Pinus greggii* Engelm., en el C.A.E.S.A. Arteaga, Coah., establecida los días 8 y 9 de julio de 1992, utilizando 22 árboles selectos procedentes del Ejido Los Lirios, Arteaga, Coah., y el testigo procedente de La Colorada, Arteaga, Coah., encontró diferencias estadísticas en altura y diámetro inicial. A pesar de las difíciles condiciones prevalecientes en el área donde se estableció el ensayo, a los dos años de establecida la plantación todas las familias tuvieron un alto porcentaje de sobrevivencia, mismo que varió del 89.09 al 100%, no presentándose diferencias entre ellas. Tanto en el incremento en altura como en el diámetro, no se encontraron diferencias entre las familias y el testigo, los árboles

incrementaron su altura en un 161.19% y en diámetro un 321.43%. En la variable altura final no se presentaron diferencias estadísticas, entre las familias y el testigo.

2.3.4 Ensayos de especies

La selección de especies puede pasar por una serie de etapas que eventualmente finalizarán en la selección de una cuantas procedencias de unas cuantas pocas especies, apropiadas para los propósitos de plantación y bien adaptadas a las condiciones ambientales del área en cuestión, las etapas son: a) ensayos de eliminación de especies; la cual consiste en probar una gran cantidad de especies (20 a 40), en parcelas pequeñas en pocos sitios y por un corto período de tiempo; para evaluar la sobrevivencia y el crecimiento inicial, normalmente se prueban pocas procedencias (2 a 3) de cada especie, b) ensayos de especies (fase de crecimiento); en estos ensayos se prueba un número reducido de especies promisorias (5 a 10), se usan parcelas más grandes y mayores períodos de evaluación, se usa un mayor número de procedencias (3 a 5) por especie, en especial en especies de amplia variación y distribución natural y c) fase de validación, plantación piloto; en esta se confirma la superioridad de las especies seleccionadas en la etapa anterior, bajo condiciones normales de plantación. Dadas las grandes y evidentes diferencias visibles que existen entre especies en la naturaleza, generalmente se acepta

que la selección de las especies es la más importante de cualquier programa de plantación o de mejoramiento genético (Pedersen *et al.*, 1993).

Darrow y Coetzee (1983) al realizar un estudio en Sudáfrica con seis especies del género *Pinus* procedentes de México, entre las cuales se incluía al *Pinus greggii*, encontraron que éste resultó más tolerante a las heladas, y se adaptó más fácilmente a las condiciones frías, además de mostrar una mayor resistencia al pulgón algodonoso del pino.

Al realizarse en México un estudio sobre la resistencia a sequía en las plántulas de cuatro especies del género *Pinus*, se encontró que el *Pinus greggii* mostró la mayor supervivencia, al ser comparada con *P. leiophylla*, *P. montezumae* y *P. patula* (Vargas y Muñoz, 1988).

En un experimento realizado en la India por Ghosh *et al.* (1981), comprendiendo nueve ensayos de *P. caribaea*, seis de *P. patula*, dos de *P. kessiya*, tres de *P. roxburghii*, uno de *P. greggii*, uno de *P. pseudostrobus*, uno de *P. leiophylla* y uno de *P. glabra*. Reportan que a los tres años de estudio, el *P. greggii* de México resultó la especie que arrojó los mayores incrementos en diámetro y altura, seguida por *P. patula* de Nueva Zelanda.

En un ensayo de adaptación de cinco especies del género *Pinus*, bajo cuatro tratamientos a la vegetación en la Sierra de Arteaga, Coah., a los 18

meses de establecida la plantación se encontró para *Pinus greggii* una alta sobrevivencia (96.67%), los más altos incrementos absolutos en la altura (11.186 cm), junto con *P. arizonica* y *P. hartwegii*, en combinación con los tratamientos manual, químico y manual más químico. El *Pinus greggii* mostró además los mayores incrementos absolutos en diámetro. Los valores del cociente altura-diámetro fueron mayores en la combinación testigo con *P. pseudostrobus*, siendo estadísticamente igual a las otras combinaciones de dicha especie y a la combinación (químico + manual) del testigo con *Pinus greggii* (López, 1993).

En la evaluación de la sobrevivencia y el crecimiento de cinco especies de *Pinus*, establecidas en un sitio devastado por un incendio hace 20 años y bajo cuatro diferentes tratamientos a la vegetación secundaria en Arteaga, Coah., después de cuatro años de establecida la plantación se encontró que el *Pinus greggii* destacó, entre las especies evaluadas con el más alto incremento absoluto en altura (77.11 cm). Respecto a la variable sobrevivencia, destacan *P. ayacahuite*, *P. hartwegii* y *P. greggii* en comparación con *P. arizonica* y *P. pseudostrobus*. Comprobando lo anterior de *P. greggii* su rusticidad, rápido crecimiento, durante los primeros años de establecimiento y buena adaptación a sitios alterados (Sámano, 1995).

2.3.5 Ensayos de procedencias

El término procedencia denota el área geográfica original de la cual se obtiene la semilla de los árboles u otros propágulos (Padilla, 1987; Zobel y Talbert, 1988).

La procedencia es el lugar o lugares donde se encuentra un rodal de árboles, el término es aplicable a las semillas que son recolectadas allí y a las plántulas obtenidas por su germinación; las especies con amplia distribución geográfica ofrecen una diversidad de procedencias y de variación genética; así mismo las especies de distribución discontinua presentan gran variación debido a que casi no intercambian material genético entre sus procedencias (Daniel *et al.*, 1982).

Cuando se cuenta con la información relativa a la fuente, es necesario determinar la confiabilidad y disponibilidad de la fuente de semilla deseada; una procedencia confiable sería aquella que produjera una rotación adecuada con una probabilidad del 90%, más que una cosecha sobresaliente en el 50% de los casos. Una procedencia disponible es aquella a partir de la cual la semilla se obtiene fácil y económicamente siempre que se desee (Zobel y Talbert, 1988).

Un ensayo de procedencias implica la recolección de muchas procedencias y de la identificación de las fuentes adecuadas de semillas para las necesidades de reforestación, haciéndolas crecer dentro de una cierta variedad de localidades experimentales, para determinar cuál de ellas es la mejor para cada localidad específica, varias pruebas de procedencias demuestran que es necesario tener cuidado al pasar la semilla de un lugar de origen a otro (Daniel *et al.*, 1982; Nienstaed, 1991).

Valencia *et al.* (1993) establecieron un ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* en dos localidades; se colectaron individualmente 20 árboles de cada una de 6 localidades donde crece *Pinus greggii*; Los Lirios, Coah.; Molango, El Pinalito y El Piñón, Hgo.; La Parada y El Madroño, Qro. Con la planta producida se establecieron dos ensayos con nueve familias por procedencia, en Lomas de San Juan, Chapingo y en Metepec ambos del Estado de México. Los resultados obtenidos para la primera localidad, arrojaron diferencias significativas para las variables evaluadas de altura y diámetro.

Los promedios en altura total entre procedencias fueron desde 56.9 cm para Los Lirios, hasta 147.7 cm para El Piñón, con una diferencia del 160% de crecimiento entre estas procedencias. En el diámetro, los valores extremos fueron para las mismas procedencias, con 3.2 y 1.3 cm, con una diferencia de 146% entre ellas y con una correlación entre altura y diámetro de 0.89; mostrando la procedencia de Los Lirios buena resistencia a sequía. Llegando

los autores a la conclusión de que el *Pinus greggii* presenta alta variación genética entre sus poblaciones. Para la localidad de Metepec, el comportamiento de las procedencias fue muy similar al de Lomas de San Juan.

Ornelas (1997) al evaluar a cuatro años siete meses de su establecimiento, un estudio de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. (Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.; Los Lirios, Arteaga, Coah., y Cuauhtémoc, Saltillo, Coah.) en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah., encontró que se registró buena e igual sobrevivencia promedio para las tres procedencias (68.60 %); en alturas y diámetros iniciales se encontraron diferencias, siendo superior la procedencia Cañón de Jamé que las procedencias de Los Lirios y de Cuauhtémoc. En los incrementos totales en altura y diámetro no se encontraron diferencias entre las tres procedencias probadas; en la altura final se encontraron diferencias, siendo mayores las procedencias Cañón de Jamé y Cuauhtémoc que la de Los Lirios.

2.4 *Pinus greggii*

2.4.1 Descripción

Es un árbol de 10 a 15 metros de altura, con la corteza lisa y grisácea cuando joven, y obscura y áspera después; ramillas flexibles de color rojizo con tinte grisáceo.

El follaje es rígido y suele vestir toda la ramilla, las hojas se presentan en grupos de tres, miden en su mayoría de 7 a 14.5 cm; son ásperas y derechas, anchamente triangulares, de color verde claro brillantes; de bordes aserrados, tiene dos haces vasculares aproximados, pero distintos, y los conductos resiníferos son medios y en número de dos a cuatro, el hipodermo es uniforme y las paredes exteriores de las células del endodermo no son engrosadas, notándose estomas en las tres caras; tiene vainas persistentes y miden alrededor de 14 mm, pero las vainas viejas con frecuencia se desgarran y caen. Los conillos son laterales y pedunculares, morenos, de anchas escamas, provistas de puntas triangulares y extendidas; los conos son fuertes y tenazmente persistentes, duros, sésiles, oblongo-cónicos, oblicuos, algo encorvados de color ocre, lustrosos, colocados generalmente por pares o en grupos de 5 a 8 (excepcionalmente más), miden de 10 a 11 y en ocasiones hasta 15 cm y por su aspecto generalmente guardan semejanza con los del *Pinus patula*; se abren en diferentes épocas del año; la semilla es oval, de 6 a 7 mm con ala de unos 20 mm de largo por 7 mm de ancho, la madera es ligera y en muchos casos fofo, de color blanco, ligeramente amarillento. Se asemeja al *Pinus patula* principalmente por sus conos, pero se distinguen por sus hojas, que son cortas, derechas y más gruesas, en tanto que las del *P. patula* son largas, muy delgadas y caídas (Martínez, 1948).

