

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Ensayo de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en
dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca**

Por:

MARIO VALERIO VELASCO GARCÍA

T E S I S

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

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2001

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

**Ensayo de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en
dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca**

Por:

MARIO VALERIO VELASCO GARCÍA

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

**M.C. Salvador Valencia Manzo
Presidente del Jurado**

**M.C. Reynaldo Alonso Velasco
Coordinador de la División de Agronomía**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

**Ensayo de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en
dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca**

TESIS

**Que se somete a Consideración del H. Jurado Examinador
Como requisito Parcial para Obtener el Título de:**

INGENIERO FORESTAL

Por:

MARIO VALERIO VELASCO GARCÍA

APROBADA

M.C. Salvador Valencia Manzo
Presidente del Jurado

M.C. Martín Gómez Cárdenas
Sinodal

Dr. Miguel Angel Capó Arteaga
Sinodal

M.C. Reynaldo Alonso Velasco
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2001

El presente trabajo forma parte del Proyecto de investigación denominado “Selección de procedencias de *Pinus oaxacana* y *Pinus greggii* para la protección y restauración de suelos en la Mixteca Alta Oaxaqueña” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPS), Campo Experimental Valles Centrales, Oaxaca.

DEDICATORIA

A mis padres, *Arturo Velasco Santiago* y *Fidelia García López*, quienes con mucho sacrificio y esfuerzo me han dado la vida, amor y educación desde los primeros días de mi existencia en la naturaleza, por confiar en mí, por enseñarme con sus ejemplos de humildad, honestidad y de trabajo que es mejor vivir luchando con dignidad y por todo lo que me han dado incondicionalmente, que palabras me faltan para agradecerles...Gracias.

A mis hermanos (as), Macrina (por su simpatía, afecto y cariño), Imelda (por su gran muestra de amistad, confianza y apoyo moral), Paulino (por todo su apoyo incondicional, por confiarme y comprender mis actos), Alejandro (por alientarme a iniciar esta meta y por todo su apoyo), Rafaela (por preocuparse siempre en mí, por su apoyo incondicional en todos los sentidos y por su incansable apoyo a toda la familia), y Samuel (por su apoyo y sus consejos), a todos ellos por constituir parte fundamental de mi vida y por darme fortaleza para alcanzar esta meta.

A mi abuela, Isidora López por todos sus consejos y recomendaciones.

A mis sobrinos (as), Yessica, Milxochilt, Edgar, Edith, S. Hugo, Alfreda, Elizabeth y Flora por la alegría que muestran con sus sonrisas que dan vida al hogar de la familia.

A mis cuñados (as), Anita, Claudia, Patricia y Ramón por sus amistades, respeto y aprecio.

A mis compañeros de la *Coordinación de Derechos Estudiantiles (CDE)*, Horacio, R. Duran, J. Lupillo, J. I. Alba, Iber G., F. Mora, Canché², Delfino, Omar B., Buenaventura, Gabriela, Gricel, Lety, J. Edilberto, M. Vivían,

Diómedes, Hilario, Melesio, Juan Aragón, Silviano, Cesar, Odilón, Brosbely, Alonso, Gustavo, Rafa R., Lorenzo, Venegas, Barreto, Wilfred M., Wilbert, Misael, Alfredo, Abel J., Edilberto J., Moisés, Baltazar, Leopoldo, Arcadio, Edgardo, Gabriel, Cesar (D.F), Hector, Wilfrido, Juan M., G. Márques, y todos los simpatizantes de la misma y a los que la integrarán, por su amistad y por todos los momentos que compartimos juntos en la lucha contra el sistema de la injusticia, de la corrupción y el fascismo; por sus ideales de lucha social por obtener una universidad científica y popular, plantear un nuevo sistema en que no exista el contraste entre opresores y oprimidos, porque a pesar de los diversificados métodos de represión de las autoridades no nos rendimos, ni nos subastamos y todos juntos decimos ¡¡Hasta la victoria siempre!!

A mis compañeros y amigos de la generación XC de Ingenieros Forestales, de la especialidad y de otras especialidades por su amistad y por todos los momentos que compartimos juntos.

A mis tíos (as) y primos (as), por todo su apoyo moral y muestra de amistad y respeto.

A doña Magui, por su gran amistad hacia mí y hacia mis compañeros de la CDE.

RECONOCIMIENTOS

A todo el pueblo trabajador del País, que con sus impuestos sostienen a Universidades como la UAAAN, para recibir educación que responda a la realidad del campo mexicano.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo por su valiosa asesoría y aportaciones, por su amistad, sus buenos consejos, orientaciones y palabras de aliento, que permitieron a buen término del presente trabajo.

Al M. C. Martín Gómez Cárdenas por la revisión del documento, por todo su apoyo en la toma de datos y por darme la oportunidad de contribuir en su proyecto de investigación.

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

A los hombres, mujeres, niños y autoridades de las comunidades de Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán por su colaboración mediante el “tequio” en el establecimiento de la plantación.

A todo el personal del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Valles Centrales, Oax., que de alguna forma colaboraron en el proyecto, el cual forma parte el presente trabajo.

A los compañeros Abel Juárez C. y Jaime Martínez por apoyarme en la toma de los datos.

A los profesores y trabajadores del Departamento Forestal de la UAAAN por su contribución en mi formación profesional y por su amistad.

A los profesores y trabajadores del CECFOR No. 2, así como mis maestros de primaria y secundaria, por contribuir en mi formación académica.

A todas aquellas personas que contribuyeron en el presente trabajo y en mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	iii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
<i>Pinus greggii</i> Engelm.	4
Distribución y ecología	4
Importancia y usos	5
Variación entre y dentro de poblaciones de <i>P. greggii</i>	5
Mejoramiento genético forestal	11
Especies nativas y especies exóticas	15
Ensayos de procedencias	17
MATERIALES Y MÉTODOS	23
Descripción de la Región Mixteca Alta	23
Descripción del área experimental	24
Material experimental	25
Plantación	26
Sistema de plantación	26
Diseño experimental	26
Mediciones	26
Variables evaluadas	27
Procesamiento estadístico	30
RESULTADOS	32
Altura	32
Diámetro basal	37

Diámetro de copa	42
Número de verticilos	44
Sobrevivencia	46
DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	59
RESUMEN	60
LITERATURA CITADA	62
APÉNDICES	71

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Cuadro 1. Principales características ambientales en el área de distribución natural de las 13 procedencias de <i>Pinus greggii</i>	25
Figura 1. Distribución de bloques, hileras y unidades experimentales del diseño experimental de un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en la localidad de Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca, Oaxaca	28
Figura 2. Distribución de bloques, hileras y unidades experimentales del diseño experimental de un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en la localidad de Magdalena, Zahuatlán, Nochixtlán, Oaxaca	29
Figura 3. Altura a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de <i>Pinus greggii</i> , establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca	33
Figura 4. Incremento en altura 2.5 años de plantación de 13 procedencias de <i>Pinus greggii</i> , establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca	35
Figura 5. Diámetro basal a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de <i>Pinus greggii</i> , establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca	38

- Figura 6. Incremento en diámetro basal a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca 40
- Figura 7. Diámetro de copa a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca 43
- Figura 8. Número de verticilos a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca 45

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales de todo el país han sido afectados de manera notable en los últimos años. Anualmente se deforestan 245 mil hectáreas (ha) de bosque templado y 559 mil ha de selvas tropicales, situación debida a factores como la transformación de terrenos forestales en pastizales (49%) o en áreas de agricultura (13%), los incendios forestales (24%), la extracción (4%) y otros (10%) (Maser, 1992).

En la región de la Mixteca Alta Oaxaqueña se presenta uno de los ejemplos más dramáticos de la problemática anterior, ya que se estima que más del 80% de la superficie se encuentra erosionada en diferentes intensidades (Becerra *et al.*, 1993). En casi la mitad de la superficie (46%) de la región se pierden de 50 a 200 toneladas de suelo por ha por año, mientras que en el 39% de la superficie se pierden entre 10 a 15 toneladas de suelo por ha por año (Universidad Autónoma Chapingo, 1986). Las causas principales comprenden el cambio de uso de suelo, el uso intensivo de la madera para leña y para construcciones rurales, sobrepastoreos, incendios forestales, plagas y enfermedades (Ruíz *et al.*, 1995).

Entre las alternativas más promisorias para la solución de la problemática descrita en la región de la Mixteca Alta Oaxaqueña, se incluye la recuperación de la cobertura vegetal mediante la plantación de especies arbóreas aptas para zonas de clima templado. Sin embargo, con el fin de evitar los resultados negativos observados en reforestaciones locales, en las cuales se han alcanzado de 1 al 15 % de sobrevivencia, se hace necesario utilizar exclusivamente especies tolerantes a las condiciones desfavorables de los suelos y la precipitación regionales. Además las especies que se elijan deberán tener buena producción de residuos vegetales, ser buenas retenedoras de suelo y preferentemente mejoradoras del mismo (Ruíz *et al.*, 1998).

Estos atributos se han observado en algunas plantaciones locales con *Pinus greggii* Engelm., especie con distribución natural en la Sierra Madre Oriental, sin embargo, en ningún caso, se conoce la procedencia u origen específico de la semilla utilizada, aspecto de importancia clave, dado que algunas poblaciones naturales de la especie podrían mostrar desempeños no deseables al ser introducidas en este ambiente (Ruíz *et al.*, 1998). Lo anterior, ha motivado recientemente al estudio del comportamiento de las poblaciones naturales de la especie al ser introducidas en la región, para lo cual los ensayos de procedencias se han considerado como la técnica de estudio más adecuada (Ruiz *et al.*, 1998).

Los ensayos de procedencias constituyen una poderosa herramienta para el silvicultor y el manejador de especies forestales. Generan información y permiten la selección de materiales genéticos adecuados para diversos fines como incrementar la producción maderable, obtener plantaciones con mayor resistencia a plagas y enfermedades, recuperar áreas degradadas o incorporar tierras improductivas a la producción, proteger el suelo o simplemente mejorar el ambiente y hacer atractivo un lugar determinado (Plancarte, 1990a). Además, el éxito de las plantaciones forestales, independientemente del objetivo que éstas persigan, depende de los estudios de procedencias previos (Zobel y Talbert, 1988).

Dado lo anterior, en el presente trabajo se proponen los siguientes objetivos.

- a) Determinar las diferencias en crecimiento e incremento en altura y diámetro basal, así como las diferencias en diámetro de copa, número de interverticilos y sobrevivencia en individuos jóvenes de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en dos localidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña.
- b) Determinar el efecto de las localidades sobre las procedencias de *Pinus greggii*.

De acuerdo con los objetivos se proponen las siguientes hipótesis nulas:

Ho: No existen diferencias en sobrevivencia, diámetro de copa, número de verticilos y en los crecimientos e incrementos en altura o diámetro basal, entre las 13 procedencias probadas de *Pinus greggii*.

Ho: Para las mismas variables, no existen diferencias entre las localidades donde se prueban las 13 procedencias de *Pinus greggii*.

REVISIÓN DE LITERATURA

***Pinus greggii* Engelm.**

Distribución y ecología

Esta especie se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo (Martínez, 1948), Puebla y Veracruz (Perry 1991). Se presenta en laltitudes de 1200 a 2800 msnm (Martínez, 1948). Sin embargo, las poblaciones del centro del país se distribuyen entre las altitudes de 1200 a 2400 msnm y las poblaciones del Norte se distribuyen entre 1900 a 2800 msnm (Donahue y López 1996).

La precipitación media anual es de 600 a 900 mm en las poblaciones del Norte y de 1000 a 2000 mm en las poblaciones del centro (López *et al.*, 1993); la temperatura media anual es de 14°C para las poblaciones del Norte y de 17°C para las poblaciones del centro (Donahue y López 1996) y las heladas pueden ser frecuentes en mayores elevaciones, principalmente en diciembre y enero (Perry, 1991).

Las poblaciones del Norte del país se desarrollan en suelos ligeramente alcalinos, someros, con pH de 7.0 a 8.0 y las poblaciones del centro del país se desarrollan en suelos arcillosos, ácidos y profundos, con pH de 4.0 a 5.0 (Dvorak y Donahue, 1992).

Según Perry (1991) esta especie se asocia con *Pinus leiophylla* Shaw., *P. teocote* Shaw., *P. montezunae* Gord., *P. arizonica* var. *stormiae* Mtz., *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* Mtz. y *P. patula* Schl. et Cham. El mismo autor registra que en algunos casos, en altitudes de 3000 msnm se asocia con *P. ayacahuite* var. *brachiptera* Shaw., *P. rudis* Endl. y *Abies vejari* Matz., y en cambio, en altitudes de 1500 msnm a lo largo de la vertiente oriental de la

Sierra Madre Oriental se asocia con *Liquidambar styraciflua* L., *Cupressus* sp, *Juniperus* sp y *Quercus* sp.

Importancia y usos

De acuerdo con Niembro (1990) esta especie es importante para plantaciones forestales con objetivos de protección. Donahue (1990) describe un amplio potencial de la especie tanto dentro de sus límites de su distribución natural, como fuera de éstos. En la actualidad existe gran demanda de semillas de esta especie para el establecimiento de ensayos en áreas erosionadas, para producción de madera y con fines de mejoramiento genético (Plancarte, 1990b).

P. greggii es una especie de reciente y amplio uso debido a su buena adaptación en varios ambientes y rápido crecimiento (López *et al.*, 2000). De acuerdo con Eguiluz (1978), *P. greggii* tiene diversos usos, dentro de los cuales los más importantes se encuentran, madera para aserrío, madera para durmientes, madera para combustible, pilotes para minas, postes para cercas, vigas, leña para combustible y muebles; además se ocupa para realizar plantaciones en áreas degradadas y como especie ornamental, recomendándose para parques y campos deportivos y también produce resina, la cual no se aprovecha por su baja productividad.

En estudios como la de Sharma *et al.* (1987) indican que en el Sur de África se han realizado plantaciones de esta especie, ya que presentan buenas características para la producción de celulosa y papel.

Variación entre y dentro de poblaciones de *P. greggii*

La variación natural puede ser clasificada en macrovariación, que representa los niveles taxonómicos por encima de la especie, y en microvariación referida a

niveles intraespecíficos como la variación geográfica, entre sitios, entre rodales, entre individuos o dentro de individuos (Eguiluz, 1990).

Las poblaciones naturales de *P. greggii* se localizan a lo largo de la Sierra Madre Oriental en pequeños manchones aislados por barreras geográficas que limitan el intercambio genético entre ellas (López *et al.*, 2000), lo que permite que exista una mayor variabilidad entre las poblaciones que entre las familias dentro de las poblaciones (Ramírez *et al.* 1997).

En general, esta especie presenta mayor variación genética entre poblaciones que la encontrada otras especies estudiadas, debido posiblemente a las condiciones muy diversas en que se desarrolla y al tamaño reducido de la mayoría de sus poblaciones, donde posiblemente estén actuando conjuntamente la selección y la deriva génica (Ramírez *et al.* 1997).

López *et al.* (1993) en un estudio de variación de las características morfológicas en conos y semillas de *P. greggii*, encontró que la especie posee una amplia variación racial que se muestra por la formación de varios grupos, pero en general los sitios de la zona Norte y centro de país se ubican en dos grupos separados, aunque existen diferencias dentro de estos grupos. Los sitios del Sur tienen mayor producción de semillas abortivas y vanas, indicando la posibilidad de una posible endogamia o impedimento de la polinización por exceso de la humedad ambiental, sin embargo, los conos son más largos.

En un estudio realizado por Ramírez *et al.* (1997) de variación isoenzimática en diez poblaciones naturales (4 del centro y 6 del Sur) de *P. greggii*, encontró polimorfismo promedio de 43.75% y el número promedio de alelos por locus fue relativamente bajo (1.5), siendo la población Paltoltecuya, Pue. tuvo el mayor número de loci fijados y por otro lado las poblaciones de El Piñón, Hgo., El Madroño, Qro., Las Placetas, N. L. y Santa Anita, Coah. son las que presentaron el mayor nivel de variación y polimorfismo.

En cuando a la heterocigosidad, se encontró que la mayoría de las poblaciones del Norte del país presentaron mayores valores de heterocigosidad observada y esperada, a pesar de ser de menor en tamaño que algunas de las poblaciones del centro, lo que indica que en dichas poblaciones el proceso de selección actúa en mayor grado, posiblemente por encontrarse en ambientes desfavorables. De las poblaciones del centro, Paltotecoya presentó el menor valor de heterocigosidad que las demás poblaciones, y de las poblaciones del Norte Puerto Los Conejos presentó el menor valor y Las Placetas el mayor valor (Ramírez *et al.* 1997).

En este mismo estudio se encontró que las distancias genéticas entre poblaciones varían de cero para Jamé y Los Lirios en Coahuila, hasta de 0.285 para las poblaciones de Paltotecoya, Pue. y Jamé, Coah. Además, en general se aprecian tres grupos de similaridad genética entre poblaciones. El Primer grupo lo forman las poblaciones que se localizan más al Sur de su distribución natural y con precipitaciones mayores al resto de las poblaciones. El segundo grupo está constituido por poblaciones de mayor tamaño, cuyos árboles muestran mejores características fenotípicas relativas a la calidad de madera para aserrío. El tercer grupo lo conforman las poblaciones que están formadas por árboles de características fenotípicas menos deseables para la industria de aserrío y están constituidas por un bajo número de árboles, las precipitaciones son bajas y los suelos someros (Ramírez *et al.* 1997).

Este estudio encontró una fuerte diferenciación entre poblaciones de *P. greggii* localizadas en el centro y en el Norte del país debido a que las características morfológicas están influenciadas por el ambiente en que se desarrollan los árboles de cada población, así como por la interacción genotipo por ambiente (Ramírez *et al.* 1997).

En un estudio sobre fisiología y morfología de plántulas de diez procedencias de *P. greggii* en invernadero, Chávez (1994) encontró que al nivel

de procedencias *P. greggii* se comporta diferente fisiológica y morfológicamente. La variable capacidad de emergencia total presentó gran variabilidad. Este rasgo, además de la altura del hipocótilo, y el número y tamaño de los cotiledones se ven afectados por factores genéticos y ambientales. Para el caso de la altura de la planta, las características climáticas y ecológicas sí influyen de manera determinante. Así por ejemplo, las procedencias del estado de Hidalgo, situadas en las regiones de menor altitud y más húmedas, crecen más rápido que las procedencias de Nuevo León y Coahuila, las cuales se encuentran áreas con altitudes mayores y precipitaciones menores. Con base a estas observaciones, el autor establece que en general las procedencias de ambientes más húmedos y con temperaturas menos extremas producen plantas más altas

En un estudio de producción de semillas de *P. greggii* donde incluyó seis poblaciones del centro y seis del Norte, se encontraron diferencias en relación con la ubicación geográfica. Los árboles de las localidades del Sur tienen un amplio potencial de semillas por cono (117 vs 96 semillas) y producen más semillas llenas también por cono (74 vs 46) que los árboles de las localidades del Norte. La producción de semillas pesadas y su eficiencia es más alta en las poblaciones del Sur que en las poblaciones del Norte. Estas diferencias se deben a las diferencias genéticas, a los mejores suelos y a las precipitaciones más altas encontradas en las localidades más meridionales (López y Donahue, 1995).

Donahue *et al.* (1996) al realizar un trabajo sobre variación geográfica de química de terpenos en poblaciones nativas de *P. greggii*, incluyendo cuatro poblaciones del Sur y cinco poblaciones del Norte de su distribución natural, encontró que en términos químicos de terpenos las poblaciones del Sur de *P. greggii* son diferentes de las poblaciones del Norte, ya que en cuatro de los monoterpenos y un sesquiterpeno variaron apreciablemente por el efecto geográfico. Las poblaciones del Sur presentaron mayores cantidades de α -

pinina (15% y 5%) y miricina (13% y 2%) que las poblaciones del Norte y menores cantidades de limonina (9% y 32%) y longifolina (0.2% y 4.3%), y la β -pinina fue baja en todas las poblaciones del Norte. La variación genética relacionada con la producción de algunos terpenos parecen ser mucho más bajos en las poblaciones del Norte que en las poblaciones del Sur.

En un estudio sobre variación geográfica en morfología de hojas, conos y semillas de *P. greggii* en forestaciones nativas, incluidas seis poblaciones del Sur y seis del Norte, se encontró que los números de hojas por fascículo es predominantemente tres y raramente cuatro, pero fascículos con cuatro hojas es más predominante en el Norte. El número de canales resiníferos entre las poblaciones del Norte y del Sur en promedio es de 3.7 y 3.5, respectivamente, y el número promedio de canales medios en los árboles del Norte es de 3.4 y 3.2 en los árboles del Sur. La longitud promedio de los conos es de 11.6 cm para las poblaciones del Norte y 10.5 cm en las del Sur y el ancho del cono es de 4.1 para ambos grupos. La longitud de las semillas es de 6.4 mm en las poblaciones del Norte y 6.7 para las del Sur, mientras que de las semillas fue de 3.3 mm y 3.2 mm, respectivamente (Donahue y López, 1996).

Valencia *et al.* (1998) en un estudio de variación de la densidad de la madera de *P. greggii* en el Norte de México, encontraron que de la variación total observada en la densidad de la madera, el 13% corresponde a las diferencias entre poblaciones, el 24% a las diferencias entre árboles y el 24% al error aleatorio, por lo que se puede seleccionar a nivel de población y dentro de población.

Donahue y López (1999) mediante un estudio de morfología de hojas y conos, producción semillas y de química de terpenos, describieron una nueva variedad de *P. greggii*. A partir del análisis de material vegetativo de seis poblaciones septentrionales y seis meridionales de su área de distribución natural, encontraron que las poblaciones del Sur tienen significativamente hojas

más largas, más estomas por unidad de longitud de hoja, semillas largas y cinco veces mayor frecuencia de canales de resina interna que las poblaciones del Norte. El color de las hojas de las poblaciones del Sur es verde pálido y verde oscuro para las poblaciones de Norte; el número de estomas por tres milímetros es mayor en los árboles del sur. Los árboles del Sur tuvieron hojas anchas y semillas anchas, mientras que los del norte tuvieron semillas pesadas y de testa gruesa; los conos de los árboles del Sur tuvieron 28 % más de fertilidad que los conos de los árboles del Norte. En cuanto a los análisis químico de terpenos, las poblaciones del Sur tuvieron proporciones superiores de α -pirina y mircina y bajas proporciones de limonina y longifolina en comparación con las poblaciones del Norte.

Con base en los resultados anteriores y de otros estudios, Donahue y López (1999) mencionan que las poblaciones de Sur conforman un taxón aparte. La variedad *australis* es endémica del centro-Este de México, y abarca la distribución austral de la especie; la variedad *greggii* representa la población localizada en el Norte de su distribución natural; y se distinguen por las siguientes características:

Pinus greggii var. *australis*, tiene 3 hojas por fascículo, 10 a 15 cm de longitud, 1.0 a 1.3 mm de ancho, con 36 a 41 estomas en 3 mm de longitud de la hoja. Canales resiníferos de 3 a 4 en número promedio, y ocasionalmente de 1 a 2 internas. La longitud de conos es de 8 a 13 cm y el grosor de conos es de 3 a 5 cm. Las semillas son de 5 a 7 mm de longitud y de 3 a 4 mm de ancho. La longitud de las alas es de 11 a 16 mm y con un ancho de 6 a 8 mm.

Pinus greggii var. *greggii*, tiene 3 hojas por fascículo, 7 a 12 cm de longitud, 1.2 a 1.4 mm de ancho, con 34 a 37 estomas en 3 mm de longitud de la hoja. Canales resiníferos de 3 a 4 en número promedio. La longitud de conos es de 8 a 12 cm y el grosor de conos es de 3 a 5 cm. Las semillas son de 5 a 8

mm de longitud y de 3 a 4 mm de ancho. La longitud de las alas es de 13 a 16 mm y con un ancho de 5 a 7 mm.

López *et al.* (2000) al realizar un estudio sobre variación morfológica de plántulas e influencia del pH del agua de riego en doce poblaciones de *P. greggii*, incluidos seis poblaciones del Norte y seis de Sur, encontraron que en las variables de sobrevivencia, días de emergencia y color de follaje en las plántulas existen diferencias significativas entre poblaciones y entre familias dentro de las poblaciones; siendo ligeramente mayor la variación entre las poblaciones que entre las familias dentro de las poblaciones. Mediante estas variables analizadas, *P. greggii* manifestó la separación de dos grupos, las del Norte con características de poblaciones relativamente uniformes y las del Sur de su distribución natural con ligeras variaciones; mismas que concuerdan con la separación de la taxa en dos variedades (*greggii* y *australis*).

Mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal comprende una serie de actividades dirigidas a producir árboles genéticamente más deseables, incluyendo el cruce controlado de individuos con características superiores. La práctica de mejoramiento forestal sólo significa algún grado de ajuste del manejo forestal y las prácticas silviculturales, teniendo en cuenta los principios genéticos básicos (Jara, 1995).

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 mas rápido y económicamente posible.

Jara (1995) señala que las etapas del mejoramiento genético forestal son:

1. Selección entre especies.
2. Selección entre poblaciones dentro de especies (subespecies, variedades, razas, procedencias, fuentes de semillas).
3. Selección entre individuos dentro de poblaciones superiores.
4. Cruzamiento controlado incluyendo recombinación e hibridación entre especies, poblaciones, progenitores y descendientes seleccionados.

Por su parte, Zobel y Talbert (1988) mencionan que los programas de mejoramiento genético forestal comprenden y constan de lo siguiente:

1. Determinar las especies o fuentes geográficas dentro de una especie, que deben determinarse en una determinada área.
2. Determinación de la cantidad, tipo y causas de la variable dentro de la especie.
3. Agrupamiento de las cualidades deseadas en individuos mejorados, para obtener árboles con combinaciones de características deseadas.
4. Producción a gran escala de individuos mejorados con fin de reforestación.
5. Desarrollo y mantenimiento de una población con base genética lo bastante amplia para satisfacer las necesidades de generación avanzada.

La variación natural es la base de un programa de mejoramiento genético forestal por medio de la selección y cruzamiento (Eguiluz, 1990), cuyo objetivo es producir semillas semilla genéticamente mejorada para el establecimiento de plantaciones comerciales (Clausen, 1990a). Estos programas generalmente tardan bastante tiempo, pero mientras se desarrolla el programa, se debe usar la mejor fuente de semilla o material de plantación disponible en cada momento, según lo vayan indicando los resultados preliminares de los ensayos (Jara, 1995).

Como parte de las actividades del mejoramiento genético forestal se encuentran los ensayos de progenie, de especies y de procedencias. Las pruebas de progenie constituyen la columna vertebral de un programa de mejoramiento genético (Clausen, 1990c) y 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 en base al rendimiento de la progenie, y pueden ser un método de selección muy preciso debido a que permiten estimar directamente los valores de cruce para utilizarlos en el proceso de selección (Zobel y Talbert, 1988).

Las pruebas de progenie tienen diversos objetivos, dependiendo de la fase de programa de mejoramiento genético; entre los objetivos más comunes son:

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

Las plantaciones de progenies son necesarias para conocer la calidad de los brinzales que producen los árboles superiores que se seleccionan por su apariencia externa para el establecimiento de huertos semilleros (Clausen, 1990c). Después de la selección fenotípica se compara el comportamiento de los propágulos producidos sexual o asexualmente bajo condiciones uniformes para determinar su valor genético mediante pruebas de progenie y clonales, respectivamente (Jara, 1995).

Ensayos de progenies de *Pinus greggii* realizados en Arteaga, Coahuila, Hernández (1995) y Serrato (2000) indican que no existe diferencia en sobrevivencia, pero sí en las variables altura y diámetro.

Con los ensayos de especies, es posible encontrar especies y sus respectivas procedencias más aptas para cada región en particular, incrementando con ello la producción, mejorando la calidad de productos forestales y acortando con ellos los ciclos de producción (Plancarte 1990a).

Eguiluz (1990) señala que para la selección de las especies a plantar se deben tomar en cuenta criterios como características del sitio, especies capaces de crecer en el sitio, disponibilidad en materia prima, objetivos particulares de la reforestación y especies de flora o fauna que se requiere favorecer.

La selección de especies puede pasar por una serie de etapas que eventualmente finalizan en la selección de unas cuantas procedencias de unas pocas especies apropiadas para los propósitos de plantación y bien adaptadas a las condiciones ambientales en cuestión; estas etapas son:

1. Ensayos de eliminación de especies; en donde se prueba gran cantidad de especies en pequeñas parcelas en uno o pocos sitios por un corto periodo de tiempo para evaluar la sobrevivencia y el crecimiento inicial. Normalmente se prueban de dos a tres procedencias de cada especie; se

incluyen poblaciones locales debido a que son fáciles de conseguir y si muestran buen comportamiento son una fuente barata.

2. Ensayos de especies (fase de crecimiento); en estos ensayos se prueban un número reducido de especies prometedoras, se usan parcelas más grandes y mayores períodos de evaluación; por lo general se usa mayor número de procedencias por especie, especialmente en especies de amplia variación y distribución natural.

3. Fase de validación, plantaciones piloto; en esta fase se confirma la superioridad de las especies seleccionadas en la etapa inferior bajo condiciones normales de plantación (Jara, 1995).

Nájera (1983) realizó un ensayo de seis especies Sierra San José Boquilla, Nuevo León, encontró que *Pinus arizonica* Engelm. y *P. engelmanni* Carr. presentaron mayores alturas y *P. halepensis* y *P. cembroides* Zucc. tuvieron mayor sobrevivencia; Zamudio (1985) en un ensayo de siete especies de coníferas en la Sierra Juárez, Municipio de Ensenada, B. C., encontró que las especies que presentaron las mayores sobrevivencias fueron *P. jeffreyi* Murr., *P. coulteri* Don y *P. monophylla* Torr; Olivas (1885) en un ensayo de cinco especies en la etapa de vivero y Mas *et al.* (1995) en un ensayo de especies y procedencias, en el campo experimental Barranca de Cupatitzio, encontraron que *P. greggii* presentó los mayores crecimientos e incrementos y la menor mortalidad; y Hernández (1991) en un ensayo de adaptación de tres especies encontró que *P. cembroides* y *P. pinceana* presentaron mayor sobrevivencia que *P. nelsonii*.

Especies nativas y especies exóticas

Una especie se define comúnmente como un grupo de individuos de morfología similar capaces de cruzarse con individuos del mismo grupo, pero no con individuos de otro grupo. Pero no existe un acuerdo general sobre el

grado de similitud que debe existir entre dos individuos para ser considerados de la misma especie (Jara, 1995).

Una especie nativa es aquella que se encuentra dentro de su distribución o de su ambiente natural y se considera autóctona o indígena de esa región o país; mientras que una especie exótica es aquella que crece o se cultiva fuera de su distribución natural (Zobel y Talbert, 1988; Morandini, 1994). Se define también como de un material introducido en un ambiente en el que no se localiza en forma natural (Padilla, 1987).

Las especies nativas se han adaptado a sus ambientes por la acción de la selección natural, lo que permite que se desarrollen mejor que las especies introducidas; sin embargo existe siempre la posibilidad de que una especie introducida muestre un mejor crecimiento y producción por diversas razones genético-ecológicas (Nepamuceno, 1985).

La mejora genética de especies exóticas se basa sobre los mismos principios generales válidos para todas las especies forestales, sin embargo la ejecución práctica de esta mejora tropieza por la falta de conocimientos sobre la biología, la ecología, la variabilidad genética de la especie en su área de distribución natural. Esto genera problemas en cuanto a la sobrevivencia, la calidad de madera, plagas, crecimiento deficiente o dificultades para asociarse con micorrizas (Clausen, 1990b), por ello la investigación que trata de la mejora de especies exóticas debe realizarse tanto en el país de origen como en el país de introducción (Morandini, 1964).

Las especies exóticas constituyen una alternativa viable para incrementar la calidad y cantidad de productos forestales (Niembro, 1990), en donde los bosques nativos no son productivos (Zobel y Talbert, 1988). Ejemplo de esto podemos citar plantaciones exóticas de *P. caribea* en el Sur de Africa donde presenta un incremento medio anual de 21 a 25 m³/ha (Lamb, 1973), *P. patula*

presenta un incremento medio anual de 21 m³/ha en Brasil y 23.17 m³/ha en Nueva Zelanda (Wormald, 1975) y *P. radiata* en Nueva Zelanda incrementa 25 m³/ha por año (Arteaga y Etchevers, 1988).

Ensayos de procedencias

Bouvareal (1978) define a las procedencias como los lugares concretos donde se encuentra un rodal o bosque y por extensión, las semillas recolectadas en ese lugar, así como las plantas obtenidas por su germinación; puede referir a árboles nativos o plantados de aquella localidad y a un árbol reproductor individual (Callaham, 1964).

Los ensayos de procedencias permiten detectar componentes de variación al hacer crecer en un mismo sitio diversas poblaciones u orígenes geográficos, incluso en experimentos bien planeados es posible detectar parámetros genéticos (Nepamuceno, 1985), por lo que cuando se prueban muchas fuentes de semillas de una especie prometedora, es una herramienta esencial para estimar el grado de variación que existe dentro de una especie (Jara, 1995).

Daniel *et al.* (1982) mencionan que las especies de amplia distribución geográfica ofrecen diversidad de procedencias y variación genética, de la misma manera que aquellas especies de distribución discontinuas presentan gran variación, debido a que casi no intercambian material genético entre sus procedencias. Las variaciones que se observan entre las poblaciones son debidas en parte a las diferencias genéticas y en parte a las diferencias ambientales; la variación genética está confundida con el ambiente (Vargas *et al.*, 1997).

Para seleccionar procedencias de especies con amplia distribución se siguen las siguientes fases o etapas:

1. Muestreo de procedencias de rango amplio; en esta etapa se conoce muy poco sobre los patrones de variación de la especie, por lo que se toman en cuenta factores ambientales y geográficos de distribución natural para poder decidir cuales procedencias incluir y se sugiere incluir de 10 a 30 procedencias.

2. Muestreo de procedencias de rango restringido; en esta etapa se prueban de tres a cinco de procedencias.

3. Fase de validación de procedencias; en donde se establecen plantaciones piloto con las mejores procedencias (Jara, 1995).

Zobel y Talbert (1988) mencionan que para escoger una procedencia de un país donador para sostener una prueba en un país receptor, la teoría del éxito es simple; comparar el ambiente de las especies o procedencias donador con aquel donde se establecerá la plantación.