2.4.2 Distribución

La zona de distribución del *P. greggii* comprende los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Querétaro (Martínez, 1948), y Veracruz (Perry, 1991). Es una especie que se encuentra restringida en manchones de la Sierra Madre Oriental del centro y Norte de México, se puede localizar entre las coordenadas 20° 00' a 25° 30' Latitud Norte y 97° 40' a 101° 20' de Longitud Oeste (Martínez, 1948; Perry, 1991).

2.4.3 Autoecología

El *Pinus greggii* Engelm., por lo general forma rodales puros en Las Placetas, Nuevo León, El Madroño, Querétaro y Coahuila; se le puede encontrar asociada con otras especies tales como: *Pinus patula*, *P. teocote*, *P. cembroides*, *P. pseudostrobus var. apulcensis*, *P. arizonica*, *Pseudotsuga spp*, *Juniperus spp*, *Cupressus spp*, *Quercus spp*, *Platanus spp* y *Liquidambar styraciflua*. Estas asociaciones se pueden encontrar en Xochicoatlán, El Piñón, Molango, Hidalgo, en Puebla y localidades del Norte de México, localizándose en laderas y cañadas semiabiertas con exposiciones SW y SE. Se encuentra en elevaciones que van desde los 1250 a 2700 m.s.n.m., pero solamente se le encuentra en el centro de México y formando rodales puros de los 1200 a 2250 m.s.n.m.; las poblaciones del Norte crecen en sitios normalmente secos, con

una precipitación anual de 400 a 600 mm, con heladas frecuentes de diciembre a febrero; la temperatura media anual del área donde se distribuye el *P. greggii*, es de 16.8 °C, con extremas máximas de 45 °C y mínimas de -9 °C, siendo los meses más cálidos de marzo a junio y los más fríos en invierno. Los suelos son normalmente pobres en materia orgánica, delgados, con textura de migajón-arenarcillosa, pedregosos, café-rojizos, ligeramente alcalinos de pH 7 a 8; las procedencias del centro de México ocurren en áreas de precipitación anual de 700 a 1600 mm, se encuentran en suelos ácidos de pH 4.0 a 5.0, con heladas relativamente raras (Martínez, 1948; Mirov, 1967; Eguiluz, 1978; Donahue, 1990; Dvorak y Donahue, 1992).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área experimental

El área experimental se localiza en el municipio de Arteaga, Coahuila, dentro del predio Los Tarihuanes del Cañón de Jamé; dicho predio se ubica en la Sierra Madre Oriental, a una distancia aproximada de 50 km de la ciudad de Saltillo, Coah.. El área está entre las coordenadas 25° 22' 13'' Latitud N y 100° 36' 22'' Longitud W, con una altitud aproximada de 2400 m.s.n.m. (CETENAL, 1977a).

De acuerdo con los datos registrados en la estación meteorológica No. 05-033, San Antonio de las Alazanas, La fórmula climática del área, es: Cb(x')(e')g, que corresponde a un clima templado; y de acuerdo a la estación meteorológica de Jamé, se registra una temperatura media anual de 12.9 °C, con una precipitación media anual de 428.6 mm; los meses en los que se registra mayor precipitación son de junio a septiembre y los meses de menor precipitación son de febrero a marzo, las temperaturas más altas se presentan en los meses de mayo a septiembre, mientras que las más bajas ocurren de diciembre a febrero (García, 1973; CONAGUA*, 1999; Mendoza, 1983).

*CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). Departamento de Hidrología Operativa. Registro de datos de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas de: Los Lirios, Jamé y San Antonio de las Alazanas (inédito).

La litología superficial del lugar la constituyen rocas de origen sedimentario (CETENAL, 1976). Los suelos predominantes son los feozem calcárico y las rendzinas asociadas con litosoles, con texturas de media a fina (CETENAL, 1977b).

El sitio de las plantaciones corresponde a una área dedicada anteriormente a la agricultura de temporal, y donde los principales cultivos eran: maíz, frijol, avena; además, de cultivarse frutales como el manzano y el durazno, la vegetación de la parte más alta de la sierra consiste en un bosque de *Pinus cembroides* y de *P. teocote* (DETENAL, 1979).

Las características de ubicación de cada uno de los experimentos son: el ensayo No. 1, se encuentra a una altitud aproximada de 2380 m.s.n.m., con una pendiente del 16%, con posición topográfica de ladera y una exposición marcadamente Sur; el ensayo No. 2, se encuentra a una altitud aproximada de 2390 m.s.n.m., con una pendiente media del terreno de 8 a 10%, con posición topográfica de ladera con terrazas y una exposición topográfica WSW.

3.2 Proceso experimental

3.2.1 Descripción de los tratamientos y forma de plantación

Las plantas utilizadas en la presente prueba fueron obtenidas mediante la propagación de las semillas de *Pinus greggii* del Proyecto de Investigación de la U.A.A.A.N. “Banco de germoplasma de árboles forestales del Norte de México”.

La propagación y el crecimiento de la planta se realizó en el vivero forestal del Departamento de Forestal de la U.A.A.A.N., el sistema de producción de la planta fue el tradicional usando envase de polietileno negro.

La fecha de plantación de la prueba, para el ensayo No. 1, fueron los días 27 y 28 de enero de 1994 y para el ensayo No. 2, el 12 de marzo de 1994.

La edad de la planta en el momento de la plantación para el caso del ensayo No. 1, de la progenie de los 18 árboles maternos fue de 40 a 42 meses y la del testigo era aproximadamente de 48 meses; y para el caso del ensayo No. 2, de la progenie de los 17 árboles maternos fue de 43 a 45 meses. La cepa para colocar la planta se abrió con pico y pala, se plantaron un total de 359 plantas para el ensayo No. 1, y para el ensayo No. 2, se plantaron un total

de 281 plantas, la distribución se hizo al tres bolillo con 3 m de espaciamiento y plantadas en cepa común para ambos experimentos.

3.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en el ensayo No. 1, es el de bloques al azar con cuatro bloques colocados perpendicularmente respecto de la pendiente; con cuatro plantas por parcela 15 árboles maternos y el testigo, con 3 plantas por parcela de un árbol materno y con 2 plantas por parcela de 2 árboles maternos en cada bloque como unidades experimentales (siendo 283 plantas útiles en total y 76 plantas de borde) (Figura 1); para el ensayo No. 2, también se utilizó el diseño de bloques al azar, con tres bloques colocados perpendicularmente respecto de la pendiente; con 9 plantas por 1 árbol materno y 7 plantas por 1 árbol materno en tres bloques; con 8 plantas de 1 árbol materno y 6 plantas de 1 árbol materno en dos bloques; con 4 plantas de 1 árbol materno y 2 plantas de 1 árbol materno en un bloque y finalmente, con 4 plantas de 11 árboles maternos en tres bloques como unidades experimentales (siendo 168 plantas útiles en total y 113 plantas de borde) (Figura 2).