Para la selección de procedencias se debe seguir las siguientes reglas:

1. No mover procedencias de un clima mediterráneo a uno continental. Las diferencias de las temperaturas y la precipitación son muy grandes y los árboles no pueden aceptarlo fácilmente.

2. No mover árboles de áreas con climas uniformes y pequeñas fluctuaciones de lluvia y temperatura, a zonas con grandes fluctuaciones en esos factores, aún cuando los promedios anuales y los valores extremos puedan ser similares.

3. No trasladar procedencias de elevaciones altas o latitudes altas a elevaciones bajas o latitudes bajas. Sin embargo, procedencias de elevaciones altas de bajas latitudes pueden trasladarse hacia menores elevaciones con latitudes mayores y viceversa.

4. No plantar árboles de suelos básicos en suelos ácidos ni viceversa; esta regla se sostiene para tipos de suelos, por ejemplo arcillosos a arenosos y de arenosos a arcillosos.

5. La homología de las condiciones de los ambientes de origen de la región de establecimiento es muy importante. (Nienstaedt, 1990; Hernández, 1988).

Patiño y Borja (1978) mencionan que los ensayos de procedencias permiten obtener entre otras ventajas las siguientes.

1. Definir las mejores procedencias para la región que se prueban.
2. Definir las especies más adecuadas para futuras plantaciones en una región dada.
3. Obtener especies de ecotipos resistentes a organismos patógenos que afectan a las poblaciones de ecotipos nativos.
4. Enriquecer la diversidad de especies de la región.
5. Incrementar el acervo genético de las poblaciones locales.
6. Hacer posible la protección de especies o procedencias en peligro de extinción, constituyendo poblaciones de protección.

Dentro de los ensayos de procedencias se usan también especies exóticas cuando los bosques indígenas locales no pueden o no producen la calidad y cantidad deseadas de productos forestales. Los forestales generalmente prefieren usar especies exóticas que sean más uniformes, más fáciles de manejar y cuyos productos son aceptados y conocidos. Están más entrenados para manejar especies exóticas porque crecen más rápido, se eligen comúnmente como la parte fundamental de una dasonomía económicamente redituable en las áreas tropicales (Hernández, 1988).

Hernández (1988) menciona las siguientes ventajas y desventajas de los ensayos con especies exóticas.

Ventajas:

1. Producen mas madera con mayor uniformidad y turnos más cortos.
2. Se adaptan a manejos intensivos y se conocen las técnicas de manejo y plantación.

3. Se conoce la calidad de la madera.
4. Se conoce frecuentemente mejor la genética de las especies exóticas.
5. Se conoce mejor su biología.

Desventajas:

1. Falla inmediata después de la plantación.
2. Falla posterior a la plantación.
 - a) Por cambios de la altitud, pueden crecer bien en los primeros años pero no llegarán a constituir un bosque útil.
 - b) Hay buena sobrevivencia y ritmo de crecimiento, pero la madera no es apropiada.
 - c) Crecimiento inicial bueno, pero hay ataque retardado de pestes o condiciones ambientales adversas.
3. Pueden registrar un continuo desarrollo subestándar.
4. Crecimiento no satisfactorio debido a la deficiencia o ausencia de las micorrizas adecuadas.

En un estudio que se estableció en Patoltecoya, municipio de Huachinango, Pue. sobre procedencias con diferente potencial de crecimiento en cuatro especies subtropicales, incluido *P. greggii*; se encontró que en todas las especies existen diferencias significativas entre procedencias extremas en la longitud promedio del brote líder y en el caso de *P. greggii* el componente que diferenció a las procedencias fue el número de unidades de crecimiento (Salazar *et al.*, 1998).

En un estudio de crecimiento de ocho procedencias de *P. greggii* en suelo de las mismas ocho localidades, Capó *et al.* (1993) encontraron que en la variable altura, las procedencias del centro del país (El Madroño, Laguna Seca, y Laguna Atezca) muestran las mayores alturas en suelos de todas las localidades, pero cada una de las procedencias tuvo primer lugar en crecimiento en su propio suelo. En general, las procedencias del centro del país mostraron las mayores alturas y las del Norte los menores valores.

Valencia *et al.* (1993) al evaluar un ensayo de procedencias y progenies de *P. greggii* en dos localidades, Lomas de San Juan Chapingo y Metepec, Edo. de México; encontraron que en la primera localidad a 29 meses de la plantación, se presentaron diferencias significativas entre procedencias para diversas variables. Las alturas promedio variaron desde 56.9 cm para Los Lirios hasta 147.9 cm para el Piñón. Para el diámetro los valores extremos para las mismas procedencias fueron de 3.4 y 1.3 cm, con diferencia entre las procedencias de 60 % y 146 % en altura y diámetro respectivamente. Para Metepec a 22 meses de establecida la plantación, el compartimento fue similar, con pequeños cambios, para la altura no cambió y en el diámetro la variación disminuyó solo 15%.

Mas *et al.* (1995) al evaluar un ensayo de especies y procedencias de árboles en el campo experimental Barranca de Cupatitzio, encontró que *P. greggii* registró los crecimientos en altura más importantes; fue la mejor especie en cuanto a sobrevivencia y en crecimiento en altura. También fue la especie con el crecimiento en altura y diámetro más consistente.

Ornelas (1997) al realizar un ensayo de tres procedencias de *P. greggii* en Arteaga, Coah; encontró buena sobrevivencia a cinco años de la plantación en las procedencias evaluadas (de 63.78% hasta 75.49%) sin presentar diferencias significativas. Sin embargo, las plantas de las procedencias de Cañón de Jamé alcanzaron en la etapa de vivero mayor altura (32.9 cm) y diámetro (3.9 mm) con respecto a la de los Lirios (12.2 cm de altura y 2.4 mm de diámetro) y Ejido Cuauhtémoc (14.1 cm de altura y 2.1 mm de diámetro). A cinco años de la plantación hubo diferencias significativas en las alturas finales, la procedencia Cañón Jamé alcanzó 107.9 cm de altura, Ejido Cuauhtémoc 96.7 cm y Los Lirios 84.9 iguales, pero en diámetro final no se encontraron diferencias significativas entre las procedencias.

Manzano (1993) realizó un ensayo regional de procedencias de *P. cembroides* en etapa de semillero y vivero en Saltillo, Coah. en donde encontró que durante la etapa de semillero las procedencias de la Asunción, N. L. y Cuauhtémoc, Coah., fueron las más precoces en alcanzar 90 % de la emergencia total acumulada. En la etapa de vivero las procedencias probadas tuvieron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de sobrevivencia, siendo mayor la procedencia La Asunción, N. L. que alcanzó 94.8%. Con respecto a al incremento promedio en altura los resultados fueron similares (6.30 a 7.43 cm) entre las procedencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la Región Mixteca Alta

La región de la Mixteca Alta Oaxaqueña, se localiza al noroeste del estado de Oaxaca, entre los paralelos 16° 36' y 18° 42' de latitud Norte y entre los meridianos 97° 00' y 98° 30' de longitud Oeste, con una superficie aproximada de 924 mil hectáreas, a una altitud promedio de 2,000 msnm; conformada por 110 municipios distribuidos en los distritos de Nochixtlán, Coixtlahuca, Teposcolula y Tlaxiaco (Becerra *et al.*, 1993).

De acuerdo con la clasificación climática de Koppen modificada por García (1973) en la región se presentan dos grupos climáticos, templado subhúmedo C(W) y templado semiseco BS, ambos con regímenes de lluvia en verano.

Los tipos de suelos que presenta esta región son: 32% de Regosoles, 24% de Litosoles, 9% de Cambisoles, 9% de Feozem, 2% de Castañozem y el 29% restante de la superficie los componen los Vertisoles, Luvisoles, Fluvisoles y Rendzinas (Bravo, 1990).

Ruíz (1990) y Contreras (1996) mencionan que la tercera parte de la superficie presenta deterioros irreversibles, notándose la ausencia total de la vegetación; otra tercera parte constituye bosque fragmentados y perturbados en forma de manchones y grupos de individuos relictuales de vegetación natural; la superficie restante constituye bosques de coníferas y de pino encino más o menos continuos en las elevaciones más altas, además de manchones o individuos relictuales como selva baja caducifolia, palmares de *Brahea dulcis*, matorral tropical y pastizales inducidos.

Descripción del área experimental

El ensayo, se realizó en dos localidades de la región Mixteca Alta, Oaxaqueña; una en Tlacotepec Plumas, Distrito de Coixtlahuaca y la otra en Magdalena Zahuatlán, perteneciente al Distrito de Nochixtlán.

El sitio experimental de la localidad Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca, se ubica en las coordenadas geográficas 17° 52' 00" de latitud Norte y 97°26' 18" longitud Oeste, a una altitud de 2120 msnm (CETENAL, 1977a). La temperatura máxima y mínima en los meses de noviembre a abril es de 24°C y 6°C, respectivamente (DETENAL, 1979a) y de mayo a octubre la máxima es de 24°C y la mínima de 12°C (DETENAL, 1979b). La precipitación media anual en los meses de noviembre a abril es de 75 mm (DETENAL, 1979a) y de mayo a octubre de 550 mm (DETENAL, 1979b). La localidad pertenece a la región hidrológica RH28, cuenca "A" y subcuenta "c" (DETENAL, 1979c). Los suelos presentan un pH de 7.66 a 7.92, materia orgánica de 2.80 a 3.12 % y Nitrógeno total de 0.159 a 1.195 %.

Por su parte, el sitio experimental de la localidad Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán, se ubica en las coordenadas geográficas 19° 24' 11" de latitud Norte y 97° 12' 35" de longitud Oeste, a una altitud de 2160 msnm (CETENAL, 1977b). La temperatura en los meses de noviembre a abril es de 24°C la máxima y de 6°C la mínima (DETENAL, 1979a) y en los meses de mayo a octubre la máxima es de 24°C y la mínima de 12°C (DETENAL, 1979b). La precipitación media anual en los meses de noviembre a abril es de 75 mm (DETENAL, 1979a) y de mayo a octubre de 625 mm (DETENAL, 1979b). La localidad pertenece a la región hidrológica RH20, cuenca "A" y subcuenta "d" (DETENAL, 1979c). Los suelos presentan un pH de 8.12 a 8.17 y materia orgánica de 2.18 a 2.68 % y Nitrógeno total de 0.078 a 0.130 %.

En ambas localidades donde se encuentra ubicada el área experimental, el uso de suelos es de agricultura temporal con cultivos anuales (DETENAL, 1979d). Sin embargo ambos sitios experimentales, son terrenos abandonados debido a sus notables grados de erosión.

Material experimental

Las procedencias de *P. greggii* que se utilizaron en ambas localidades corresponden a 13 puntos geográficos comprendidos dentro del área de distribución natural de la especie; cinco procedencias de Coahuila y una procedencia de Nuevo León que corresponden a las poblaciones del Norte del país, dos procedencias de Querétaro y cinco procedencias de Hidalgo que corresponden a las poblaciones del centro del país (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales características ambientales en el área de distribución natural de las 13 procedencias de *Pinus greggii*.

Procedencias	Latitud N	Longitud W	Altitud (msnm)	Temp. (° C)	Pp (mm)	pH del suelo
Puerto Los Conejos, Coah.	25° 28'	100° 34'	2450	16	600	6.0
Santa Anita, Coah.	25° 27'	100° 34'	2500	16	600	6.8
Puerto San Juan, Coah.	25° 25'	100° 33'	2650	16	600	6.1
Los Lirios, Coah.	25° 23'	100° 34'	2400	16	600	7.4
Jamé, Coah.	25° 21'	100° 36'	2450	16	600	7.2
Ejido 18 de Marzo, N.L.	24° 56'	100° 10'	2100	15	650	7.1
El Madroño, Qro.	21° 16'	99° 10'	1650	17	737	4.5
Tres Lagunas, Qro.	---	----	----	---	----	---
El Piñón, Hgo.	20° 56'	99° 12'	1830	17	700	6.2
Laguna Atezca, Hgo.	20° 49'	98° 46'	1330	20	1438	4.5
Molango, Hgo.	20° 49'	98° 46'	1200	17	1750	4.4
Xichicoatlán, Hgo.	20° 47'	98° 40'	1700	17	1625	4.5
Comunidad Durango, Hgo.	20° 46'	99° 23'	1850	17	1100	6.0

Pp= Precipitación

Plantación

Con la finalidad de que el ensayo fuese más representativo de las condiciones ecológicas de la región; en junio de 1997 se realizó la plantación en dos localidades, Tlacotepec Plumas perteneciente al distrito de Coixtlahuaca y en Magdalena Zahuatlán del distrito de Nochixtlán.

En ambas localidades se utilizaron 1404 plantas útiles que fueron sujetas a evaluación, 32 plantas de borde en la localidad Magdalena Zahuatlán y 189 en la localidad Tlacotepec Plumas.

Sistema de plantación

Tanto en la localidad Magdalena Zahuatlán como Tlacotepec Plumas, la plantación se realizó empleando un sistema de plantación de cepa común de 40x40x40 cm y con una distribución de un arreglo en tresbolillo, a una separación de tres metros entre líneas y entre plantas.

Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en la plantación en ambas localidades fue de bloques completos al azar, con 12 bloques completos, con 13 procedencias y con 9 plantas por unidad experimental (Figuras 2 y 3).

Mediciones

En ambas localidades, después de haberse establecido la plantación se midió la altura (en cm) y el diámetro basal del tallo (en cm), las cuales

constituyeron los valores iniciales o valores “cero”. A 2.5 años después del establecimiento de la plantación (diciembre de 1999), se midieron nuevamente la altura y el diámetro basal del tallo, además el diámetro de copa y el número de verticilos.

La altura se midió con un flexómetro, a partir de la superficie del suelo hasta la yema apical. El diámetro basal se midió con “pie de rey”, en el cuello de la planta, es decir, al nivel del suelo.

El diámetro de copa se midió con un flexómetro; debido la forma no circular de las copas se realizaron dos mediciones, diámetro mayor y diámetro menor, en cada planta, registrándose el promedio, y cuando las copas se asemejaban a una forma circular se realizó solo una medición.

El número de verticilos se contó desde el primer verticilo que se encuentra cerca de la base del árbol hasta el último verticilo que se había formado.

Variables evaluadas

Con las mediciones que se realizaron, se evaluaron las siguientes variables, que permitieron evaluar las procedencias de esta especie y rechazar o no rechazar la hipótesis nula.

- a) Altura e incremento en altura.
- b) Diámetro basal e incremento en diámetro basal.
- c) Diámetro de copa.
- d) Número de verticilos
- e) Supervivencia.

Figura 1. Archivo Figuras1y2 (hoja 2)

Figura 2. Archivo Figuras1y2 (hoja 1)

La variable sobrevivencia se determinó mediante la diferencia entre el total de las plantas y las existentes al momento de la última medición.

Procesamiento estadístico

Se realizó un análisis de varianza para cada variable, considerando el efecto anidado de las procedencias dentro de las localidades, con un diseño de bloques completos al azar, utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + \beta_j + L\beta_{(ij)} + P_k + LP_{(ik)} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1$ y 2 Localidades.

$j = 1, 2, 3, \dots, 12$ Bloques.

$k = 1, 2, 3, \dots, 13$ Procedencias.

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la observación de la i -ésima localidad, del j -ésimo bloque en la k -ésima procedencia.

μ = Efecto de la media general.

L_i = Efecto de la i -ésima localidad.

β_j = Efecto de j -ésimo bloque.

$L\beta_{(ij)}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima localidad con la j -ésimo bloque.

P_k = Efecto de la k -ésima procedencia.

$LP_{(ik)}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima localidad con la k -ésima procedencia.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental que corresponde al error de k -ésima procedencia en el j -ésimo bloque en la i -ésima localidad.

Este modelo fue para conocer si había efecto de la localidad, de la procedencia y de la interacción localidad por procedencia.

Con el propósito conocer el efecto de las procedencias en cada localidad, también se realizó un análisis de varianza para cada localidad, considerando un diseño de bloques completos al azar, con el siguiente modelo:

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

$i = 1, 2, \dots, 13$ Procedencias.

$j = 1, 2, \dots, 12$ Bloques.

Donde:

Y_{ij} = Valor de la observación de la i -ésima procedencia en el j -ésimo bloque.

μ = Efecto de la media general.

P_i = Efecto de la i -ésima procedencia.

β_j = Efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto del error aleatorio que corresponde a la interacción de la i -ésima procedencia y el j -ésimo bloque (Cochran y cox, 1965).

Se realizó la prueba de comparación Tukey de medias por localidad, en caso de existir diferencias significativas entre procedencias.

La variable sobrevivencia fue evaluada en porcentajes, por lo que se transforma a con la siguiente expresión: $\arcsen = \sqrt{X/100}$, donde X = Porcentaje en sobrevivencia (Cochran y Cox, 1965).

Todos los procesamientos estadísticos se realizaron con el paquete estadístico S.A.S (Statistical Analysis System) versión 6.04.

RESULTADOS

Altura

En este apartado se presentan los resultados de las variables altura y del incremento en altura, de la medición realizada a 2.5 años de la plantación.