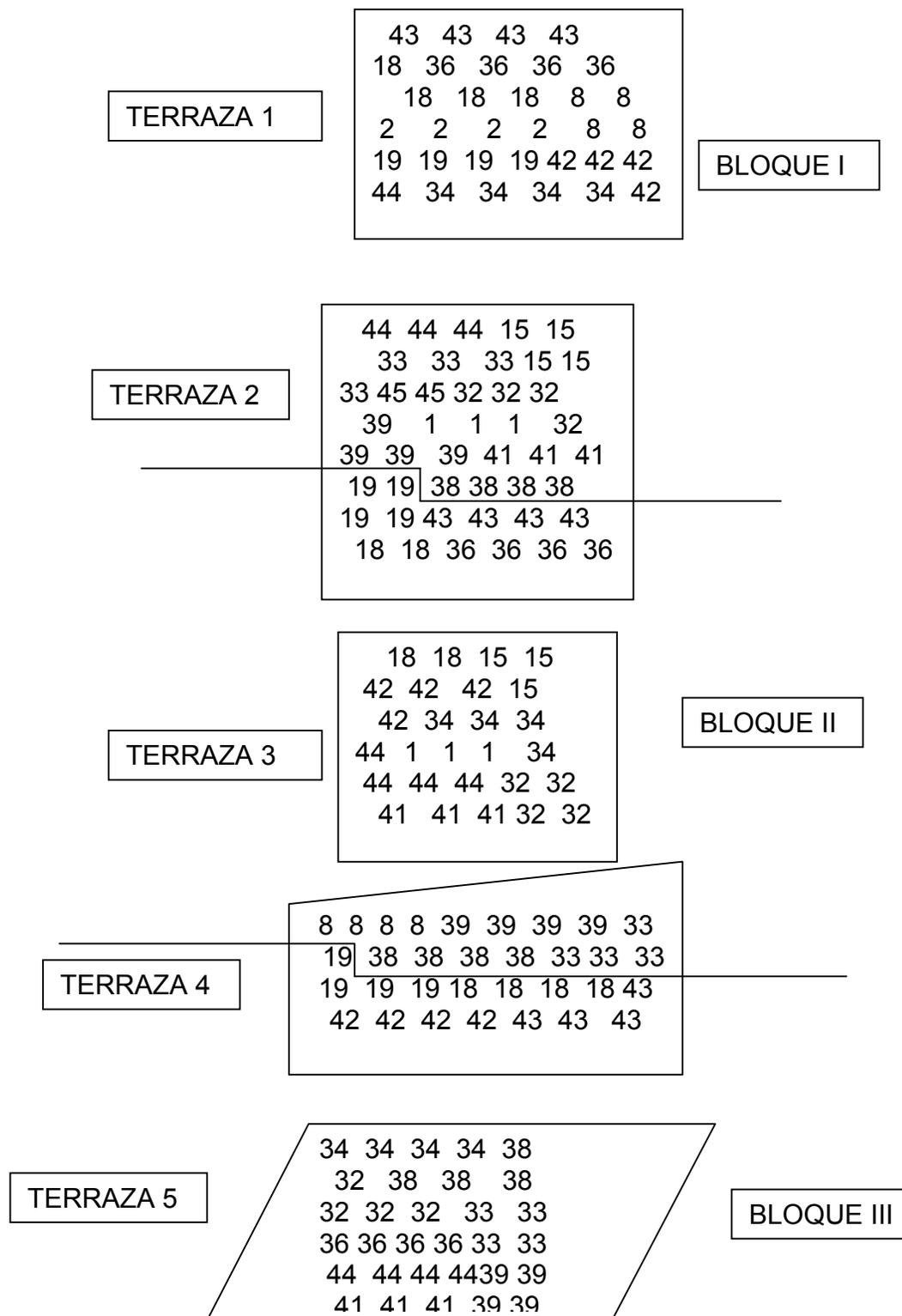
X X	
X 34 34 34 34 13 13 13 13 17 17 43 43 43 43 32 32 32 32 18 18 18 18 9 9 X	BLOQUE
X 8 8 8 8 41 41 41 41 21 21 21 21 T T T T 33 33 33 33 31 31 31 X	I
X 19 19 19 19 36 36 36 36 42 42 42 42 38 38 38 38 39 39 39 39 44 44 44 44 X	
X 34 34 9 9 21 21 21 21 T T T T 8 8 8 8 13 13 13 13 18 18 18 18 X	BLOQUE
X 34 34 38 38 38 38 17 17 41 41 41 41 19 19 19 19 36 36 36 36 31 31 31 32 X	II
X 39 39 39 39 44 44 44 44 33 33 33 33 42 42 42 42 43 43 43 43 32 32 32 X	
X T T T T 41 41 41 41 36 36 36 36 39 39 39 39 17 17 9 9 8 8 8 8 X	
X 34 34 34 34 31 31 31 13 13 13 13 32 32 32 32 38 38 38 38 18 18 18 18 X	BLOQUE
X 33 33 33 33 42 42 42 42 19 19 19 19 21 21 21 21 44 44 44 44 43 43 43 X	III
X 32 9 9 8 8 8 8 33 33 33 33 41 41 41 41 17 17 39 39 39 39 43 X	
X 32 32 32 18 18 18 18 13 13 13 13 34 34 34 34 36 36 36 36 21 21 21 X	
X X 42 42 31 31 43 43 43 43 44 44 44 44 38 38 38 38 T T T T 21 X X	BLOQUE
X 42 42 19 19 19 19 X X X X X X X X X X X X X X X X X X	IV
X X X X X X X X	

No = familia

T = Testigo

X = Planta de borde

Figura 1. Distribución en el terreno de las 18 familias y el testigo, en el ensayo No. 1, de la progenie de *Pinus greggii* en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..



No : Familia

Figura 2. Distribución de las 17 familias del ensayo No. 2, de la progenie de *Pinus greggii* en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..

3.3 Materiales

Los materiales empleados en la realización del presente trabajo, son los siguientes:

Arbolitos de *Pinus greggii* procedentes del Ejido Los Lirios, Arteaga, Coah., y el testigo procedente del Rincón del Molino, Cerro El Viejo, Bella Unión, Coah. La ubicación y características del sitio donde se recolectó la semilla fue en el Ejido Los Lirios, en el Cañón de Los Lirios, Arteaga, Coah., del tramo de terracería entre Los Lirios y San José de Boquillas, subiendo por la brecha del aserradero. Las coordenadas son 25° 21' 07" Latitud N y 100° 27' 49" Longitud W; a una altitud de 2480 a 2540 m.s.n.m., con una exposición topográfica NE, N y NW; con una posición topográfica de laderas baja y media, con pendiente del 21%, la vegetación presente en el área de colecta consiste de un bosque mixto de *Pinus greggii*, *Pseudotsuga flahaulti*, *Abies vejarii*, *Pinus hartwegii*, *P. teocote* y *Cupressus arizonica*, y con elementos subarbóreos y arbustivos de *Quercus spp*, *Arbutus xalapensis*, *Garrya ovata* y *Ceanothus huichagorare*.

Las herramientas manuales empleadas en el establecimiento de la plantación fueron: cinta métrica, palas, picos, rejas de madera, regla de madera de 1 m, flexómetro y vernier o pie de rey.

3.4 Manejo de la plantación

Después de la plantación, el día 29 de enero de 1994, para el caso del ensayo No. 1, se aplicó un riego de trasplante; el 26 de febrero del mismo año se realizó la reposición de plantas y ese mismo día se realizó la medición inicial de altura y del diámetro basal y se aplicó un segundo riego. El 21 de marzo de 1999 se realizó la segunda medición.

Para el caso del ensayo No. 2, no se aplicó riego de trasplante y el 13 de junio del mismo año se realizó la reposición de planta y el 7 de julio del mismo año se realizó la medición inicial de altura y del diámetro basal. El 13 de junio de 1999 se realizó la segunda medición.

3.5 Variables por evaluar

En cada bloque se tiene en promedio de 19 a 21 familias y un total de 71 plantas útiles por bloque para el caso del ensayo No. 1; y para el ensayo No. 2 se tiene en promedio de 14 a 15 familias, y un promedio de 57 plantas útiles por bloque; la medición de la altura se realizó con un flexómetro o regla de madera, midiéndose desde la superficie del suelo a la yema apical, la medición del diámetro se hizo en la base de la planta midiendo el diámetro basal con un vernier o pie de rey.

Como una forma de incorporar de manera simultánea las variables altura y diámetro iniciales, se generó la variable volumen inicial, resultado de multiplicar el área basal (AB) por altura, ambos en cm, además de considerarlos también para los incrementos en altura y diámetro.

Las variables que se evaluaron en la progenie de la especie en estudio son:

- a) La sobrevivencia.
- b) Las alturas inicial y final.
- c) Los diámetros inicial y final.
- d) Volumen inicial.
- e) Los incrementos en altura y diámetro.

3.6 Procedimiento estadístico

3.6.1 Modelo

El modelo estadístico utilizado para el análisis de varianza de los dos ensayos corresponde a un diseño de bloques al azar:

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

Donde:

Y_{ij} = Observación de la i – ésima familia en el j – ésimo bloque.

μ = Efecto de la media poblacional.

τ_i = Efecto de la i – ésima familia.

β_j = Efecto del j – ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto del error experimental (Padrón, 1982).

3.6.2 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de las variables anteriormente referidas, luego en caso de encontrarse diferencias significativas o altamente significativas, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey, para el caso de sobrevivencia se transformo el dato (que es en por ciento) para poder realizar la prueba de comparación de medias de Tukey con el arc sen $\sqrt{\cdot}$ del valor transformado. Todo esto en el programa (Software) SAS (Statistical Analysis System) versión 6.04.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Sobrevivencia

En el análisis de varianza realizado para la variable sobrevivencia en ambos ensayos; no se encontraron diferencias estadísticas entre las familias. La sobrevivencia promedio de las familias probadas y el testigo de *Pinus greggii*, para el caso del ensayo No. 1, a los 5 años 2 meses de establecida la plantación, fue de 74.78%. Para el caso del ensayo No. 2, la sobrevivencia promedio de las familias probadas a los 5 años 5 meses de haberse establecido la plantación, fue de 56.31%. En otras plantaciones experimentales donde se ensayó con el *Pinus greggii*, éste mostró muy buena sobrevivencia; reportándose en el caso de López (1993) en la Sierra La Marta, un 96.67% de sobrevivencia (a los 18 meses); Sámano (1995) en la misma Sierra La Marta, obtuvo un 95 % de sobrevivencia (a los 4 años); Ornelas (1997) en Los Lirios (C.A.E.S.A.), reportó un 68.60% de sobrevivencia (a los 5 años, 7 meses) y Hernández (1995) en esta misma localidad reportó de un 89.09 a un 100% de sobrevivencia (a los 24 meses).

La comparativamente baja sobrevivencia de ambos ensayos se puede atribuir a varias razones; primero, 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) y

otros dos muy secos, 1996 y 1998 (con precipitación anual de 260.0 y 284.0 mm, respectivamente), mientras que en 1997 se registraron para la misma estación meteorológica, 632.0 mm de precipitación anual, lo cual es más o menos contrastante en comparación con la precipitación media anual para Jamé que es de 428.6 mm; segundo, tanto la exposición topográfica de los sitios de ambos ensayos (SW y WSW), como su altitud (2380 y 2390 m.s.n.m.), configuran un ambiente más xérico que el imperante en el sitio de colecta de los materiales de los que se propagaron las familias (con exposición topográfica marcadamente norte, NE, N y NW, y con altitud de 2480 a 2540 m.s.n.m.); tercero, algunas porciones de los terrenos de plantación mostraban baja cobertura de gramíneas y evidenciaban erosión superficial de tipo laminar, lo que seguramente se tradujo en una mayor escorrentía y menor infiltración del agua de precipitación (Figuras 3 y 4).