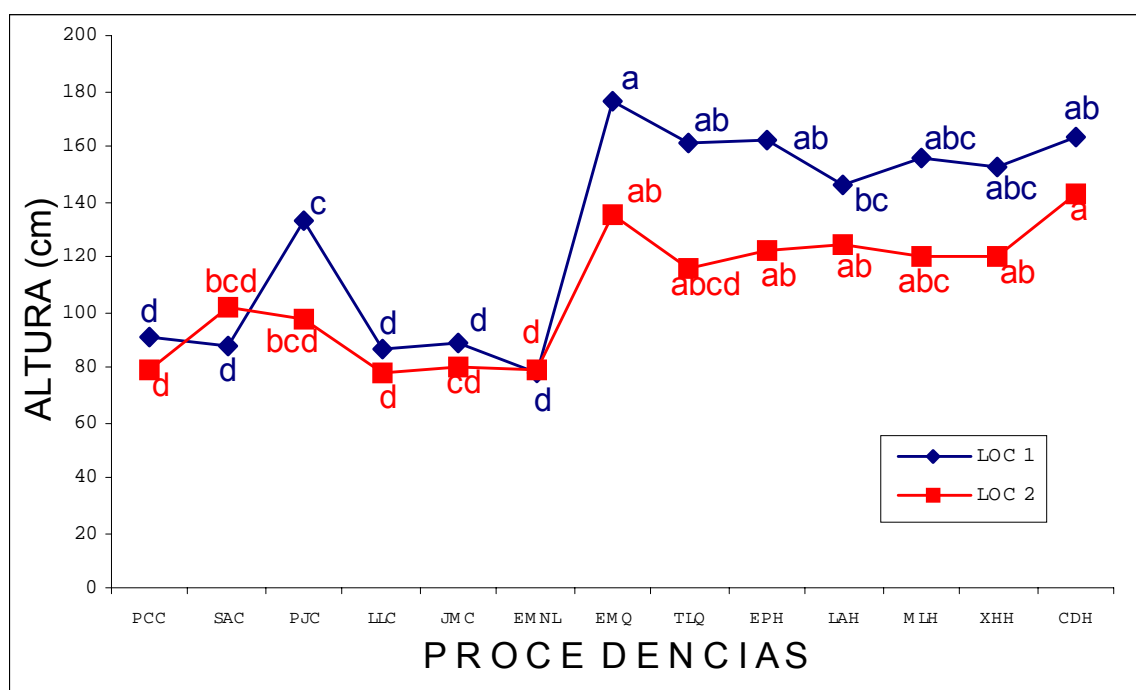
El análisis de varianza de la variable altura a 2.5 años de la plantación, arrojó diferencias estadísticas significativas ($P > 0.0001$) en la interacción localidad por procedencia, entre localidades ($P > 0.0001$) y entre procedencias ($P > 0.0001$) (Apéndice 1).

La interacción de la localidad por procedencia se observa en la Figura 3, en donde, en general la localidad Tlacotepec Plumas presenta proporcionalmente mayores valores en altura que la localidad Magdalena Zahuatlán; excepto la procedencia Santa Anita, Coah. (SAC), que tuvo mayor altura final en la localidad Magdalena Zahuatlán que en la localidad Tlacotepec Plumas. Así mismo, también se puede interpretar la interacción en las procedencias Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Ejido 18 de Marzo N. L (EMNL); la primera porque es muy amplia la diferencia en altura de las localidades y en la segunda porque en ambas localidades presenta casi igual altura.

A 2.5 años de la plantación, las medias generales del crecimiento en altura fueron estadísticamente diferentes entre localidades, ya que en la localidad Tlacotepec Plumas fue de 129.33 cm y en la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 107.26 cm (Apéndice 2).

En general se aprecian dos grupos de procedencias (Figura 3), el primer grupo lo conforman las procedencias que a 2.5 años de la plantación presentaron las mayores alturas y el segundo grupo las que presentaron los menores valores. En la localidad Tlacotepec Plumas, el primer grupo lo

conforman todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron valores de 146.31 a 175.80 cm y una procedencia del Norte del país, Puerto San Juan, Coah. (PJC) que alcanzó 133.25 cm de altura, el segundo grupo lo constituyen las procedencias de Norte (Coah. y N. L.) (78.31 a 90.38 cm de altura), excepto Puerto San Juan Coah. (PJC). En la localidad Magdalena Zahuatlán, el primer grupo lo constituyen todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron alturas de 115.67 a 142.77 cm y el segundo grupo lo conforman todas las procedencias del Norte del país (Coah. y N. L.) que registraron alturas de 78.18 a 102.06 cm.



(Letras iguales no existe diferencia estadística significativa entre sí)

PROCEDENCIAS: PCC= Puerto Los Conejos, Coah; SAC= Santa Anita, Coah; PJC= Puerto San Juan, Coah; LLC= Los Lirios, Coah; JMC= Jamé, Coah; EMNL= Ejido 18 de Marzo, N. L.; EMQ= El Madroño, Qro; TLQ= Tres Lagunas, Qro; EPH= El Piñón, Hgo; LAH= Laguna Atezca, Hgo; MLH= Molango, Hgo; XHH= Xichicotlán, Hgo. y CDH= Comunidad Durango, Hgo. LOCALIDADES: Loc. 1= Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca; Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Figura 3. Altura a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecidas en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

En la localidad Tlacotepec Plumas, entre las procedencias del centro, la que alcanzó la mayor altura fue El Madroño, Qro. (EMQ) (175.80 cm), mientras que Laguna Atezca, Hgo. (LAH) fue la más baja (146.31 cm) y las demás

procedencias alcanzaron alturas intermedias, sin presentar diferencias significativas entre sí; en cambio, la procedencia del Norte que alcanzó la mayor altura fue Puerto San Juan, Coah. (PSJC) (133.25 cm), misma que fue estadísticamente igual a tres de las procedencias del centro (Laguna Atezca Hgo., Xichicotlán, Hgo. y Molango Hgo.) y significativamente diferente a las demás procedencias del Norte, que alcanzaron alturas más bajas y estadísticamente iguales entre sí (Figura 3) (Apéndice 2).

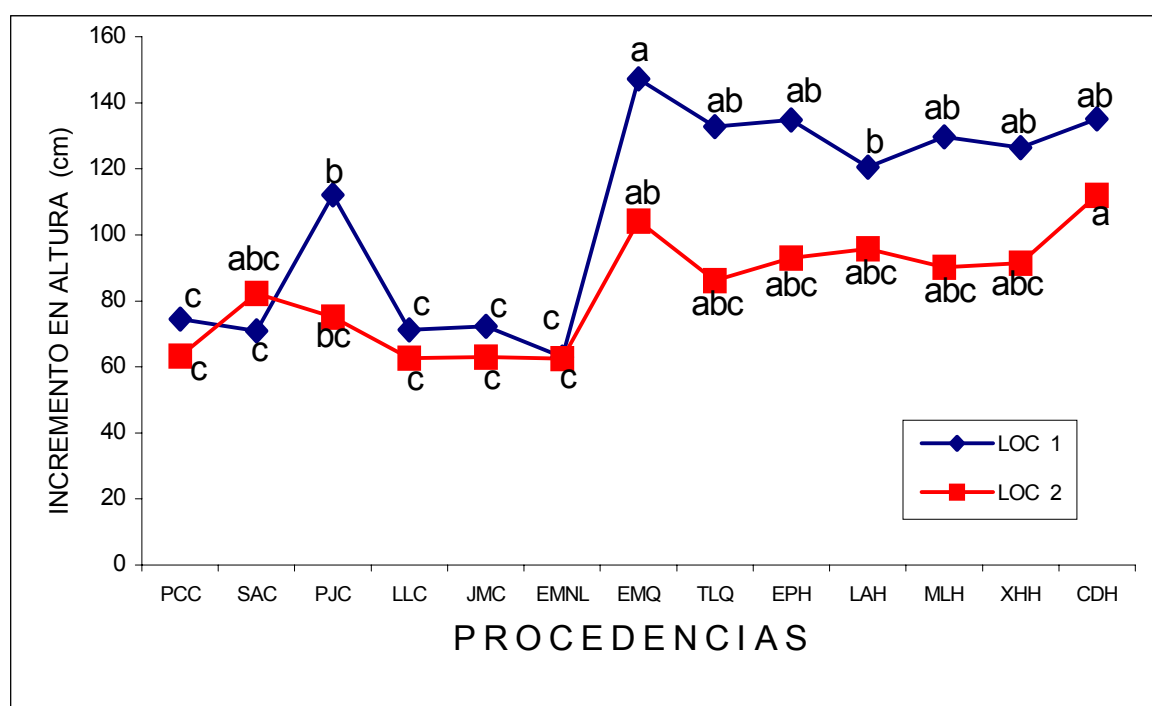
En la localidad Magdalena Zahuatlán, entre las procedencias del centro, la que alcanzó mayor altura a 2.5 años de plantación fue Comunidad Durango, Hgo. (CDH) (142.77 cm), la menor altura final la alcanzó Tres Lagunas, Qro. (TLQ) (115.67 cm) y las otras alcanzaron alturas intermedias, pero todas fueron estadísticamente iguales entre sí. Entre las procedencias del Norte, las que alcanzaron las mayores alturas fueron Santa Anita, Coah. (SAC) (102.06 cm) y Puerto San Juan, Coah. (PJC) (97.50 cm) siendo estadísticamente diferente a las demás procedencias del Norte e igual a la mayoría de las procedencias del centro, excepto a Comunidad Durango Hgo. (CDH), las otras procedencias del Norte alcanzaron alturas bajas, pero sin diferencias significativas (Figura 3) (Apéndice 2).

El análisis de varianza de la variable incremento en altura, mostró diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia ($P > 0.0001$), entre localidades ($P > 0.0001$) y entre las procedencias ($P > 0.0001$) (Apéndice 1).

La interacción localidad por procedencia de la variable incremento en altura es evidente, ya que al igual que en la altura en la localidad Tlacotepec Plumas en general las procedencias presentan mayores valores que en la localidad Magdalena Zahuatlán, pero la procedencia Santa Anita, Coah. (SAC) tuvo mayor incremento total en altura en la localidad Magdalena Zahuatlán que en la localidad Tlacotepec Plumas, además de que las procedencias Puerto

San Juan, Coah. (PJC) y Ejido 18 de Marzo N. L. (EMNL) tuvieron el mismo comportamiento como en la altura (Figura 4).

Las localidades fueron estadísticamente diferentes en la variable incremento en altura, ya que la media para la localidad Tlacotepec Plumas fue de 105.98 cm y para la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 83.20 cm (Apéndice 2).



(Letras iguales no existe diferencia estadística significativa entre sí)

PROCEDENCIAS: PCC= Puerto Los Conejos, Coah; SAC= Santa Anita, Coah; PJC= Puerto San Juan, Coah; LLC= Los Lirios, Coah; JMC= Jamé, Coah; EMNL= Ejido 18 de Marzo, N. L.; EMQ= El Madroño, Qro; TLQ= Tres Lagunas, Qro; EPH= El Piñón., Hgo; LAH= Laguna Atezca, Hgo; MLH= Molango, Hgo; XHH= Xichicotlán, Hgo. y CDH= Comunidad Durango, Hgo. LOCALIDADES: 1= Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca; Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Figura 4. Incremento en altura a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

De manera general, al igual que en la altura, se aprecian dos grupos de procedencias (Figura 4), el primer grupo lo constituyen las procedencias que a 2.5 años de la plantación presentaron los mayores incrementos en altura y el segundo grupo las que presentaron los menores valores. En la localidad

Tlacotepec Plumas, el primer grupo lo integran todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron incrementos en altura de 120.56 a 147.21 cm y una procedencia del Norte del país, Puerto San Juan, Coah. (PJC) que alcanzó 112.17 cm de incremento en altura, el segundo grupo lo conforman las procedencias de Norte (Coah. y N. L.) (63.05 a 74.46 cm de incremento en altura), excepto Puerto San Juan Coah. (PJC). En la localidad Magdalena Zahuatlán, el primer grupo lo integran todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron incrementos en altura de 86.21 a 112.01 cm y el segundo grupo lo conforman todas las procedencias del Norte del país (Coah. y N. L.) que alcanzaron incrementos en alturas de 62.56 a 82.20 cm.

En la localidad Tlacotepec Plumas, la procedencia del centro del país que presentó mayor incremento en altura fue El Madroño, Qro. (EMQ) (147.21 cm), el menor incremento en altura lo presentó Laguna Atezca, Hgo. (LAH) (120.56 cm) y las otras presentaron incrementos en altura intermedios. Entre las procedencias del Norte, la que presentó el mayor incremento en altura fue Puerto San Juan, Coah. (PJC) (112.17 cm) que fue estadísticamente diferente a las otras procedencias del Norte e igual a la mayoría de las del centro, excepto a El Madroño Qro. (EMQ), las demás procedencias del Norte alcanzaron incrementos en altura bajos y estadísticamente iguales entre sí (Figura 4) (Apéndice 2)

En la localidad Magdalena Zahuatlán, entre las procedencias del centro del país, la que presentó el mayor incremento en altura fue Comunidad Durango, Hgo. (CDH) (112.01 cm), la que presentó el menor incremento en altura fue Tres Lagunas, Qro. (TLQ) (86.21 cm) y las otras presentaron incrementos en altura intermedios, siendo todas estadísticamente iguales entre sí. Entre las procedencias del Norte, las que presentaron los mayores incrementos en altura fueron Santa Anita, Coah. (SAC) (82.20 cm) y Puerto San Juan, Coah. (PJC) (75.05 cm) que fueron estadísticamente igual a todas las

procedencias del centro y del Norte, las demás procedencias del Norte presentaron incrementos en altura bajos e iguales estadísticamente entre sí (Figura 4) (Apéndice 2).

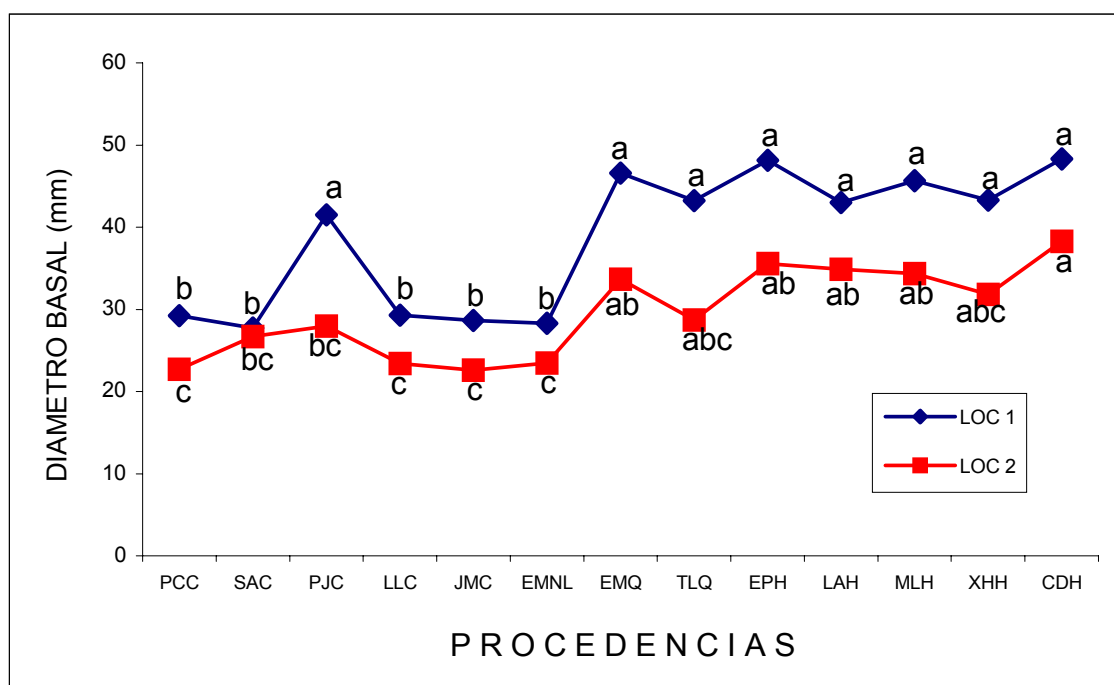
Diámetro basal

En este apartado se presentan los resultados de las variables diámetro basal y del incremento total en diámetro basal, de la evaluación realizada a 2.5 años de la plantación.

El análisis de varianza de la variable diámetro basal, arrojó diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencias ($P > 0.0065$), entre las localidades ($P > 0.0001$) y entre procedencias ($P > 0.0001$) (Apéndice 1).

La mayoría de las procedencias siguen la misma tendencia en ambas localidades, pero en la localidad Tlacotepec Plumas tuvieron proporcionalmente mayores diámetros basales que en la localidad Magdalena Zahuatlán. Sin embargo la interacción localidad por procedencia lo muestran las procedencias Santa Anita, Coah. (SAC) y Puerto San Juan, Coah. (PJC), la primera porque casi presenta iguales valores y la segunda porque es muy amplia la diferencia en diámetro basal final de las localidades (Figura 5).

El diámetro basal fue estadísticamente diferente entre las localidades, ya que la localidad Tlacotepec Plumas presenta una media de 38.7 mm y la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 29.54 mm (Apéndice 3).