4.2 Altura y diámetro iniciales

4.2.1 Altura inicial

En el análisis de varianza realizado para la variable altura inicial, en los ensayos No. 1 y 2, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas $P \leq 0.0001$ (ver Apéndice), por lo que se procedió a efectuar la prueba de comparación de medias de Tukey para esta variable.

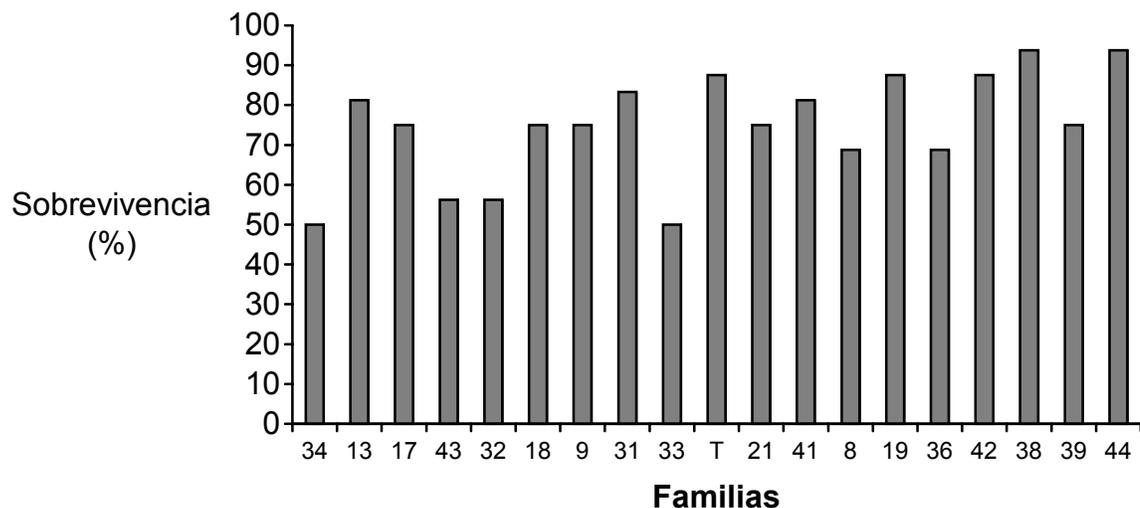


Figura 3. Ensayo No. 1. Sobrevivencia de las 18 familias y el testigo probados en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. (26 de febrero de 1994 al 21 de marzo de 1999).

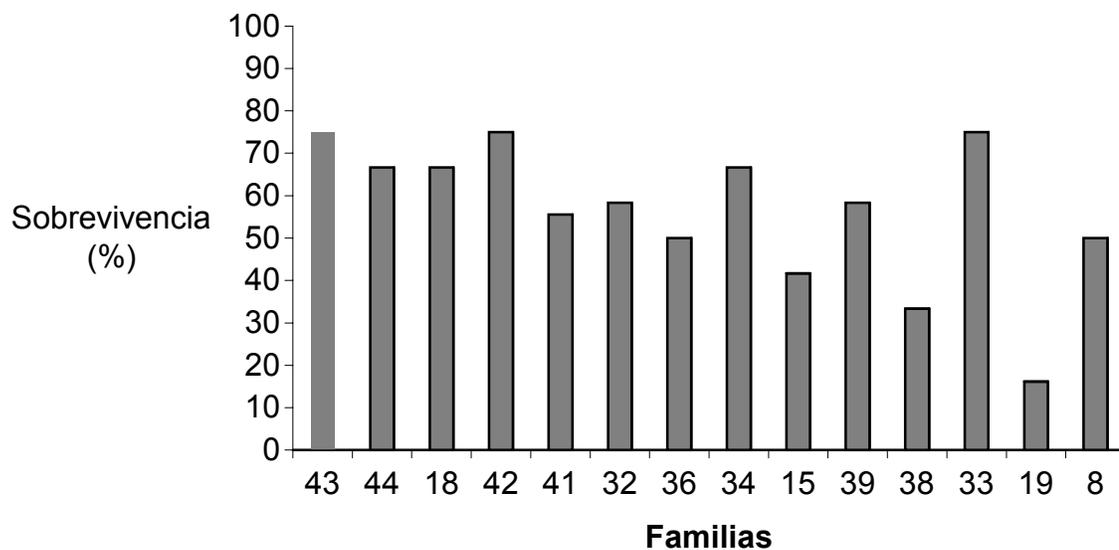


Figura 4. Ensayo No. 2. Sobrevivencia de las 14 familias probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. (7 de junio de 1994 al 13 de junio de 1999).

En el ensayo No. 1, las plantas de las familias 19 y 18, se encontraban con mayor e igual altura inicial, y la 18 con igual altura que la 32; pero las dos primeras resultaron con mayor altura inicial que las restantes 15 familias y el testigo (Cuadro 1). Las plantas de la familia 32 mostraron igual altura inicial que las plantas de las familias 8, 42, 36, 38, 33 y 9, pero mayores que las plantas de las familias 31, 13, 43, 17, 34, 39, 41, 44, el testigo y la 21. De manera similar las plantas de la familia 31 mostraron igual altura inicial que las plantas de las familias 13, 43, 17, 34, 39 y 41, pero mayor a las plantas de las familias 44, el testigo y la 21 (Cuadro 1 y Figura 5).

En el caso del ensayo No. 2, las plantas de las familias 19, 18, 32, 42 y 36 contaban con mayor e igual altura inicial, pero sólo mayor que las plantas de las familias 34 y 44 (Cuadro 1 y Figura 5).

Las diferencias reportadas en la altura inicial de las familias, son resultantes de la fase de vivero y permiten reconocer la variación existente entre ellas; de manera consistente en ambos ensayos, las familias 19, 18, y 32 contaban con plantas de mayor altura, mientras que las plantas de las familias 44 y 21, así como el testigo (T) resultaban ser las más bajas. Se considera que las condiciones más uniformes del vivero, sobre todo las referentes a la disponibilidad de agua y a las menores intensidad luminosa, temperatura y evapotranspiración; permitieron que se expresaran diferencias atribuibles a los genotipos.

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable altura inicial, de las familias probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.. (Ensayo No. 1 y 2).

Ensayo No. 1			Ensayo No. 2		
Familia	Media (cm)	Agrupación Tukey	Familia	Media (cm)	Agrupación Tukey
19	66.688	A	19	69.000	A
18	65.531	A B	18	68.250	A
32	55.750	B C	32	62.250	A B
8	53.688	C D	42	57.167	A B
42	50.781	C D E	36	53.000	A B C
36	49.281	C D E F	38	50.333	B C D
38	49.031	C D E F	39	50.083	B C D
33	47.594	C D E F G	33	50.000	B C D
9	46.250	C D E F G	8	47.625	B C D
31	44.208	D E F G H	43	46.583	B C D
13	44.031	D E F G H I	41	39.278	C D E
43	42.625	E F G H I	15	38.625	C D E
17	41.813	E F G H I J	34	35.583	D E
34	40.125	F G H I J K	44	25.333	E
39	38.250	G H I J K			
41	35.031	H I J K			
44	33.500	I J K			
T	31.344	J K			
21	30.906	K			

Misma letra son estadísticamente iguales

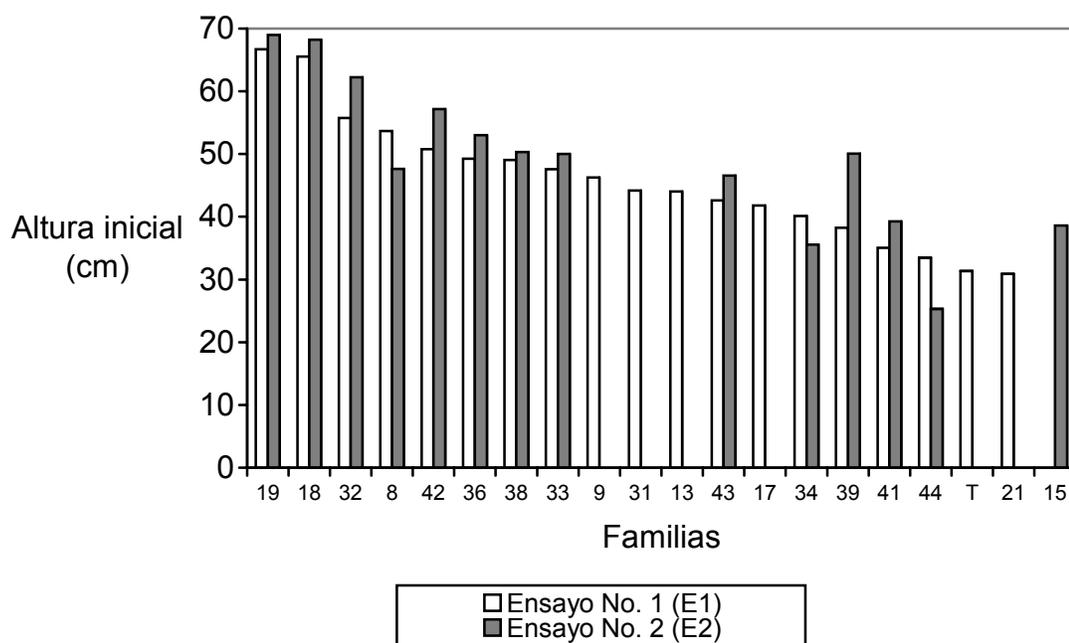


Figura 5. Altura inicial de las familias probadas de *Pinus greggii*, en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..

4.2.2 Diámetro inicial

En el análisis de varianza realizado para la variable diámetro inicial, en los ensayos No. 1 y 2, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas $P \leq 0.0001$ y $P \leq 0.0006$, respectivamente (ver Apéndice); por lo que se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para esta variable.

En el ensayo No. 1, se encontró que las plantas de las familias 19, 18, 8, 9, 32, 13 y 38; alcanzaron iguales diámetros iniciales (7.944 a 6.203 mm), pero

solamente mayores a los de las plantas de la familia 21 (3.978 mm)(Cuadro 2 y Figura 6).

Para el caso del ensayo No. 2, se encontró que sólo las plantas de la familia 18 tenían mayor diámetro inicial que las plantas de las familias 41, 15 y 44 (Cuadro 2 y Figura 6).

En relación con esta variable, destaca el hecho de que ocurriese una menor diferenciación o segregación entre las familias, lo que se puede atribuir a que es una característica menos variable que la altura, al menos en la etapa inicial; también a que las condiciones ambientales prevaletientes en el vivero, así como la fuerte densidad de las plantas en sus platabandas, promueven mayores crecimientos en altura de las plantas, pero menores en diámetro basal.

Al hacer la evaluación de la progenie de *Pinus greggii*, se observan diferencias entre las familias, mismas que se originan de las diferencias genéticas individuales de los árboles maternos seleccionados, de sus polinizadores y de la interacción genotipo ambiente. Dado a que ninguna de las diferencias en las variables altura y diámetro iniciales, pueden ser atribuidas a la edad de las familias y a diferencias ambientales.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable diámetro inicial, de las familias probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.. (Ensayo No. 1 y 2).

Ensayo No. 1			Ensayo No. 2		
Familia	Media (mm)	Agrupación Tukey	Familia	Media (mm)	Agrupación Tukey
19	7.944	A	18	8.874	A
18	7.862	A B	32	8.479	A B
8	7.316	A B C	8	8.400	A B
9	6.956	A B C D	43	8.283	A B
32	6.897	A B C D	42	7.996	A B
13	6.244	A B C D E	19	7.737	A B C
38	6.203	A B C D E	36	7.421	A B C
42	6.175	B C D E	39	7.317	A B C
44	6.047	C D E	38	6.783	A B C
31	5.771	C D E	33	6.762	A B C
17	5.644	C D E F	34	6.463	A B C
43	5.634	C D E F	41	5.806	B C
36	5.603	C D E F	15	5.731	B C
33	5.503	D E F	44	5.179	C
34	5.234	D E F			
41	4.872	E F			
T	4.847	E F			
39	4.659	E F			
21	3.978	F			

Misma letra son estadísticamente iguales

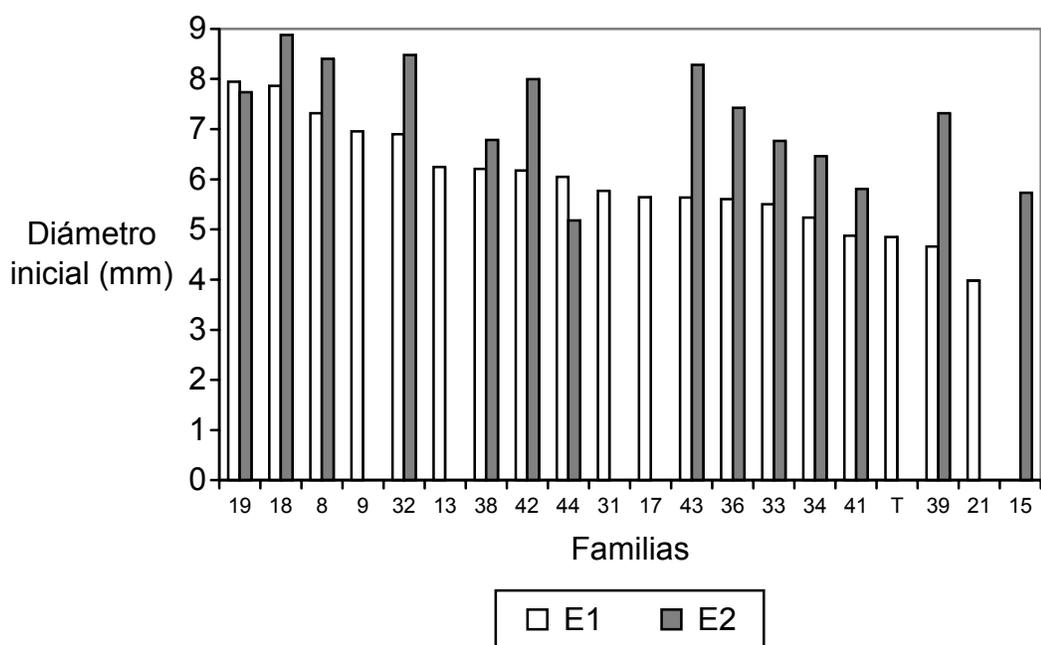


Figura 6. Diámetro inicial de las familias probadas de *Pinus greggii*, en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..

Cabe además destacar, que en la prueba de progenie de *Pinus greggii*, procedencia Los Lirios en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah., evaluada por Hernández (1995), encontró también estas diferencias entre las familias para las mismas variables.

4.2.3 Volumen inicial

El análisis de varianza realizado para la variable volumen inicial, en los ensayos No. 1 y 2, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas $P \leq 0.0001$ (Ver Apéndice); por lo que se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para esta variable.

En el ensayo No. 1, se encontró que las plantas de las familias 19, 18 y 8; alcanzaron iguales volúmenes iniciales, pero solamente mayores a las plantas de las familias 44, 43, 34, 39, 41, testigo (T) y 21 (Cuadro 3).

Para el caso del ensayo No. 2, se encontró que las plantas de las familias 18, 19, 32, 8, 42 y 43; alcanzaron iguales volúmenes iniciales, pero sólo mayor que las plantas de la familia 44 (Cuadro 3).

De manera similar a lo reportado para las variables altura y diámetro iniciales, la comparación de medias de Tukey arrojó mayor segregación entre las familias del ensayo No. 1, que para el caso del ensayo No. 2, otra cuestión por destacar sería, el que de manera consistente las plantas de las familias alcanzaron comparativamente mayor volumen inicial, para el caso del ensayo No. 2, que para el No. 1; lo anterior pudiera explicarse a la luz de las diferentes fechas de plantación de los ensayos (No. 1, enero de 1994 y No. 2, marzo de 1994) y de la medición inicial (No. 1, febrero de 1994 y No. 2, julio de 1994), por lo que se midieron las plantas, para el ensayo No. 1, en estado de latencia, y el ensayo No. 2, una vez reactivados sus crecimientos.

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable volumen inicial, de las familias probadas en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. (Ensayo No. 1 y 2).

Ensayo No. 1			Ensayo No. 2		
Familia	Media (cm ³)	Agrupación Tukey	Familia	Media (cm ³)	Agrupación Tukey
19	34.814	A	18	43.500	A
18	32.497	A B	19	36.773	A B
8	23.815	A B C	32	36.468	A B
32	21.081	B C D	8	32.309	A B C
9	18.885	B C D E	42	28.949	A B C
38	16.386	C D E F	43	26.059	A B C
42	16.109	C D E F	36	23.394	B C D
13	14.734	C D E F G	39	22.991	B C D
36	12.910	C D E F G	38	19.581	B C D
17	12.516	C D E F G	33	18.796	B C D
33	12.484	C D E F G	15	16.071	B C D
31	12.485	C D E F G	41	13.080	C D
44	11.747	D E F G	34	12.133	C D
43	11.593	D E F G	44	5.504	D
34	9.323	E F G			
39	7.188	F G			
41	7.105	F G			
T	5.940	F G			
21	4.357	G			

Misma letra son estadísticamente iguales

4.3 Altura y diámetro final

4.3.1 Altura final

El análisis de varianza realizado para la variable altura final, después de más de cinco años de establecidas ambas pruebas de progenie, no arrojó diferencias estadísticas entre las familias probadas (ver Apéndice).

Las familias probadas alcanzaron una altura final promedio de 133.193 cm para el ensayo No. 1, y de 170.615 cm para el ensayo No. 2.

4.3.2 Diámetro final

En el análisis de varianza realizado para la variable diámetro final, para ambos ensayos, no se encontraron diferencias estadísticas entre las familias probadas (ver Apéndice).

Las familias probadas alcanzaron un diámetro final, promedio de 32.933 mm para el ensayo No. 1, y de 33.487 mm para el ensayo No. 2.

El que no se manifestasen diferencias entre las familias en sus alturas y diámetros finales, una vez transcurridos los primeros cinco años después de su establecimiento, pudiera en parte atribuirse a que las condiciones secas y muy secas prevalecientes en cuatro de los cinco años, condicionaron menores incrementos y una alta mortalidad de las plantas, por lo que limitó el que se manifestasen las posibles diferencias genéticas entre las familias. Se destaca que en la prueba de progenie de *Pinus greggii*, procedencia Los Lirios, establecida en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah., y evaluada por Hernández (1995), tampoco encontró diferencias en alturas y diámetros finales después de dos años de su establecimiento.

4.4 Incremento en altura y diámetro

El análisis de varianza realizado para las variables incremento en altura y en diámetro, a más de cinco años de establecidas las pruebas de progenie, no arrojó diferencias estadísticas entre las familias probadas (ver Apéndice).

Las plantas de las familias y el testigo, probados en el ensayo No. 1; contaron con altura promedio inicial de 45.611 cm y final de 133.193 cm, incrementaron su altura durante el período de evaluación un total de 87.796 cm; mientras que el incremento promedio en diámetro resultó ser de 26.893 mm (Figuras 7 y 8).