(Letras iguales no existe diferencia estadística significativa entre sí)

PROCEDENCIAS: PCC= Puerto Los Conejos, Coah; SAC= Santa Anita, Coah; PJC= Puerto San Juan, Coah; LLC= Los Lirios, Coah; JMC= Jamé, Coah; EMNL= Ejido 18 de Marzo, N. L.; EMQ= El Madroño, Qro; TLQ= Tres Lagunas, Qro; EPH= El Piñón., Hgo; LAH= Laguna Atezca, Hgo; MLH= Molango, Hgo; XHH= Xichicotlán, Hgo. y CDH= Comunidad Durango, Hgo. LOCALIDADES: Loc. 1= Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca; Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Figura 5. Diámetro basal a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

De manera general se aprecian dos grupos de procedencias (Figura 5), el primer grupo lo constituyen las procedencias que a 2.5 años de la plantación presentaron los mayores diámetros basales y el segundo grupo las procedencias que presentaron los menores valores. En la localidad Tlacotepec Plumas, el primer grupo lo conforman todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron valores de 43.0 a 48.3 mm y una procedencia del Norte del país, Puerto San Juan, Coah. (PJC) que alcanzó 41.5 mm de diámetro basal, el segundo grupo lo conforman todas las procedencias del Norte (Coah. y N. L.) (27.7 a 29.3 mm de diámetro basal), excepto Puerto San Juan, Coah. (PJC). En la localidad Magdalena Zahuatlán, el primer grupo lo constituyen todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron diámetros basales de 28.7 a 38.3 mm y el segundo grupo lo

conforman todas las procedencias del Norte del país (Coah. y N. L.) que alcanzaron diámetros de 22.6 a 27.9 mm.

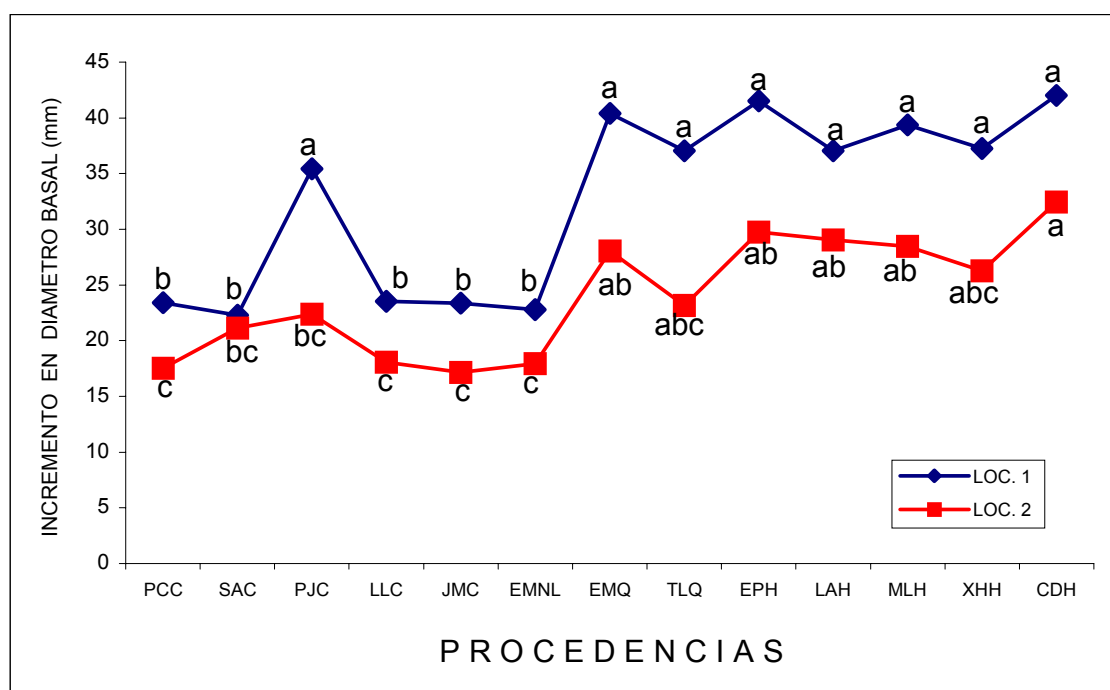
En la localidad Tlacotepec Plumas, todas las procedencias del centro del país fueron estadísticamente iguales entre sí, presentando valores de 43.0 mm (Laguna Atezca, Hgo.) a 48.3 mm (Comunidad Durango, Hgo.). De las procedencias del Norte Puerto San Juan Coah. (PJC) presentó el mayor diámetro basal (41.5 mm), siendo estadísticamente diferente a las otras del Norte e igual a todas las procedencias del centro, las demás procedencias del Norte alcanzaron diámetros basales bajos, sin diferencias significativas entre sí (Figura 5) (Apéndice 3).

En la localidad Magdalena Zahuatlán, entre las procedencias del centro, Comunidad Durango, Hgo (CDH) presentó el mayor diámetro basal (38.3 mm) que fue estadísticamente diferente a todas las procedencias del Norte, los menores diámetros finales lo presentaron Tres Lagunas Qro. (TLQ) (28.7 mm) y Xichicotlán, Hgo. (XHH) (31.8 mm) que fueron estadísticamente iguales a todas las procedencias del Norte, las otras procedencias del centro presentaron diámetros finales intermedios, siendo todas las procedencias del centro estadísticamente iguales entre sí. Las procedencias del Norte que presentaron mayores diámetros basales son Puerto San Juan, Coah. (PJC) (27.9 mm) y Santa Anita, Coah. (SAC) (26.7 mm) y las demás procedencias presentaron diámetros basales bajos, siendo todas estadísticamente iguales entre sí (Figura 5) (Apéndice 3).

El análisis de varianza de la variable incremento en diámetro basal, arrojó diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia ($P > 0.0089$), entre localidades ($P > 0.0001$) y entre procedencias ($P > 0.0001$) (Apéndice 1).

Al igual que en la variable diámetro basal, la mayoría de las procedencias desarrollan proporcionalmente mayores incrementos en el diámetro basal en la localidad Tlacotepec Plumas y menores incrementos en la localidad Magdalena Zahuatlán, esto con excepción para las procedencia Santa Anita, Coah. (SAC) cuyo valor en ambas localidades fue igual y la Puerto San Juan Coah. (PJC) con valor promedio muy alto la localidad Tlacotepec Plumas, con respecto a localidad Magdalena Zahuatlán. Los valores de ambas procedencias representan la interacción localidad por procedencia (Figura 6).

La medias de las localidades fueron estadísticamente diferentes entre ellas, ya que en la localidad Tlacotepec Plumas fue de 32.72 mm y en la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 23.95 mm (Apéndice 3).



(Letras iguales no existe diferencia estadística significativa entre sí)

PROCEDENCIAS: PCC= Puerto Los Conejos, Coah; SAC= Santa Anita, Coah; PJC= Puerto San Juan, Coah; LLC= Los Lirios, Coah; JMC= Jamé, Coah; EMNL= Ejido 18 de Marzo, N. L; EMQ= El Madroño, Oro; TLQ= Tres Lagunas, Oro; EPH= El Piñón., Hgo; LAH= Laguna Atezca, Hgo; MLH= Molango, Hgo; XHH= Xichicotlán, Hgo. y CDH= Comunidad Durango, Hgo. LOCALIDADES: Loc. 1= Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca; Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Figura 6. Incremento en diámetro basal a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

En forma general en ambas localidades se aprecian dos grupos de procedencias (Figura 6), el primer grupo lo constituyen la procedencias la procedencias que a 2.5 años de la plantación presentaron los mayores incrementos en diámetro basal y el segundo grupo las procedencia que alcanzaron los menores valores. En la localidad Tlacotepec Plumas, el primer grupo lo constituyen todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron incrementos en diámetro basal de 37.0 a 42.3 mm y una procedencia del Norte del país, Puerto San Juan, Coah. (PJC) que alcanzó 35.4 mm de incremento en diámetro basal, el segundo grupo lo constituyen todas la procedencias del Norte (Coah. y N. L.) (22.1 a 23.5 mm de incremento en diámetro), excepto Puerto San Juan, Coah. (PJC). En la localidad Magdalena Zahuatlán, el primer grupo lo constituyen todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron incrementos en diámetro basal de 23.1 a 32.4 mm y el segundo grupo lo conforman todas las procedencias del Norte que alcanzaron incrementos en diámetro basal de 17.1 a 22.3 mm.

En la localidad Tlacotepec Plumas, las procedencias del centro presentaron incrementos en diámetro de 37.0 mm (Tres Lagunas, Qro.) a 42.0 (Comunidad Durango, Hgo.), siendo todas estadísticamente iguales entre sí. La procedencia del Norte que presentó mayor incremento en diámetro fue Puerto San Juan Coah. (PJC) que fue estadísticamente igual a todas las procedencias del centro y diferente a las otras procedencias del Norte que presentaron incrementos en diámetro basal bajos y sin diferencias significativas entre sí (Figura 6) (Apéndice 3).

En la localidad Magdalena Zahuatlán, todas las procedencias del centro fueron estadísticamente iguales entre sí en el incremento diámetro basal, Tres Lagunas, Qro. (TLQ) y Xichicotlán, Hgo. (XHH) fueron estadísticamente iguales a todas las procedencias del Norte. De las procedencias del Norte las que presentaron mayores incrementos en diámetro basal fueron Puerto San Juan, Coah. (PJC) (22.3 mm) y Santa Anita, Coah. (SAC) (21.1 mm) que fueron

estadísticamente iguales todas las procedencias del centro, excepto a Comunidad Durango, Hgo. (CDH), las demás procedencias del Norte presentaron incrementos en diámetro basales bajos, siendo todas estadísticamente iguales entre sí (Figura 6) (Apéndice 3).

Diámetro de copa

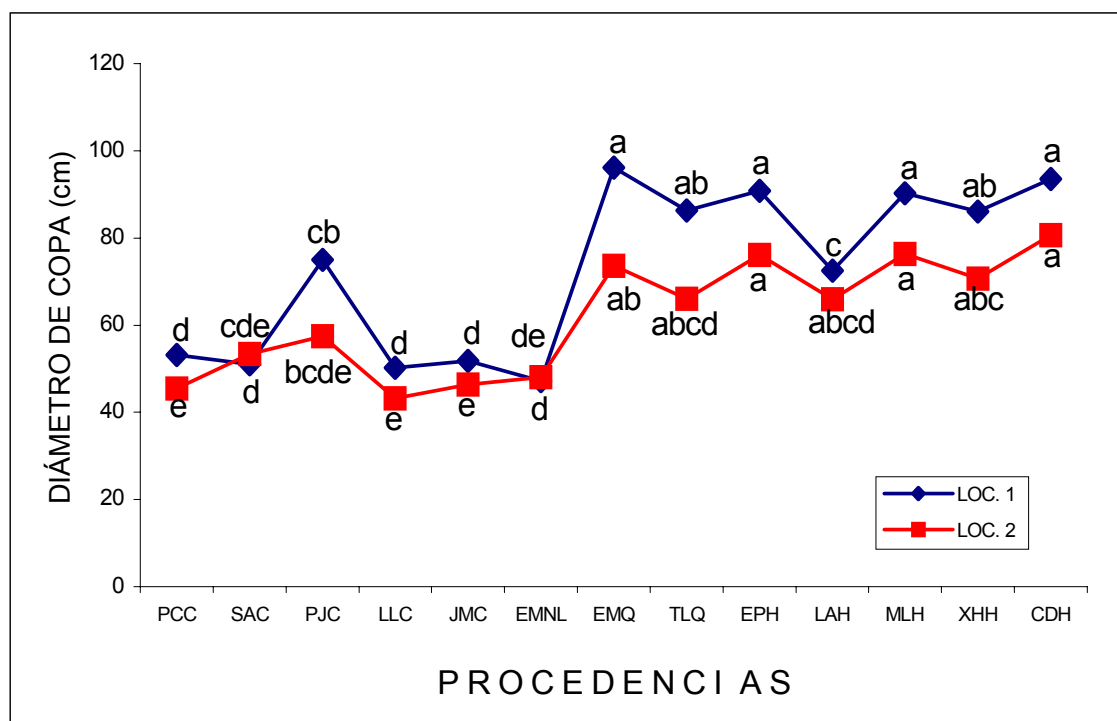
El análisis de varianza de la variable diámetro de copa a 2.5 años de la plantación, arrojó diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia ($P > 0.0038$), entre localidades ($P > 0.0001$) y entre procedencias ($P > 0.0001$) (Apéndice 1).

En esta variable también existe interacción de localidad por procedencia. Mientras que la mayoría de las procedencias presentan proporcionalmente mayor diámetro de copa en la localidad Tlacotepec Plumas que en Magdalena Zahuatlán, las procedencias Santa Anita, Coah. (SAC), Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Ejido 18 de Marzo, N. L. (EMNL) no siguen esta tendencia. La primera presenta menor diámetro de copa en Tlacotepec Plumas que en Magdalena Zahuatlán, la segunda presenta amplia diferencia en diámetro de copa y la tercera presenta ligeramente menor valor en la localidad Tlacotepec Plumas que en la localidad Magdalena Zahuatlán (Figura 7).

La localidad Tlacotepec Plumas en la variable diámetro de copa tuvo una media de 72.610 cm y en la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 61.793 cm, siendo estadísticamente diferentes entre sí (Apéndice 4).

De manera general se aprecian dos grupos de procedencias (Apéndice 4), el primer grupo de procedencias lo conforman las procedencias que prestaron los mayores diámetros de copa y el segundo grupo las procedencias que presentaron los menores valores. En la localidad Tlacotepec Plumas, el

primer grupo lo constituyen todas las procedencias del centro del país (Qro. e Hgo.) que presentaron diámetros de copa de 72.54 a 96.10 cm y una procedencia del Norte, Puerto San Juan, Coah. (PJC) que alcanzó 74.99 cm de diámetro de copa, el segundo grupo lo conforman todas las procedencias del Norte (Coah. y N. L.) (47.19 a 35.20 cm de diámetro de copa), excepto Puerto San Juan, Coah. (PJC). En la localidad Magdalena Zahuatlán, el primer grupo lo constituyen todas las procedencias del centro (Qro. e Hgo) del país que presentaron diámetro de copa de 65.91 a 80.68 cm, el segundo grupo lo conforman todas las procedencias del Norte (Coah. y N. L.) que alcanzaron diámetros de copa de 423.19 a 57.43 cm.



(Letras iguales no existe diferencia estadística significativa entre sí)

PROCEDENCIAS: PCC= Puerto Los Conejos, Coah; SAC= Santa Anita, Coah; PJC= Puerto San Juan, Coah; LLC= Los Lirios, Coah; JMC= Jamé, Coah; EMNL= Ejido 18 de Marzo, N. L.; EMQ= El Madroño, Qro; TLQ= Tres Lagunas, Qro; EPH= El Piñón., Hgo; LAH= Laguna Atezca, Hgo; MLH= Molango, Hgo; XHH= Xichicotlán, Hgo. y CDH= Comunidad Durango, Hgo. LOCALIDADES: 1= Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca; 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Figura 7. Diámetro de copa a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

En la localidad Tlacotepec Plumas, entre las procedencias del centro, a 2.5 años de la plantación todas las procedencias presentaron diámetros de copa estadísticamente iguales, excepto Laguna Atezca, Hgo. (LAH) que presentó en menor valor (72.54 cm) y fue estadísticamente diferente a las otras procedencias del centro. Entre las procedencias del Norte, Puerto San Juan, Coah. (PJC) presentó el mayor valor en diámetro de copa (74.99 cm) siendo estadísticamente diferente a las demás del Norte e igual a tres procedencias del centro (Tres Lagunas Qro., Xichicotlán, Hgo. y Laguna Atezca, Hgo), las otras procedencias del Norte arrojaron valores bajos sin presentar diferencias significativas entre sí (Figura 7) (Apéndice 4).

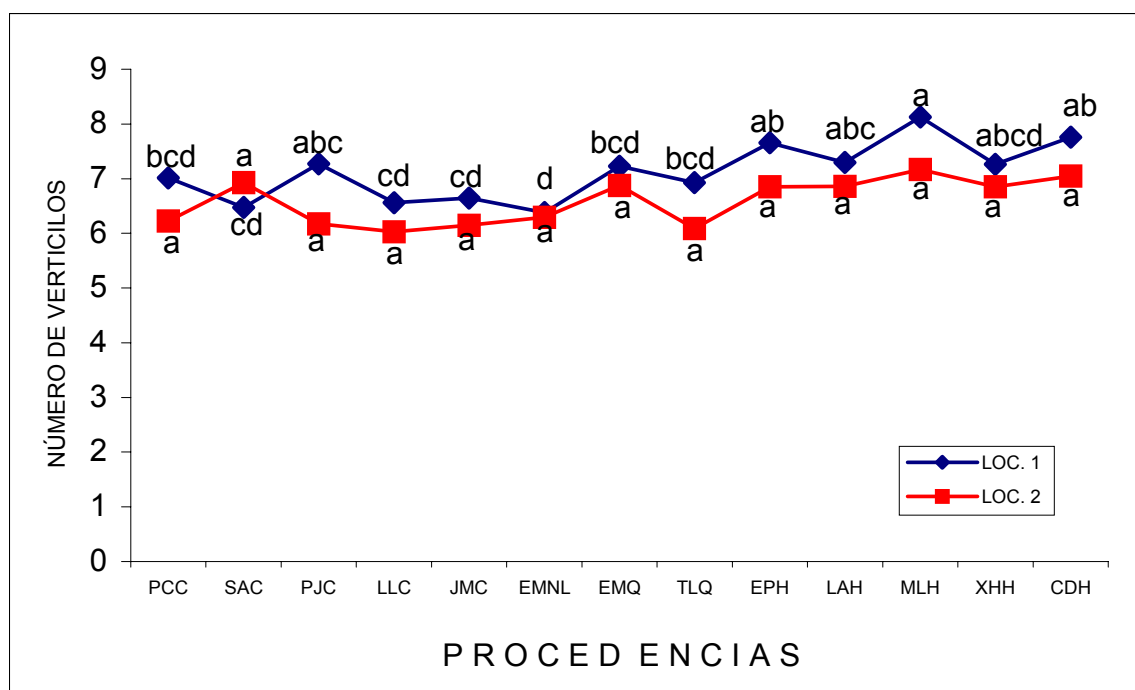
En la localidad Magdalena Zahuatlán, las procedencias del centro presentaron valores de diámetro de copa de 65.91 (Laguna Atezca, Hgo.) a 80.68 cm (Comunidad Durango, Hgo), siendo todas estadísticamente iguales entre sí. Entre las procedencias del Norte, Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Santa Anita, Coah. (SAC) presentaron los valores más altos (57.43 y 53.38 cm, respectivamente) siendo estadísticamente iguales a tres procedencias del centro (Tres Lagunas, Qro., Laguna Atezca, Hgo. y Xichicotlán, Hgo.), las restantes presentaron valores bajos, siendo todas estadísticamente iguales entre sí (Figura 7) (Apéndice 4).