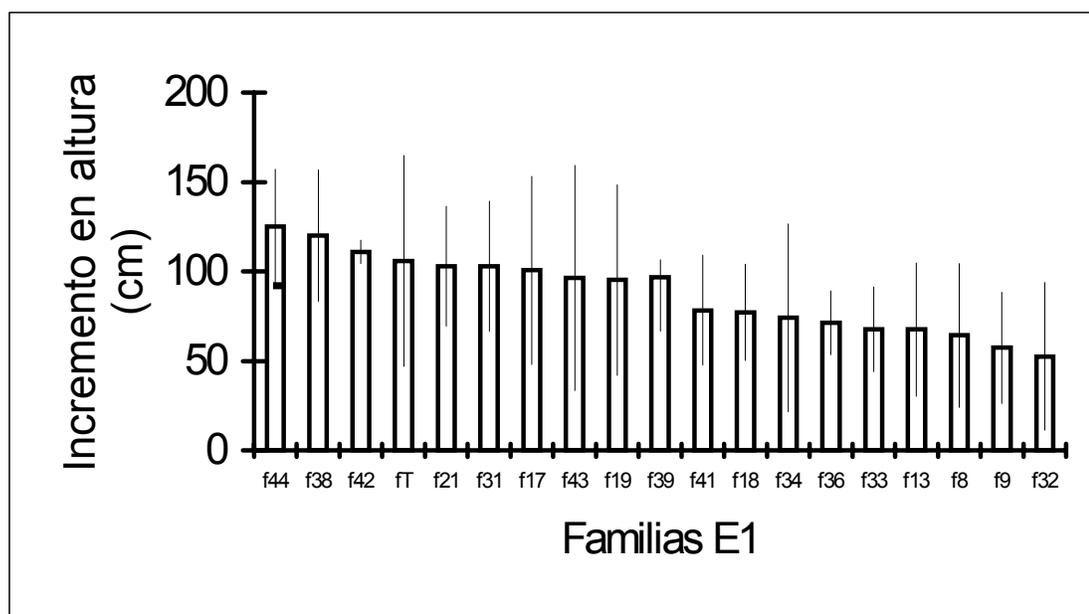


Figura 7. Incremento en altura de las 18 familias y el testigo probadas de *Pinus greggii*, en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..

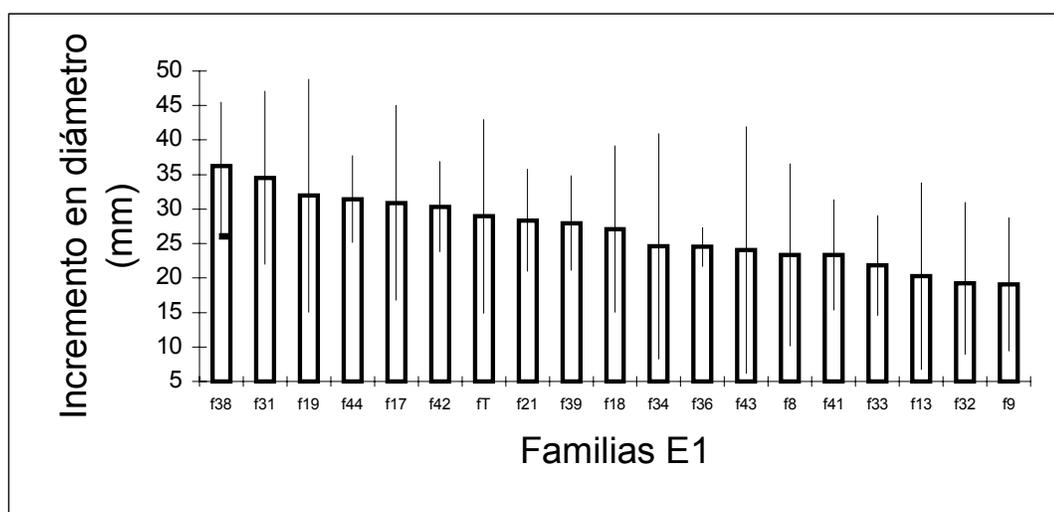


Figura 8. Incremento en diámetro de las 18 familias y el testigo probadas de *Pinus greggii*, en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..

Para el caso del ensayo No. 2; las plantas de las familias ensayadas tuvieron una altura promedio inicial de 49.827 cm y final de 170.615 cm, por lo que incrementaron su altura en promedio 121.518 cm; resultando además con 26.372 mm de incremento promedio en diámetro (Figuras 9 y 10).

La comparación de los incrementos promedio en altura (87.796 y 121.518 cm), muy bien pudiera entenderse a la luz de las diferencias fisiográficas y edáficas de los sitios de ambos ensayos; dado que el ensayo No. 1; se ubicó en una ladera, con pendiente de un 16%, con exposición topográfica SW, con un suelo somero y con poco desarrollo edafogenético y bajo contenido de materia orgánica; en cambio, para el caso del ensayo No. 2, se ubicó en unas terrazas, con pendientes menores del 5%, con exposición topográfica WSW, y donde los suelos son profundos, con un mayor desarrollo edafogenético y alto contenido de materia orgánica.

Comparativamente crecieron más que las progenies de *Pinus greggii* probadas por Hernández (1995) en Los Lirios, C.A.E.S.A., Arteaga, Coah., ya que en sus primeros dos años en el sitio de plantación, crecieron de 23.58 hasta 57.89 cm en altura y desde 8.644 hasta 18.464 mm en diámetro.

Las Figuras 7, 8, 9 y 10, son presentadas pese a que no se encontraron diferencias estadísticas en los incrementos en altura y diámetro entre las familias, esta presentación es con el fin de mostrar la variabilidad dentro de cada una de las familias analizadas, con laguna medida de dispersión en este caso la desviación estandar.

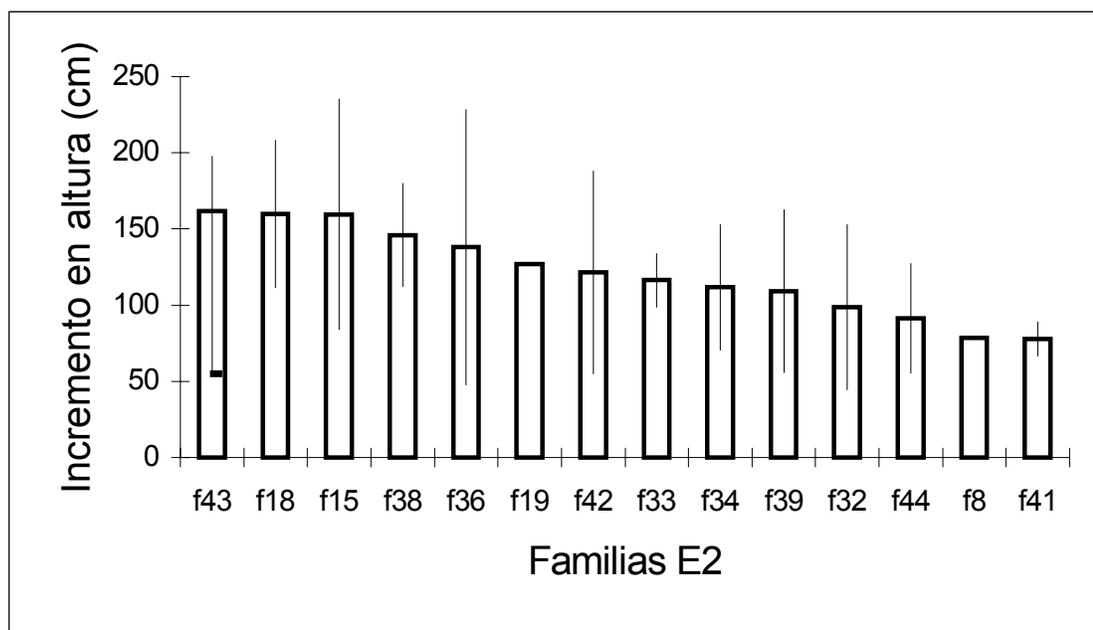


Figura 9. Incremento en altura de las 14 familias probadas de *Pinus greggii*, en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Artega, Coah..

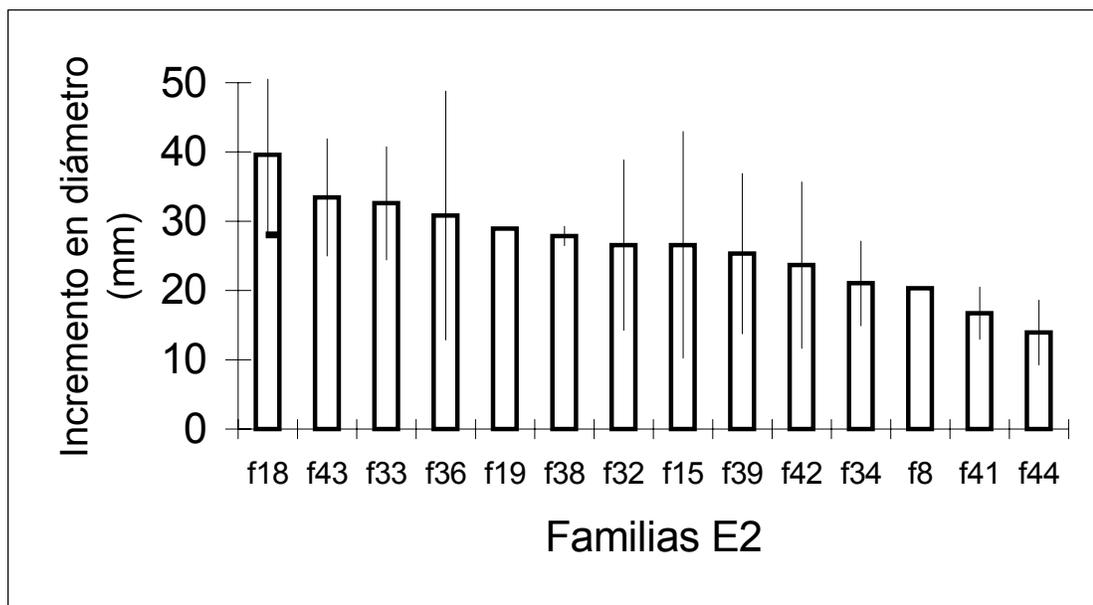


Figura 10. Incremento en diámetro de las 14 familias probadas de *Pinus greggii* en el predio Los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah..

V CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que:

- 1) Las familias de *Pinus greggii*, de procedencia Los Lirios y el testigo, evaluados en el predio Los Tarihuanes, Arteaga, Coah.; no mostraron diferencias estadísticas en la variable sobrevivencia.
- 2) Las prevalecientes condiciones de sequía en cuatro de los cinco años después de su establecimiento, condicionaron una relativamente baja sobrevivencia de las familias y el testigo; de 74.78% y 56.31%, para los ensayos No. 1 y 2, respectivamente.
- 3) Las condiciones más favorables y uniformes, prevalecientes en el vivero forestal, condicionaron el que se manifestasen diferencias entre las familias y el testigo, en las variables altura, diámetro y volumen iniciales; diferencias que se atribuyen al componente genético.
- 4) De manera consistente, o sea, en ambos ensayos, las plantas de las familias 19, 18 y 32 contaban con mayor altura inicial que las de las familias 44, 21 y el testigo (T).

5) Aun en las condiciones de vivero se propiciaron, respecto a la variable diámetro inicial, una menor diferenciación que para altura.

6) En cuanto a la variable volumen inicial las mejores familias en ambos ensayos son la 18, 19, 8 y 32.

7) Los análisis de varianza efectuados a las variables altura y diámetro finales y a los incrementos en altura y diámetro, de las familias y el testigo ensayados, no arrojaron diferencias estadísticas.

8) Las plantas evaluadas, después de cinco años de su establecimiento, incrementaron en promedio su altura 87.796 y 121.58 cm, para los ensayos No. 1 y 2, respectivamente.

9) Las familias de *Pinus greggii* y el testigo probados en los dos ensayos, incrementaron su diámetro en el período de referencia, 26.893 (ensayo No. 1) y 26.372 mm (ensayo No. 2).

VI RECOMENDACIONES

Con base en el trabajo realizado se recomienda:

a) Dar seguimiento a mediano y largo plazo, a las progenies aquí evaluadas; además de incluir otro tipo de variables, tales como: número de ramas por verticilo, distancia internodal, características física y mecánicas de la madera, así como la determinación de la heredabilidad a nivel familia de algunas características importantes de los árboles.

b) Establecer nuevas pruebas de progenie de *Pinus greggii*, seleccionando convenientemente los sitios de los ensayos e incrementando tanto el número de familias como el de repeticiones.

c) Continuar con la selección de árboles maternos de la especie en nuevas localidades, así como ubicar y efectuar los trabajos que conduzcan al establecimiento de áreas semilleras en los estados de Coahuila y Nuevo León.

d) Establecer ensayos de procedencias regionales de *Pinus greggii*, donde se incluyan materiales de: El Tarillal, Carbonera, Cuauhtémoc, Los Lirios, Jamé, Las Placetas y La Taponá; entre otras localidades.

e) Determinar más adelante, si las difíciles condiciones del sitio de plantación, inciden de manera detrimental tanto en la cantidad como en la calidad de la semilla que produzcan los árboles evaluados.

f) De acuerdo con los resultados obtenidos y considerando que las familias mostraron una adaptación regular en el sitio de la prueba; su semilla pudiera destinarse en el futuro a la producción de planta y al establecimiento de plantaciones en sitios con condiciones similares a las del área experimental.

VII RESUMEN

En el predio Los Tarihuanes del Cañón de Jamé, Arteaga, Coah., los días 27 y 28 de enero y 12 de marzo de 1994, se establecieron dos pruebas de progenie de *Pinus greggii*. En ambos ensayos se aplicó un diseño de bloques al azar, el ensayo No. 1, se utilizaron, cuatro bloques colocados perpendicularmente respecto de la pendiente; siendo un total de 283 plantas útiles y 76 plantas de borde; el ensayo No. 2, se estableció, con tres bloques colocados perpendicularmente respecto de la pendiente; siendo 168 plantas útiles en total. Se utilizaron para ello las familias de diversos árboles maternos procedentes del Ejido Los Lirios, Arteaga, Coah., y un testigo procedente del Rincón del Molino, Cerro El Viejo, Bella Unión, Coah..

Las variables que se evaluaron en los dos ensayos después de más de cinco años de su establecimiento, fueron: sobrevivencia, altura y diámetro inicial, volumen inicial, altura y diámetro final y los incrementos en altura y diámetro basal. Se realizó el análisis de varianza para cada una de las variables y en su caso, la prueba de comparación de medias de Tukey.

Para la variable sobrevivencia no se encontraron diferencias estadísticas entre los materiales probados. El promedio de sobrevivencia para los ensayos No. 1 y 2, fue de 74.78% y 56.31%, respectivamente.

Las condiciones del vivero, posibilitaron el que se manifestasen diferencias entre las familias y el testigo, en las variables altura, diámetro y volumen iniciales; diferencias que se consideran atribuibles a su base genética. En ambos ensayos, de manera consistente las familias 19, 18 y 32 contaban con mayor altura inicial que las plantas de las familias 44, 21 y el testigo (T). Para diámetro inicial hubo diferencias pero con menor segregación, entre los materiales ensayados. Para el caso del volumen inicial las mejores familias para ambos ensayos fueron 18, 19, 8 y 32, esto a pesar de las diferentes fechas de plantación y de la toma de datos de cada uno de los ensayos.

El análisis de varianza realizado para las variables altura y diámetro final e incrementos en altura y diámetro, para ambos ensayos, no arrojó diferencias estadísticas entre las familias probadas. Las familias y el testigo probados alcanzaron una altura final promedio de 133.139 cm y un diámetro final de 32.933 mm, incrementando su altura durante el período de evaluación un total de 87.796 cm, mientras que el incremento en diámetro resultó ser de 26.893 mm, para el ensayo No. 1, para el ensayo No. 2, fue de 170.615 cm en altura final y un diámetro final de 33.487 mm, por lo que incrementaron su altura en promedio 121.518 cm; además de su incremento promedio en diámetro de 26.372 mm.

VIII LITERATURA CITADA

- Barner, H., B. Ditlevsen y K. Olessen. 1992. Introducción al mejoramiento genético forestal. En: Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Jara N., L. F. (Editor) Tomo I. Nota de clase No. D. 1. Turrialba, Costa Rica. pp. 19 - 42.
- Barret, H. W. 1980. Elementos y principios de la genética, En: Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora de árboles forestales. FAO. Mérida, Venezuela. pp. 18-26.
- CETENAL. 1976. Carta Geológica. San Antonio de las Alazanas. G14C35. Esc. 1:50,000. SPP. México.
- CETENAL. 1977a. Carta Topográfica. San Antonio de las Alazanas, G14C35, Esc. 1: 50,000. SPP. México.
- CETENAL. 1977b. Carta Edafológica. San Antonio de las Alazanas. G14C35, Esc. 1:50,000. SPP. México.
- Clausen, K. E. 1990. Diseños genéticos y pruebas de progenie. En : Memoria sobre el mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Chapingo, México. pp. 67-77.
- Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 492 p.
- Darrow, K. y H. Coetzee. 1983. Potentially and valuable mexican pines for the summer rainfall region of Southern Africa. South African Forestry Journal. 124: 23-25.
- DETENAL. 1979. Carta de Uso del Suelo, San Antonio de las Alazanas. G14C35. Esc. 1: 50,000. SPP. México.
- Donahue, J. K. 1990. Geographic variation in *Pinus greggii* Engelm. in relation to soil acidity. M.S. Thesis. North Carolina State University. Raleigh, N. C., U.S.A. 70 p.

- Dvorak, W. S. y J. K. Donahue. 1992. *Pinus greggii*. En: Reseña de investigaciones 1980 - 1992. CAMCORE. Cooperativa de recursos de coníferas de Centroamérica y México. Departamento Forestal. Colegio de Recursos Forestales. Raleigh. N.C., U.S.A. p. 26-28.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos del género *Pinus* en México. Tesis Profesional. U.A.Ch. Chapingo, México. 653 p.
- Eguiluz P., T. 1990. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales. En: Memoria Sobre mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P. T. y A. Plancarte. B. (Editores). Chapingo, México. pp. 188-207.
- Galera, P. R., A. S. Martín, M. R. Alía, A. j. Gordo, O. A. Aguado y P. E. Notivol. 1997. Manual de selección de masas productoras de semillas, evaluación de caracteres, En: Monografías, No. 97. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. 92 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Segunda Edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 p.
- Ghosh, R. C., B. Singh y K. K. Sharma. 1981. Suitability trials of different species and provenances of pines in the Doon Valley of India. *Indian Forester*. 107(3): 135-150.
- 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, Coah. 59 p.
- Hocker Jr., H. W. 1984. Introducción a la biología forestal. A.G.T. Editor, S.A. México. 431 p.
- Jara M., L. F. 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.