Número de verticilos

El análisis de varianza de la variable número de verticilos a 2.5 años de la plantación, no mostró diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia ($P > 0.0989$), pero sí entre localidades ($P > 0.0160$) y entre procedencias ($P > 0.0001$) (Apéndice 1).

En esta variable, a diferencia de las anteriores, no existe interacción localidad por procedencia. La mayoría de las procedencias presentan

proporcionalmente mayores valores en la localidad Tlacotepec Plumas que en Magdalena Zahuatlán, sólo la procedencia Santa Anita Coah. (SAC) mostró lo contrario, sin que este valor provoque un efecto significativo para la interacción (Figura 8).



(Letras iguales no existe diferencia estadística significativa entre sí)

PROCEDENCIAS: PCC= Puerto Los Conejos, Coah; SAC= Santa Anita, Coah; PJC= Puerto San Juan, Coah; LLC= Los Lirios, Coah; JMC= Jamé, Coah; EMNL= Ejido 18 de Marzo, N. L.; EMQ= El Madroño, Qro; TLQ= Tres Lagunas, Qro; EPH= El Piñón., Hgo; LAH= Laguna Atezca, Hgo; MLH= Molango, Hgo; XHH= Xichicotlán, Hgo. y CDH= Comunidad Durango, Hgo. LOCALIDADES: Loc. 1= Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca; Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Figura 8. Número de verticilos a 2.5 años de plantación de 13 procedencias de *Pinus greggii*, establecida en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

En la variable número de verticilos, la localidad Tlacotepec Plumas tuvo un valor medio de 7.1 y en la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 6.6, siendo estadísticamente diferentes entre sí (Apéndice 4).

En esta variable, tanto en la localidad Tlacotepec Plumas como en la localidad Magdalena Zahuatlán, no se mostró la separación de dos grupos de procedencias (Figura 8), como en las variables anteriores.

En la localidad Tlacotepec Plumas, la procedencia Molango Hgo. (MLH) alcanzó mayor valor (8.1) siendo estadísticamente igual a las procedencias Comunidad Durango, Hgo. (CDH), Xichicotlán, Hgo. (XHH), Laguna Atezca, Hgo. (LAH), El Piñón, Hgo. (EPH) y Puerto San Juan, Coah. (PJC). La procedencia que presentó el menor valor fue Ejido 18 de Marzo, N. L. (EMNL) (6.4) que fue igual estadísticamente a Xichicotlán, Hgo. (XHH), Tres Lagunas, Qro. (TLQ), Jamé, Coahuila (JMC), Los Lirios, Coah. (LLC), Santa Anita Coah. (SAC) y Puerto Los Conejos Coah. (PCC), pero diferente al resto de las procedencias (Figura 8) (Apéndice 4).

En la localidad Magdalena Zahuatlán, los valores variaron de 6.0 a 7.1 (Los Lirios, Coah. y Molango Hgo., respectivamente), pero todas sin diferencias estadísticas entre sí (Figura 8) (Apéndice 4).

Sobrevivencia

En el análisis de varianza realizado para la variable sobrevivencia a 2.5 años de la plantación, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia ($P > 0.1295$), entre localidades ($P > 0.9739$), ni entre procedencias ($P > 0.3362$) (Apéndice 1).

La sobrevivencia promedio general fue de 96.17 %. A nivel de localidades, el promedio de sobrevivencia fue ligeramente mayor a 96 %. A nivel de procedencias, en la localidad Tlacotepec Plumas la mínima sobrevivencia fue de 92.59 % y la máxima de 99.07 %, mientras que la localidad Magdalena Zahuatlán la mínima fue de 91.20 % y de 99.07 la máxima.

DISCUSION

Para las variables altura final, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y número de verticilos, las diferencias encontradas entre las localidades Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán, se deben posiblemente al efecto del pH, contenido de materia orgánica y nitrógeno total de sus suelos. La localidad Tlacotepec Plumas presentó los mayores valores promedios en las variables mencionadas, favorecida porque en esta localidad se presentan menores valores de pH (7.66 a 7.92), mayores porcentajes de materia orgánica (2.80 a 3.125 %) y mayores porcentajes de nitrógeno total (0.159 a 0.195 %) con respecto a la localidad Magdalena Zahuatlán que presenta valores pH más altos (8.12 a 8.17 %), menores porcentajes de materia orgánica (2.18 a 2.68 %) y menor contenido de nitrógeno total (0.078 a 0.130 %).

López *et al.* (1999) mencionan que las condiciones de suelo como acidez, contenido de materia orgánica y nutrientes influyen en el óptimo desarrollo de *P. greggii*. El menor valor de pH que existe en Tlacotepec Plumas favorece a la especie, ya que a menores pH manifiesta mayor crecimiento (Donahue, 1990; López *et al.*, 2000). La fertilidad de los suelos afecta a las características de las plantas, ya que Salazar *et al.* (1998) encontraron que el efecto de los ambientes de fertilidad fueron más importantes sobre el crecimiento en altura y diámetro, así mismo el nitrógeno favoreció al crecimiento aéreo. Capó *et al.* (1999) al evaluar el efecto de diferentes regímenes de fertilización en la etapa de vivero, encontraron que en la variable diámetro los diferentes niveles de nitrógeno comparados con el testigo se obtuvieron diferencias altamente significativas, obteniéndose mejores diámetros en tres de los tratamientos en comparación con el testigo.

En comparación con otros estudios de la misma especie, Salazar *et al.* (1998) encontraron diferencias significativas entre sitios de plantación sólo en la

variable altura de la planta, pero no en otras variables, siendo el sitio de la parte más baja de la pendiente del terreno el que presentó mayor altura en comparación con el sitio de la parte más alta. En cambio, al evaluar un ensayo de procedencias y progenies en dos localidades, Valencia *et al.* (1993), encontraron que el comportamiento de la altura y el diámetro fue similar en dos localidades (Lomas de San Juan, Chapingo y Metepec, México); sin embargo, no señalan las condiciones de cada localidad. En un estudio de *Pinus maximinoi* se presentan diferencias en dos sitios con diferente exposición (Vivero Anexo y Parque el Haya) en Jalapa, Ver.; el sitio Vivero Anexo tuvo mayor crecimiento y más amplia variación en las variables altura y diámetro, atribuible a las características topográficas que afectan a la incidencia de luz en los sitios de plantación y ésta a su vez influye en la temperatura y la humedad (Márquez *et al.*, 2000).

A 2.5 años de la plantación, en la Localidad Tlacotepec Plumas los incrementos promedios en altura y diámetro basal fueron de 105.98 cm y de 32.7 mm, respectivamente y en la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 83.20 cm y 23.9 mm, respectivamente. Estos valores fueron mayores en comparación con otros ensayos de la misma especie, López (1993) a los 18 meses de la plantación encontró incrementos de altura de 11.18 cm y de diámetro de 1.7 mm en la Sierra de Arteaga, Coah.; Sámano (1995) encontró un incremento en altura de 11.19 cm y en diámetro de 19.4 a 31.9 mm de diámetro a cuatro años de la plantación, en Arteaga Coah.; Hernández (1995) reporta un incremento en altura de 23.80 a 57.89 cm y de diámetro de 8.6 a 18.5 mm a dos años de la plantación en Los Lirios, Arteaga, Coah.; Ornelas (1997) encontró incrementos de altura de 72.60 a 82.60 cm y de diámetro de 17.7 a 20.8 mm a cinco años de plantación en Los Lirios, Arteaga, Coah.; y Serrato (2000) en dos localidades a cinco años de la plantación encontró incrementos de altura de 87.29 y 121.58 cm y de diámetro de 26.9 y 26.4 mm en el predio los Tarihuanes del Cañón Jamé, Arteaga, Coah. La razón por la cual todos estos estudios reportan menores crecimientos es porque en general estos sitios

registran bajas precipitaciones en comparación con las registradas en ambas localidades donde se realizó el presente estudio. Por su parte, Porras *et al.* (1995) en un ensayo de especies y procedencias en el campo experimental Barranca de Cupatitzio, reporta para *P. greggii* incrementos anuales en altura mayores de 94 cm e incrementos anuales de diámetro de 16 mm, los cuales fueron superiores a los encontrados en ambas localidades del presente estudio.

Los crecimientos promedios en altura y diámetro en la localidad Tlacotepec plumas fue de 129.33 cm y 38.7 mm, respectivamente y en la localidad Magdalena Zahuatlán de 107.26 cm y 29.5 mm, respectivamente. Los valores promedios de crecimiento en altura fueron similares y los de crecimiento en diámetro fueron mayores a los resultados encontrados por Valencia *et al.* (1993) que a tres años y cinco meses de establecida la plantación presentó crecimientos de altura de 147.90 a 156.90 cm y de diámetro de 32 a 13 mm en dos localidades (Lomas de San Juan, Chapingo y Metepec, México).

De las variables evaluadas en este trabajo la única que no presentó diferencias entre localidades fue sobrevivencia, lo que puede evidenciar que el pH, materia orgánica y nitrógeno de los suelos de las localidades posiblemente no influyen de manera determinante sobre esta variable, o bien, que la especie tiene alta capacidad de adaptación a las condiciones de estas localidades, de hecho, se ha utilizado en ambientes limitantes en el sur de Africa, Colombia y Brasil (Dvorak *et al.*, 1995).

En las variables altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento de diámetro basal y diámetro de copa en ambas localidades y número de verticilos en la localidad Tlacotepec Plumas se encontraron diferencias entre las procedencias. En forma general en ambas localidades las procedencias del centro del país presentaron los mayores valores y las procedencias del Norte los menores valores, excepto Puerto San Juan Coah. (PJC) que presentó

valores estadísticamente iguales a las procedencias del centro en la localidad Tlacotepec Plumas.

En un estudio de sobrevivencia y crecimiento de *P. greggii* en los trópicos y subtrópicos, Dvorak *et al.* (1995) también encontraron que en general los árboles de procedencias del centro del país fueron 100% más altos que los árboles de las procedencias del Norte, observándose además grandes diferencias morfológicas y de color de follaje. Así mismo, Capó *et al.* (1993) en un estudio de crecimiento en suelos de ocho localidades encontraron que en general las procedencias del centro del país mostraron mayores alturas y las procedencias del Norte los menores valores. La separación de las procedencias del centro del país y las del Norte, también se ha mostrado en diferentes estudios fisiológicos y morfológicos, encontrándose que las procedencias del centro en comparación con las del Norte crecen más rápido (Chávez, 1994) y tienen mayor potencial de semillas (López y Donahue, 1995). De igual forma las poblaciones del Norte del país tienen más altas concentraciones de longifolina que las poblaciones del centro (Donahue *et al.*, 1996) y emergen más rápido pero muestran menor crecimiento (López *et al.*, 2000). Mediante un estudio morfológico y con base a otros estudios, Donahue y López (1999) encontraron diferencias entre las poblaciones del centro y del Norte del país, por lo que las clasificaron en dos variedades, las procedencias del Norte del país corresponden a la variedad *greggii* y las del centro del país a la variedad *australis*.

Estas diferencias se deben posiblemente a que estas poblaciones han evolucionado en ambientes distintos, que posiblemente han modificado su componente genético. Las procedencias del centro del país crecen en suelos con pH más ácidos y las procedencias del Norte en suelos cercano a lo neutro (Cuadro 1). Donahue y López (1996) mencionan que los valores de pH bajos causados por altas precipitaciones encontradas en las poblaciones del centro del país son básicamente los que determinan que las procedencias del centro

crezcan más rápido que las procedencias del Norte. Además, las procedencias del centro del país pertenecen a menores altitudes, menores latitudes, mayores temperaturas medias anuales y mayores precipitaciones, con respecto a las procedencias del Norte del país (Cuadro 1), lo cual concuerda con lo mencionado por Donahue (1990), Chávez (1994) y López *et al.* (2000) de que las procedencias que se localizan en altitudes menores y en regiones más húmedas crecen más rápido que las procedencias que se encuentran en altitudes mayores y con precipitaciones menores. Por lo anterior, se puede afirmar que las procedencias de ambientes más ricos crecen más que las procedencias de ambientes más pobres como lo reporta Capó *et al.* (1993) en un estudio de vivero.

López y Donahue (1995) mencionan que las diferencias encontradas entre las procedencias del centro y del Norte del país, además de deberse a los mejores suelos y las más altas precipitaciones encontradas en los lugares del centro, en comparación con las procedencias del Norte, también se deben a las diferencias genéticas. Esto se confirma con lo encontrado por Ramírez *et al.* (1997) en un estudio de diversidad genética, ya que en general el porcentaje de loci polimórficos y el número de alelos por locus es ligeramente mayor en las poblaciones del centro que en las poblaciones del Norte del país; por ejemplo el alelo 2 del locus (MDH4) se encontró únicamente en las poblaciones del centro, en cambio, en las poblaciones del Norte del país aumentan las frecuencias del alelo 2 en los loci ADH1 y 6-PGD2.

En la localidad Tlacotepec Plumas, entre las procedencias del centro, la que tuvo menor altura, incremento en altura y diámetro de copa fue Laguna Atezca Hgo. (LAH), debido probablemente por presentar mayor temperatura (20°C) que las otras procedencias del centro. De las procedencias del Norte del país, Puerto San Juan, Coah. (PJC) presentó mayores valores y fue estadísticamente igual a la mayoría de las procedencias del centro. Puerto San Juan, Coah. (PJC) es beneficiado posiblemente por ser una de las

procedencias del Norte que presentan pH más ácidos (6.1), al igual que Puerto Los Conejos, Coah. (PCC) (pH=6.0). Dado que estas procedencias presentan los pH más ácidos, se esperaría que ambas presentaran los mayores valores, pero esto no sucede así, posiblemente por diferencias genéticas, ya que Ramírez *et al.* (1997) clasifica a estas dos procedencias en grupos distintos por sus distancias genéticas. También se puede asumir que la procedencia Puerto Los Conejos, Coah. (PCC) a 2.5 años de la plantación todavía no es tiempo suficiente para mostrar su potencial como lo hace Puerto San Juan, Coah. (PJC), ya que en un estudio realizado con base a características morfológicas, López (1993) agrupa estas dos procedencias en un mismo grupo y discute que la agrupación se debe a la similitud de sus condiciones ambientales, ya que sus condiciones climáticas varían muy poco, la temperatura, la precipitación y el pH son muy semejantes.

A diferencia de la localidad Tlacotepec Plumas, en la localidad Magdalena Zahuatlán todas las procedencias del centro fueron estadísticamente iguales y también las procedencias del Norte del país fueron iguales entre sí. En esta localidad, Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Santa Anita, Coah. (SAC) fueron estadísticamente iguales a las demás procedencias del Norte e iguales a algunas procedencias del centro, atribuible posiblemente al pH, ya que también Santa Anita, Coah. (SAC) presenta pH relativamente bajo (6.8), en esta localidad Puerto Los Conejos, Coah. (PLC) tampoco presentó mayores valores, a pesar de que Ramírez *et al.* (1997), mediante distancias genéticas, clasifica a esta procedencia junto con Santa Anita, Coah. (SAC). Sin embargo, mediante un estudio de características morfológicas, López (1993) clasifica a Santa Anita, Coah. (SAC) en un grupo distinto.

Es claro que la conformación genética de la procedencia Puerto Los Conejos, Coah. (PLC) impide a que ésta presente mayores valores (a 2.5 años de la plantación) en ambas localidades, aun presentando pH ácidos, ya que las procedencias Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Santa Anita, Coah. (SAC)

parecen tener ventajas en su conformación genética que permite que manifiesten mayores valores a 2.5 años de la plantación, al encontrarse que Santa Anita, Coah. (SAC) es la única entre las procedencias del Norte del país que presentó polimorfismo en el locus MDH1 y solamente en la procedencia Puerto San Juan, Coah. (PJC), la heterocigosidad observada superó significativamente a la esperada, lo cual indica un exceso de individuos heterocigotes (Ramírez *et al.* 1997).