- López C., I. 1993. Ensayo de adaptación de cinco especies regionales de pino, bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria en la Sierra la Marta, Arteaga, Coah.. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 71 p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Ed. Botas. México. 631 p.
- Mendoza H., J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de Jamé. UAAAN. Departamento de Agrometeorología. Buenavista, Saltillo, Coah. 615 p.
- Mettler, E. L. y T. G. Gregg. 1982. Genética de las poblaciones y evolución. UTEHA. México. 348 p.
- Mirov, N. T. 1967. The genus *Pinus*. The Ronald Press Company. New York. U.S.A. 602 p.
- Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En: Memoria sobre mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P. T. y A. Plancarte B. (Editores). Chapingo, México. pp. 16-23.
- Ornelas H., G. 1997. Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coah. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 59 p.
- Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Limusa. Universidad Autónoma Chapingo. México. 273 p.
- Padrón C., E. 1982. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. Editorial y diseño gráfico de la subdirección de difusión y servicios de apoyo, Departamento de Estadística y Cálculo. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 275 p.
- Pedersen, A. P., K. Olessen y L. Graudal. 1993. Mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias. En: Mejoramiento forestal y conservación de los recursos genéticos forestales. Jara N., L. F. (Editor) Tomo I. Nota de clase No. D. 3. Turrialba, Costa Rica. pp. 57-74.
- Perry, J. P. 1991. The pines of México and Central América Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.

- Plancarte B., A. 1990. Selección de árboles superiores. En: Memoria sobre mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P. T. y A. Plancarte B. (Editores). Chapingo, México. pp. 16-23.
- Quijada R., M. 1980. Ensayos de progenie. En: FAO. Mejora genética de los árboles forestales. Estudio FAO: Montes No. 20. Mérida, Venezuela. pp. 224-230.
- SARH. 1994. Inventario nacional forestal periódico. Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre. Memoria Nacional. México. 81p.
- Saéñz R., C. y A. Plancarte B. 1991. Metodología para el establecimiento y evaluación de ensayos de progenies en especies forestales. Series de Apoyo Académico. No. 46. U.A.Ch. Chapingo, México. 47 p.
- Sámano D., J. L. 1995. Supervivencia y crecimiento de cinco especies de *Pinus* establecidas en el invierno y bajo diferentes tratamientos a la vegetación en la Sierra de Arteaga. Tesis Profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 84 p.
- Squillace A., E. 1970. Programa de desarrollo y acción para el mejoramiento de árboles forestales. Unasyva. FAO. 24(2-3): 63-69.
- Valencia M., S., A. Plancarte B. y C. Cigarrero C. 1993. Evaluación de un ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* en dos localidades. En: Resúmenes de las ponencias del I Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Saltillo, Coah. México. pp. 78.
- Vargas H., J. J. 1985. Respuesta a la sequía de cuatro especies de *Pinus* en el estado de plántula. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 99 p.
- Vargas H., J. J. y A. Muñoz O. 1988. Resistencia a sequía. II Crecimiento y supervivencia en plantas de cuatro especies de *Pinus*. Agrocienca. 72:197-208.
- William E., L. 1980. Variabilidad debida a la procedencia de semilla en el crecimiento de *Pinus taeda*. Informe de Investigación No. 62. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 6 p.

IX APENDICE

A 1. Precipitación y temperaturas registradas en la estación meteorológica de Jamé, durante el período 1994 – 1998, a 25° 22' 10" de Latitud N y 100° 37' 05" Longitud W, a una altitud de 2300 m.s.n.m..

PRECIPITACIÓN (mm)

Mes/año	1994	1995	1996	1997	1998
Enero	0.0	13.0	0.0	24.0	0.0
Febrero	0.0	1.0	4.0	16.0	9.0
Marzo	18.0	8.0	0.0	69.0	0.0
Abril	14.0	1.0	0.0	61.0	4.0
Mayo	41.5	28.0	14.0	52.0	2.0
Junio	63.5	50.0	76.0	76.0	62.0
Julio	27.5	22.0	73.0	126.0	45.0
Agosto	45.0	106.0	32.0	11.0	77.0
Septiembre	28.0	49.0	53.0	53.0	53.0
Octubre	44.0	5.0	1.0	62.0	26.0
Noviembre	0.0	8.0	7.0	72.0	6.0
Diciembre	38.0	49.0	0.0	10.0	0.0
Anual	319.0	340.0	260.0	632.0	284.0

TEMPERATURAS (°C)

Mes/año	1994		1995		1996		1997		1998	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Enero	21	-3	22	-4	22	-6	21	-9	20	-8
Febrero	25	-2	23	-4	26	-5	22	-6	23	-5
Marzo	26	1	27	-5	24	-6	25	-4	27	-4
Abril	27	3	27	-1	29	-1	25	-5	29	-3
Mayo	28	4	30	5	31	4	26	2	33	2
Junio	29	5	30	5	26	5	30	5	32	4
Julio	30	4	29	4	29	5	27	5	29	5
Agosto	27	3	27	5	27	4	28	5	28	5
Septiembre	27	4	27	4	24	4	27	-1	25	5
Octubre	26	2	26	-5	27	1	25	-4	26	-2
Noviembre	24	-2	24	-2	25	-6	23	-3	22	-1
Diciembre	24	-6	24	-2	22	-8	20	-13	22	-6
Anual	24	1.1	26	0.0	26	-7	25	-2.4	26	-6

A 2. Análisis de varianza realizado para las variables evaluados en los dos ensayos.

Ensayo No. 1.Sobrevivencia

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	9482.6405	526.8133	1.12	0.3565 NHD
Bloque	3	8020.8095	2673.6031	5.70	0.0018 *
Error	20	25318.2439	468.8563		
Error total	41	42821.6904			

Altura inicial

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	7418.7986	412.1554	25.25	0.0001 **
Bloque	3	8.7986	2.8379	0.17	0.9136 NHD
Error	54	881.4250	16.3226		
Error total	75	8308.7374			

Diámetro inicial

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	81.4952	4.5275	10.15	0.0001 **
Bloque	3	2.4283	0.8094	1.81	0.1555 NHD
Error	54	24.0907	0.4461		
Error total	75	108.0144			

Volumen inicial

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	4912.1997	272.8999	14.08	0.0001 **
Bloque	3	66.8371	22.2790	1.15	0.3376 NHD
Error	54	1046.7973	19.3851		
Error total	75	6025.8343			

Altura final

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	29536.5944	1640.9219	1.16	0.3256 NHD
Bloque	3	9705.5786	3235.1928	2.29	0.0891 *
Error	54	73442.7450	1412.3604		
Error total	73	112684.9181			

Diámetro final

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	1963.3561	109.0753	0.94	0.5354 NHD
Bloque	3	886.3561	295.3689	2.55	0.0655 *
Error	54	6019.4575	115.7587		
Error total	73	8868.9206			

Incremento en altura

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	33511.3174	1861.7398	1.40	0.1727 NHD
Bloque	3	12081.0321	4027.0107	3.02	0.0378 *
Error	52	69212.3536	1331.0068		
Error total	73	114861.8192			

Incremento en diámetro

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	18	1877.0957	104.2830	0.89	0.5891 NHD
Bloque	3	1015.1306	338.3768	2.90	0.0437 *
Error	52	6073.5999	116.7999		
Error total	73	8965.8263			

Ensayo No. 2.Sobrevivencia

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	6764.6841	520.3603	1.03	0.4543 NHD
Bloque	2	1840.6199	920.3099	1.83	0.1825 NHD
Error	18	12087.2834	503.6368		
Error total	33	20692.5876			

Altura inicial

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	5766.1086	443.5468	15.60	0.0001 **
Bloque	2	110.6388	55.3194	1.95	0.1674 NHD
Error	24	682.2717	28.4279		
Error total	39	6559.0192			

Diámetro inicial

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	47.6338	3.6641	4.63	0.0006 **
Bloque	2	0.8014	0.4007	0.51	0.6091 NHD
Error	24	19.0013	0.7917		
Error total	39	67.4366			

Volumen inicial

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	4401.1534	338.5502	7.92	0.0001 **
Bloque	2	52.8204	0.4007	0.62	0.5476 NHD
Error	24	1026.4153	42.7673		
Error total	39	5480.3891			

Altura final

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	41400.0311	3184.6177	1.63	0.1589 NHD
Bloque	2	18481.5592	9240.7796	4.72	0.0209 *
Error	20	39152.5106	1957.6255		
Error total	35	99034.1010			

Diámetro final

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	2262.0581	174.0044	1.84	0.1076 NHD
Bloque	2	664.0581	332.3221	3.50	0.0496 *
Error	20	1896.3018	94.8150		
Error total	35	4823.0042			

Incremento en altura

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	28913.0016	2224.0770	1.21	0.3402 NHD
Bloque	2	18976.3992	9488.1996	5.16	0.0155 *
Error	20	36741.1144	91837.0557		
Error total	35	84630.5154			

Incremento en diámetro

Fv	gl	SC	CME	Fc	Pr > F
Familia	13	1860.6569	143.1274	1.72	0.1342 NHD
Bloque	2	654.6678	327.3339	3.93	0.0364 *
Error	20	1666.9671	83.3483		
Error total	35	4182.2919			

Donde:

Fv = Fuente de variación
SC = Suma de cuadrados
CME = Cuadrados medios del error
Fc = F calculada
Pr > f = Probabilidad de cometer el error tipo I (α)
* = Significativo
** = Altamente significativo
NHD = No hubo diferencias