En estudios anteriores se ha encontrado que entre las procedencias del centro del país, algunas han manifestado mayores rendimientos con respecto a las otras. Dvorak *et al.*, (1995) encontraron que las procedencias del centro del país El Madroño, Qro. y Laguna Seca, Hgo. son más prometedoras en los trópicos y subtropicos, estas mismas procedencias en un estudio de crecimiento sobre suelo de ocho localidades, mostraron mayores valores en siete de los suelos (Capó *et al.*, 1993), en un ensayo de procedencias y progenies en Coatepec, Ver. a dos años de la plantación El Madroño, Qro. registró mayor altura y diámetro (Alba *et al.*, 1998). Esta misma procedencia (El Madroño, Qro.) y La Taponá, N. L. presentan mayor eficiencia de semillas (López y Donahue, 1995). Por otra parte, Ramírez *et al.* (1997) encontraron que las procedencias El Madroño, Qro. y el Piñón, Hgo. presentaron los valores más altos de polimorfismo (68.755 y 62.50%, respectivamente) y presentan mayor similitud genética por lo que conforman un mismo grupo, al igual que en un estudio basado en características morfológicas (López *et al.*, 1993). Sin embargo, en el presente estudio las procedencias El Madroño, Qro. (EMQ) y el Piñón, Hgo. (EPH) no presentaron valores significativamente mayores a las demás procedencias del centro del país, posiblemente porque a 2.5 años de la plantación no es tiempo suficiente para que estas procedencias muestren mayores rendimientos, que pudieran manifestarse posteriormente por variaciones climáticas.

De acuerdo a los resultados obtenidos a 2.5 años de la plantación, de manera general, cualquiera de las procedencias del centro del país pueden seleccionarse para plantación en ambas localidades y obtener buenos resultados, mientras que de las procedencias del Norte, en la localidad Tlacotepec Plumas se seleccionaría Puerto San Juan, Coah. (PJC) y en la localidad Tlacotepec Plumas se seleccionarían Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Santa Anita, Coah. (SAC). Así mismo, debido a que estas procedencias del Norte del país fueron iguales a la mayoría de las del centro, puede ser más factible seleccionar a éstas, ya que son más tolerantes a sequía por haber evolucionado en ambientes de baja precipitación y suelos pobres, por lo que suelen presentar menores alturas como una estrategia de adaptación a la sequía (López y Muñoz, 1991), al menos hasta el tiempo evaluado (a 2.5 años de la plantación), ya que a través del tiempo los árboles tendrán mayores requerimientos, lo que pudiera ser que algunas procedencias que muestran buenos resultados tengan crecimientos deficientes y otras pudieran mostrar mejores resultados por ser más aptas a las condiciones climáticas adversas que se puedan presentar.

La sobrevivencia no presentó diferencias entre procedencias y fue similar a los resultados encontrados por López (1993) en un ensayo de adaptación de cinco especies bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria en la Sierra la Marta, Arteaga, Coah. donde *P. greggii* presentó un 96.67 % de sobrevivencia a los 18 meses de la plantación. En un estudio de sobrevivencia y crecimiento de cinco especies, Sámano (1995) encontró que *P. greggii* presentó un 95 % de sobrevivencia. En un ensayo de progenies de *P. greggii* en el C. A. E. S. A., Los Lirios, Arteaga, Coah., a los 24 meses de la plantación, Hernández (1995) encontró en 22 familias y el testigo una sobrevivencia de 89.09 a 100 %. Otros estudios registran menores sobrevivencias, como lo encontrado por Ornelas (1997) en un ensayo de tres procedencias de *P. greggii* en el C. A. E. S. A., Los Lirios, Arteaga. Coah, a 18 meses de la plantación donde la sobrevivencia varió de 63.78 a 75.49 % y Serrato (2000) en dos ensayos de

progenie de *P. greggii* en el predio los Tarihuanes del Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. a 5 años de la plantación encontró una relativa baja sobrevivencia de las familias y el testigo, que fue de 74.78 % en el ensayo No. 1 y de 56.31 % en el ensayo No. 2, la menor sobrevivencia se atribuye muy probablemente a las condiciones de sequía prevalecientes en esos años.

En las variables altura, incremento en altura diámetro basal, incremento en diámetro basal y diámetro de copa, se encontró interacción localidad por procedencia, lo que indica que al menos una de las procedencias se comportó de manera diferente, según en la localidad en que se encontraba. La mayoría de las procedencias tienen el mismo patrón de comportamiento (crecimiento) en ambas localidades, sólo que en la localidad Tlacotepec Plumas con mayores valores y en Magdalena Zahuatlán con menores valores. Sin embargo, las procedencias Santa Anita, Coah. (SAC), Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Ejido 18 de Marzo, N. L. (EMNL) no siguen la misma tendencia, mostrando de esta forma la interacción localidad por procedencia, lo que implica que estas procedencias son las responsables de la interacción procedencia por ambiente (localidad) en las variables listadas. Resulta importante el conocimiento de esta interacción, ya que puede evitarse grandes pérdidas de producción derivadas de la muerte y de crecimientos o calidades reducidas de estas procedencias en algunos sitios. Además, esta interacción puede ser de gran utilidad cuando se desean obtener ganancias máximas en ambientes específicos, pero constituye una desventaja cuando se trata de obtener procedencias de amplia adaptación apropiadas para varios ambientes distintos (Zobel y Talbert, 1988), por lo que se debe tener cuidado al utilizar a las procedencias Santa Anita, Coah. (SAC), Puerto San Juan Coah. (PJC) y Ejido 18 de Marzo N. L. (EMNL) en diferentes ambientes. Este tipo de interacción se presenta en diferentes niveles, por ejemplo en un estudio de cinco especies bajo cuatro tratamientos a la vegetación y en dos exposiciones en Arteaga, Coah., Moreno (1993) encontró triple interacción (exposición por tratamiento por especie) en las variables sobrevivencia, altura y diámetro de copa; en diámetro basal sólo se encontró

interacción exposición por especie y tratamiento por especie. Así mismo, en un estudio de influencia de sustrato y fertilización sobre desarrollo de *Pinus durangensis* en invernadero, Alarcón (1992) encontró que la interacción sustrato por fertilizante reflejaron fuerte efecto sobre las variables altura, biomasa y cociente tallo/raíz. A su vez, Valencia *et al.* (1996) en dos ensayos de progenies de *Pinus caribea* en la Sabana, Oax., después de siete meses de la plantación en el ensayo I y de ocho meses en el ensayo II, encontraron interacción genotipo (familias) por ambiente (sitios) en la variable altura de la planta, principalmente para tres familias.

Las variables número de verticilos y sobrevivencia, no registraron interacción localidad por procedencia, lo cual indica que todas las procedencias tienen un comportamiento similar en cada localidad para estas variables. Así mismo, en un estudio de variación en el patrón de crecimiento de cuatro especies de pino, Salazar *et al.* (1999) no encontraron efecto en la interacción sitio por especie y sitio por procedencia, tanto en el crecimiento anual en altura y número de ciclos de crecimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se establecen las siguiente conclusiones:

1. Las procedencias de *Pinus greggii* Santa Anita, Coah. (SAC), Puerto San Juan, Coah. (PJC) y Ejido 18 de Marzo N. L. (EMNL) fueron las que reflejaron la interacción localidad por procedencia que se encontró en las variables altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal y diámetro de copa. En las variables número de verticilos y sobrevivencia la interacción no fue significativa.

2. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las medias de las localidades en las variables altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y número de verticilos, siendo la localidad Tlacotepec Plumas la que presentó los mayores valores.

3. A nivel de procedencias, se encontraron diferencias significativas en las variables altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal y diámetro de copa en ambas localidades, mostrándose en general la separación de dos grupos de procedencias; y la variable número de verticilos presentó diferencias sólo en la localidad Tlacotepec Plumas y sin mostrar dos grupos de procedencias.

4. En la localidad Tlacotepec Plumas, las procedencias que conforman el primer grupo por presentar mayores valores son todas las procedencias del centro del país y Puerto San Juan, Coah. (PJC) del Norte; y el segundo grupo por presentar menores valores los constituyen las demás procedencias del Norte del País.

5. En la localidad Magdalena Zahuatlán, las procedencias que constituyen el primer grupo son todas las procedencias del centro y las que conformaron el segundo grupo son todas las del Norte del país.

6. Las 13 procedencias de *Pinus greggii* presentaron alta sobrevivencia, siendo el promedio mayor a 96 % en ambas localidades. Sin presentar diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia, entre procedencias, ni entre procedencias.

RECOMENDACIONES

1. Seguir realizando evaluaciones periódicas en ambos ensayos, para observar el comportamiento de las procedencias en ambas localidades a través del tiempo.
2. En posteriores evaluaciones realizar correlaciones de factores geográficos, climáticos y de suelo de las procedencias con las de las localidades, para observar el efecto de éstas en la productividad de las procedencias.
3. Evaluar en ambos ensayos, además de las variables aquí evaluadas, otras como distancia entre verticilos, número de ramas entre verticilos, densidad de la madera y longitud de traqueidas.
4. Evaluar en los sitios experimentales la influencia de la plantación en la infiltración, regeneración de especies herbáceas y acumulación de materia orgánica en las mismas.
5. Establecer otros ensayos de estas procedencias en otras localidades, que permita definir las fuentes de semilla para localidades específicas.
6. Para posibles reforestaciones, se podrán utilizarse cualquiera de las procedencias del centro del país en sitios que presenten condiciones de suelos y climáticas similares a las de ambas localidades. De las procedencias del Norte, en los sitios que presenten condiciones de suelos y climáticas similares a la localidad Tlacotepec Plumas se podrá utilizarse la procedencia Puerto San Juan Coah. (PJC) y en sitios donde estas condiciones sean similares a las de la localidad Magdalena Zahuatlán se podrán utilizar las procedencias Puerto san Juan Coah. (PJC) y Santa Anita Coah. (SAC).

RESUMEN

En junio de 1997 se establecieron dos ensayos de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm., una en la localidad Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca y otra en Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán, ambas de la región Mixteca Alta Oaxaqueña. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 12 repeticiones y con nueve plantas por unidades experimental; en ambas localidades se utilizaron 1404 plantas de 13 procedencias de la distribución natural de la especie, seis de la variedad *greggii* (procedencias del Norte: Puerto Los Conejos, Santa Anita, Puerto San Juan, Los Lirios, y Jamé del estado de Coah. y Ejido 18 de Marzo del estado de N. L.) y siete de la variedad *australis* (procedencias del centro: EL Madroño y Tres Lagunas del estado de Qro., El Piñón, Laguna Atezca, Molango, Xichicotlán, y Comunidad Durango del estado de Hgo.).

Las variables evaluadas a 2.5 años de la plantación (diciembre de 1999) fueron altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, diámetro de copa, número de verticilos y sobrevivencia. Para cada una de las variables se realizó un análisis de varianza para cada localidad, que permitió observar las diferencias entre procedencias en cada localidad y otro análisis de varianza que incluyó ambas localidades que permitió observar la interacción localidad por procedencia y la diferencia entre localidades. Cuando hubo diferencias estadísticas significativas se realizó la prueba Tukey de comparación de medias.

En las variables altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal y diámetro de copa hubo diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia, entre localidades y entre procedencias. En la variable número de verticilos sólo fue estadísticamente la diferencia entre las localidades. La localidad Tlacotepec Plumas registró los mayores valores. Las procedencias Santa Anita Coah.

(SAC), Puerto San Juan Coah. (PJC) y Ejido 18 de Marzo N. L. (EMNL) son las responsables de la interacción procedencia por ambiente (localidad).

En ambas localidades se encontraron diferencias estadísticas significativas entre procedencias en las variables altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal y diámetro de copa, que en general mostraron la separación de dos grupos de procedencias, el primer grupo lo constituyen las procedencias que registraron los mayores valores y el segundo grupo las que presentaron menores valores. En la localidad Tlacotepec Plumas el primer grupo lo integran todas las procedencias del centro del país y Puerto San Juan Coah. (PJC) del Norte y el segundo grupo lo conforman las demás procedencias del Norte. Mientras que en la localidad Magdalena Zahuatlán el primer y segundo grupo lo integran todas las procedencias del centro y todas las del Norte del país, respectivamente. La variable número de verticilos presentó diferencia estadística significativa entre procedencias sólo en la localidad Tlacotepec Plumas y no mostró la separación de dos grupos.

Se registró una alta sobrevivencia, sin encontrar diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia, entre localidades, ni entre procedencias. El valor promedio de la sobrevivencia fue de mayor a 96 %.

LITERATURA CITADA

- Alarcon B., M. 1992. Influencia de sustrato y fertilización sobre el desarrollo de *Pinus durangensis* Mtz., en invernadero. *Ciencia Forestal*. 17(71): 27-61.
- Alba I., J., L. Mendiazabal H. y A. Aparicio R. 1998. Respuesta de un ensayo de procedencia/progenie de *Pinus greggii* Engelm. en Coatepec, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 1(1): 25-28.
- Arteaga M., B. y J. D. Etchevers B. 1988. *Pinus radiata* en México y en el mundo. Monografía. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. 88 p.
- Becerra L., F., J. F. Castellanos B. y M. Ruíz M. 1993. Recuperación de áreas degradadas en la Mixteca Oaxaqueña. *Memorias I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Saltillo, Coahuila, México. pp. 60.
- Bouvareal, P. 1978. Seed testing in seeds of woody plants in the United States. *Agriculture Handbook No. 450*. USDA. Forest Service. 883 p.
- Bravo E., M. 1990. Marco de referencia de la red de investigación en productividad de agrosistemas en la Mixteca Alta Oaxaqueña. *INIFAP*. Oaxaca, México. 18 p.
- Callaham, R. Z. 1964. Investigación de procedencias: estudio de la diversidad genética asociada a la geografía. *Unasyva* 18 (2-3): 40-60.
- Capó A., M. A., R. López A. y E. Cornejo O. 1993. Crecimiento de *Pinus greggii* en suelo de ocho localidades. *Memorias I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Saltillo, Coahuila, México. pp. 75.
- Capó A., M. A., O. Espejel C. y A. A. Moreno C. 1999. Efecto de diferentes regímenes de fertilización sobre crecimiento de *Pinus greggii* Engelm. en etapa de vivero. *Memorias IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Durango, México. pp. 145.
- Clausen, K. E. 1990a. Producción de semillas forestales genéticamente mejoradas. En: *Memoria sobre el Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales*. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal, A. C, Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp. 42-50.

- Clausen, K. E. 1990b. Métodos de Mejoramiento Genético Forestal. En: Memoria sobre el Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal, A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp. 24-27.
- Clausen, K. E. 1990c. Diseños genéticos y pruebas de progenie. En: Memoria sobre el Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp 67-77.
- CETENAL, 1977a. Carta Topográfica. Tepelmeme E14D15. Esc: 1:50000. SPP. México.
- CETENAL, 1977b. Carta Topográfica. Nochixtlán E14D36. Esc: 1:50000. SPP. México.
- Chávez R., R. 1994. fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en invernadero. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 65 p.
- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1965. Diseños experimentales. Trillas. México. 661 p.
- Contreras H., R. 1996. Erosión en Yanhuitlán, Mixteca Alta, Oaxaca: una estrategia integral de combate. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 214 p.
- Daniel, T.W., J. A. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 492 p.
- DETENAL, 1979a. Carta de Efectos Climáticos Regionales de Noviembre a Abril. Oaxaca E14-9. Esc. 1: 250,000. Dirección de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México.
- DETENAL, 1979b. Carta de Efectos Climáticos Regionales de Mayo a Octubre. Oaxaca E14-9. Esc. 1: 250,000. Dirección de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México.
- DETENAL, 1979c. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales. Oaxaca E14-9. Esc. 1: 250,000. Dirección de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México.

- DETENAL, 1979d. Carta de Uso de Suelos y Vegetación. Oaxaca E14-9. Esc. 1: 250,000. Dirección de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México.
- Donahue, J. K. 1990. Geographic variation in *Pinus greggii* Engelm. in relation to soil acidity. Thesis Master of Science. Department of Forestry. North Carolina State University. Raleigh, N. C. U.S.A. 70 p.
- Donahue, J. K. y W. S. Dvorak. 1992. Reseña de investigación de la Cooperativa CAMCORE. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales, Universidad Estatal de Carolina del Norte. USA.. 623 p.
- Donahue, J. K., J. P. Perry Jr., A. E. Squillace, y S. Liu. 1996. Geographic variation in stem-xylem terpene chemistry in native populations of *Pinus greggii* Engelm. *Forest Genetics* 2 (4): 217-225.
- Donahue, J. K. y J. López U. 1996. Geographic variation in leaf, cone and seed morphology of *Pinus greggii* in native forests. *Forest Ecology and Management* 82: 145-157.
- Donahue, J. K. y J. López U. 1999. A new variety of *Pinus greggii* (*Pinaceae*) in México. *Sida* 18 (4): 1083 – 1093.
- Dvorak, W. S. y J. K. Donahue. 1992. Reseña de investigaciones CAMCORE. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales, Universidad Estatal de Carolina del Norte. USA. pp. 26-27.
- Dvorak, W. S., J. E. Kietzka y J. K. Donahue. 1995. Three – year survival and growth of provenances of *Pinus greggii* Engelm. in the tropics and subtropics. *Forest Ecology and Management*. 83: 123-131.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos del género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 623 p.
- Eguiluz P., T. 1990. Selección y ganancia genética en bosques naturales y plantaciones. En: Memoria sobre el Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal, A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp. 78-88.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kôppen. 2ª edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 157 p.
- Hernández D., J. 1988. Notas básicas sobre mejoramiento genético forestal. *Ciencia Forestal*. 13 (64): 31-47.
- Hernández M., E. 1995. Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. Procedencia Los Lirios, en el C.A.E.S.A, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 59 p.
- Hernández P., V. M. 1991. Ensayo de adaptación de *Pinus pinceana* Zucc., *Pinus nelsonii* Shaw. y *Pinus pinceana* Gordon en dos estaciones de plantación en Zapalinamé, Saltillo, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 149 p.
- Jara N., L. F. 1995. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Manual Técnico No. 14. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- Lamb, A. F. A. 1973. *Pinus caribea*. Fast Growing Timber Tress of the Lowland Tropics. No. 6. V. J. Oxford, University of Oxford. 254 p.
- López C., L. 1993. Ensayo de adaptación de cinco especies de 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 G., A. Velázquez, J. Vargas, G. Vera y M. Musalem. 1999. Efecto de transferencia de suelos en el establecimiento de brinzales de *Pinus greggii* Engelm. en sitios degradados. Memorias IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Durango, México. pp. 173.
- López U., J. y J. K. Donahue. 1995. Seed production of *Pinus greggii* in natural stands in México. *Tree Planters Notes*. 46(3): 86-92.
- López U., J., J. Jasso M., J. J. Vargas H. y J. J. Ayala S. 1993. Variación de características morfológicas de conos y semillas de *Pinus greggii*. *Agrociencia*. 3(1): 81-95.

- López U., J. y A. Muñoz O. 1991. Selección familiar por tolerancia a sequía en *Pinus greggii* Engelm., evaluación a plántula. *Agrociencia*. 2(2): 111-123.
- López U., J., A. J. Mendoza H., J. Jasso M., J. J. Vargas H. y A. Gómez G. 2000. Variación morfológica de plántulas e influencia del pH del agua de riego en doce poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Madera y Bosques*. 6(78): 81-94.
- Macera, O., M. J. Ordoñez y R. Dirzo. 1992. Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia. Publicación especial No. 43*: 151-153.
- Manzano C., J. G. 1993. Ensayo regional de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en las etapas de semillero y vivero. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 88 p.
- Márquez R., J., J. Alba L., A. Aparicio R. Y V. Rebolledo. 2000. Comparación de crecimiento de *Pinus maximinoi* Moore en dos ensayos con diferentes exposiciones en el Municipio de Xalapa, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 2(1): 5-10.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2° edición. Botas. México. 361 p.
- Mas P., J., J. J. García M. y M. A. Cervantes S. 1995. Ensayo de especies y procedencias de árboles en el campo experimental Barranca de Cupatitzio. *Ciencia Forestal*. 20(78): 111-141.
- Moreno C., A. A. 1993. Desarrollo de cinco especies de pino a ocho años de plantado bajo cuatro tratamientos a la vegetación en Artaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 89 p.
- Morandini, R. 1964. Genética y mejora de especies exóticas forestales. *Unasylva*. 18(2-3): 51-60.
- Nájera D., A. 1983. Ensayo de adaptación de seis especies de *Pinus* en la Sierra de San José Boquillas, N. L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 66 p.
- Nepamuceno M., F. 1985. Análisis del desarrollo y estado actual de las experiencias prácticas y técnicas en mejoramiento genético en México. III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. INIF, SARH. Publicación Especial No. 48. México. pp. 173-186.

- Nienstaedt, H. 1990. Selección de especies y procedencias. En: Memoria sobre el Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp. 34-41.
- Niembro R., A. 1990. Algunas especies nativas y exóticas apropiadas para plantaciones forestales. En: Memoria sobre el Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp 28-33.
- Olivas G., J. M. 1985. Ensayo de cinco especies de *Pinus* en tres tamaños de envases durante la etapa de vivero. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 82 p.
- Ornelas H., G. 1997. Ensayos 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.
- Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Limusa. México. 273 p.
- Patiño V., F. y G. Borja L. 1978. La necesidad de la investigación en ensayos de especies y procedencias. Memorias de la Primera Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. SARH, DGICF. Publicación especial No. 13. México. pp. 22-26.
- Perry Jr., J, P. 1991. The pines of México an America Central. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, USA. 563 p.
- Plancarte B., A. 1990a. Manual para el establecimiento y evaluación de ensayo de especies y procedencias. Boletín Técnico No 4. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. 36 p.
- Plancarte B., A. 1990b. Variación de 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.

- Porras J., M., J. J. García M. y M. A. Cervantes S. 1995. Ensayos de especies y procedencias de árboles en el campo experimental Barranca de Capatitzio. *Ciencia Forestal*. 78(20): 111-141.
- Ramírez H., C., J. J. Vargas H., J. Jasso M. , G. Carrillo C. y H. Guillén A. 1997. Variación isoenzimática de diez poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia*. 31(2): 223-230.
- Ruíz M., M. 1990. Marco de referencia de la red de mejoramiento genético y plantaciones forestales de la Mixteca Alta Oaxaqueña. INIFAP. Oaxaca, México. 214 p.
- Ruíz M., M; R. Rodríguez H., J. F. Castellanos B. y C. Rodríguez F. 1995. Proyectos forestales productivos para la Mixteca Alta de Oaxaca. Memoria del II Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Montecillo, México. pp. 63.
- Ruíz M., M; M. Gómez C., J. F. Castellanos B. y A. M. Fierros G. 1998. Selección de procedencias de *Pinus oaxacana* y *Pinus greggii* para la protección y restauración de suelos en la Mixteca Alta Oaxaqueña. INIFAP. Documento interno. Oaxaca, México. 92 p.
- Sámano D., J. L. 1995. Supervivencia y crecimiento de cinco especies de *Pinus* establecidos en el invierno y bajo diferentes tratamientos a la vegetación en la Sierra de Arteaga. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 84 p.
- Salazar G., J. G., J. J. Vargas H. y J. López U. 1998. Crecimiento en altura y sus componentes en procedencias con diferente potencial de crecimiento en cuatro especies subtropicales de *Pinus*. Memorias XVII Congreso de Fitogenética. Acapulco, Gro., México. pp. 7-8.
- Salazar G., J. G., J. J. Vargas H., J. Jasso M., J. D. Molina G., C. Ramírez H. y J. López U. 1999. Variación del patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. *Madera y Bosques*. 5(2): 19-34.

- Serrato C., J. A. 2000. Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. en el predio los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.
- Sharma, Y. K., K. S. Bhandari and A. Srivasta. 1987. Assessment of tropical pines for pulping and paper making characteristics. *Indian For.* 113(2): 127-139.
- Universidad Autónoma Chapingo. 1986. Levantamiento fisiográfico y evaluación de la erosión de las Mixtecas Oaxaqueñas Alta y Baja. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Sur. Pinotepa Nacional, Oax. 371 p.
- 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. Memorias I Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Saltillo, Coahuila, México. pp. 78.
- Valencia M., S., J. J. Vargas H. y M. Capó A. 1996. Estimación de los parámetros genéticos en *Pinus caribea* Morlet var. *Caribea*. *Agraria*. 12(1): 10-26.
- Valencia M., S., M. López L. y C. Flores L. 1988. Variación de la densidad de la densidad de la madera de *Pinus greggii* en el Norte de México. Memorias XVII Congreso de Fitogenética. Acapulco, Guerrero, México. pp. 45.
- Vargas H., J. J., B. Bermejo V. y T. F. Ledig. 1997. Manejo de recursos de recursos genéticos forestales. Universidad Autónoma Chapingo, México. 361 p.
- William, R. L. 1979. Ensayo de especies y procedencias. Mejora genética de árboles forestales. Ed. Anda. Dirección de Recursos Forestales. Departamento de Montes ONU-FAO. Roma, Italia. pp. 141-153.
- Wormald, T. J. 1975. *Pinus patula*. Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics. No. 7. V. J. Oxford, University of Oxford. 172 p.

- Wright, J. W. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales. No. 16. ONU-FAO. Roma, Italia. 436 p.
- Zamudio R., J. L. 1985. Análisis del desarrollo y estado actual de las experiencias prácticas y técnicas en mejoramiento genético en México. III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Publicación Especial No. 48. INIF, SARH. México. pp. 187-203.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Análisis de varianza para cada una de las variables analizadas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii*.

VARIABLE	FV	gl	CM	Fc	Pr>F
ALTURA	Localidad	1	37993.205	40.76	0.0001
	Bloque	11	3456.520	5.86	0.0001
	Loca*Bloq.	11	932.129	1.58	0.1048
	Procedencia	12	20414.030	34.58	0.0001
	Loc*Proc	12	2016.864	3.42	0.0001
	Error	264	590.326		
	Total	311			
CV= 20.54 %					
INCREMENTO ALTURA	Localidad	1	5996.144	95.83	0.0001
	Bloque	11	124.715	3.2	0.0004
	Loca*Bloq.	11	62.570	1.61	0.0971
	Procedencia	12	1057.109	27.12	0.0001
	Loc*Proc	12	89.066	2.28	0.0089
	Error	264	38.981		
	Total	311			
CV= 23.82 %					
DIÁMETRO BASAL	Localidad	1	6525.361	92.56	0.0001
	Bloque	11	169.186	4.06	0.0001
	Loca*Bloq.	11	70.499	1.69	0.0753
	Procedencia	12	1135.162	27.23	0.0001
	Loc*Proc	12	98.797	2.37	0.0065
	Error	264	41.685		
	Total	311			
CV= 18.92 %					
INCREMENTO EN DIÁMETRO BASAL	Localidad	1	5996.144	95.83	0.0001
	Bloque	11	124.715	3.2	0.0004
	Loca*Bloq.	11	62.570	1.61	0.0971
	Procedencia	12	1057.109	27.12	0.0001
	Loc*Proc	12	89.066	2.28	0.0089
	Error	264	38.981		
	Total	311			
CV= 22.03 %					
DIÁMETRO DE COPA	Localidad	1	9125.875	51.62	0.0001
	Bloque	11	521.249	3.74	0.0001
	Loca*Bloq.	11	176.792	1.27	0.2433
	Procedencia	12	6235.908	44.71	0.0001
	Loc*Proc	12	350.274	2.51	0.0038
	Error	264	139.475		
	Total	311			
CV= 17.57 %					
NÚMERO DE VERTICIOS	Localidad	1	23.056	8.07	0.016
	Bloque	11	2.766	4.38	0.0001
	Loca*Bloq.	11	2.856	4.52	0.0001
	Procedencia	12	4.436	7.02	0.0001
	Loc*Proc	12	0.994	1.57	0.0989
	Error	264	0.631		
	Total	311			
CV= 11.59 %					
SOBREVIVENCIA	Localidad	1	0.098	0.00	0.9739
	Bloque	11	294.596	1.84	0.0477
	Loca*Bloq.	11	169.644	3.19	0.0004
	Procedencia	12	104.132	1.13	0.3362
	Loc*Proc	12	136.904	1.48	0.1295
	Error	264	92.205		
	Total	311			
CV=11.37 %					

FV= Fuente de variación; gl= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; FC= Valores calculados de F; Pr>F= Probabilidad de cometer el error tipo 1 (α) al rechazar Ho y CV= Coeficiente de variación.

Apéndice 2. Prueba de comparación de medias para las variables altura a 2.5 años de la plantación e incremento en altura, en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii*, establecidas en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

PROCEDENCIAS	ALTURA				INCREMENTO EN ALTURA			
	LOC. 1		LOC. 2		LOC. 1		LOC. 2	
	\bar{X} (cm)	Agrupación Tukey	\bar{X} (cm)	Agrupación Tukey	\bar{X} (cm)	Agrupación Tukey	\bar{X} (cm)	Agrupación Tukey
Puerto los Conejos, Coah.	90.38	d *	79.30	d	74.46	c	63.24	c
Santa Anita, Coah.	88.04	d	102.06	bcd	70.95	c	82.20	abc
Puerto San Juan, Coah.	133.25	c	97.50	bcd	112.17	b	75.05	bc
Los Lirios, Coah.	86.69	d	78.18	d	71.28	c	62.65	c
Jamé, Coah.	88.24	d	80.32	cd	72.35	c	63.03	c
Ejido 18 de Marzo, N. L.	78.31	d	78.39	d	63.05	c	62.56	c
El Madroño, Qro.	175.80	a	134.6	ab	147.21	a	104.23	ab
Tres Lagunas, Qro.	160.82	ab	115.67	abcd	132.84	ab	86.21	abc
El Piñón, Hgo.	162.21	ab	121.96	ab	134.78	ab	92.97	abc
Laguna Atezca, Hgo.	146.31	bc	123.98	ab	120.56	b	95.71	abc
Molango, Hgo.	156.12	abc	119.49	abc	129.69	ab	90.21	abc
Xichicotlan, Hgo.	152.35	abc	120.11	ab	126.37	ab	91.40	abc
Com. Durango, Hgo.	162.75	ab	142.77	a	135.05	ab	112.01	a
PROMEDIO	129.33		107.26		105.98		83.20	

*Letras iguales no existen diferencias estadísticas significativas entre sí.
 Loc. 1= Tlacotepec, Plumas, Coixtlahuaca y Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Apéndice 3. Prueba de comparación de medias para las variables diámetro basal a 2.5 años de la plantación e incremento en diámetro basal, en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii*, establecidas en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

PROCEDENCIAS	DIÁMETRO BASAL				INCREMENTO EN DIÁMETRO BASAL			
	LOC. 1		LOC. 2		LOC. 1		LOC. 2	
	\bar{X} (mm)	Agrupación Tukey	\bar{X} (mm)	Agrupación Tukey	\bar{X} (mm)	Agrupación Tukey	\bar{X} (mm)	Agrupación Tukey
Puerto los Conejos, Coah.	29.2	B *	22.7	c	23.4	B	17.5	c
Santa Anita, Coah.	27.7	b	26.7	bc	22.1	B	21.1	bc
Puerto San Juan, Coah.	41.5	a	27.9	bc	35.4	A	22.3	bc
Los Lirios, Coah.	29.3	b	23.4	c	23.5	B	18.0	c
Jamé, Coah.	28.6	b	22.6	c	23.4	B	17.1	c
Ejido 18 de Marzo, N. L.	28.3	b	23.5	c	22.8	B	17.9	c
El Madroño, Qro.	46.5	a	33.6	ab	40.4	A	28.0	ab
Tres Lagunas, Qro.	43.2	a	28.7	abc	37.0	A	23.1	abc
El Piñón, Hgo.	48.1	a	35.5	ab	41.5	A	29.7	ab
Laguna Atezca, Hgo.	43.0	a	34.8	ab	37.0	A	29.0	ab
Molango, Hgo.	45.6	a	34.3	ab	39.3	A	28.5	ab
Xichicotlan, Hgo.	43.2	a	31.8	abc	37.2	A	26.3	abc
Com. Durango, Hgo.	48.3	a	38.3	a	42.0	A	32.4	a
PROMEDIO	38.7		29.5		32.7		23.9	

*Letras iguales no existen diferencias estadísticas significativas entre sí.
 Loc. 1= Tlacotepec, Plumas, Coixtlahuaca y Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

Apéndice 4. Prueba de comparación de medias para la variable diámetro de y número de verticilos copa a 2.5 años de la plantación, en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii*, establecidas en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca.

PROCEDENCIAS	DIAMETRO DE COPA				NÚMERO DE VERTICIOS			
	LOC. 1		LOC. 2		LOC. 1		LOC. 2	
	\bar{X} (mm)	Agrupación Tukey	\bar{X} (mm)	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey
Puerto los Conejos, Coah.	53.20	d *	45.43	e	7.0	Bdc	6.2	a
Santa Anita, Coah.	51.00	d	53.38	cde	6.5	Cd	6.9	a
Puerto San Juan, Coah.	74.99	cb	57.43	bcde	7.3	Abc	6.2	a
Los Lirios, Coah.	50.18	d	43.19	e	6.5	Cd	6.0	a
Jamé, Coah.	51.82	d	46.38	e	6.6	Cd	6.1	a
Ejido 18 de Marzo, N. L.	47.19	d	48.09	de	6.4	d	6.3	a
El Madroño, Qro.	96.10	a	73.63	ab	7.2	bcd	6.9	a
Tres Lagunas, Qro.	86.24	ab	66.02	abcd	6.9	bcd	6.1	a
El Piñón, Hgo.	90.77	a	76.17	a	7.6	ab	6.8	a
Laguna Atezca, Hgo.	72.54	c	65.91	abcd	7.3	abc	6.9	a
Molango, Hgo.	90.24	a	76.32	a	8.1	a	7.1	a
Xichicotlan, Hgo.	86.06	ab	70.67	abc	7.2	abcd	6.8	a
Com. Durango, Hgo.	93.58	a	80.68	a	7.7	ab	7.0	a
PROMEDIO	72.6		61.8		7.1		6.6	

*Letras iguales no existen diferencias estadísticas significativas entre sí.
 Loc. 1= Tlacotepec, Plumas, Coixtlahuaca y Loc. 2= Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán.

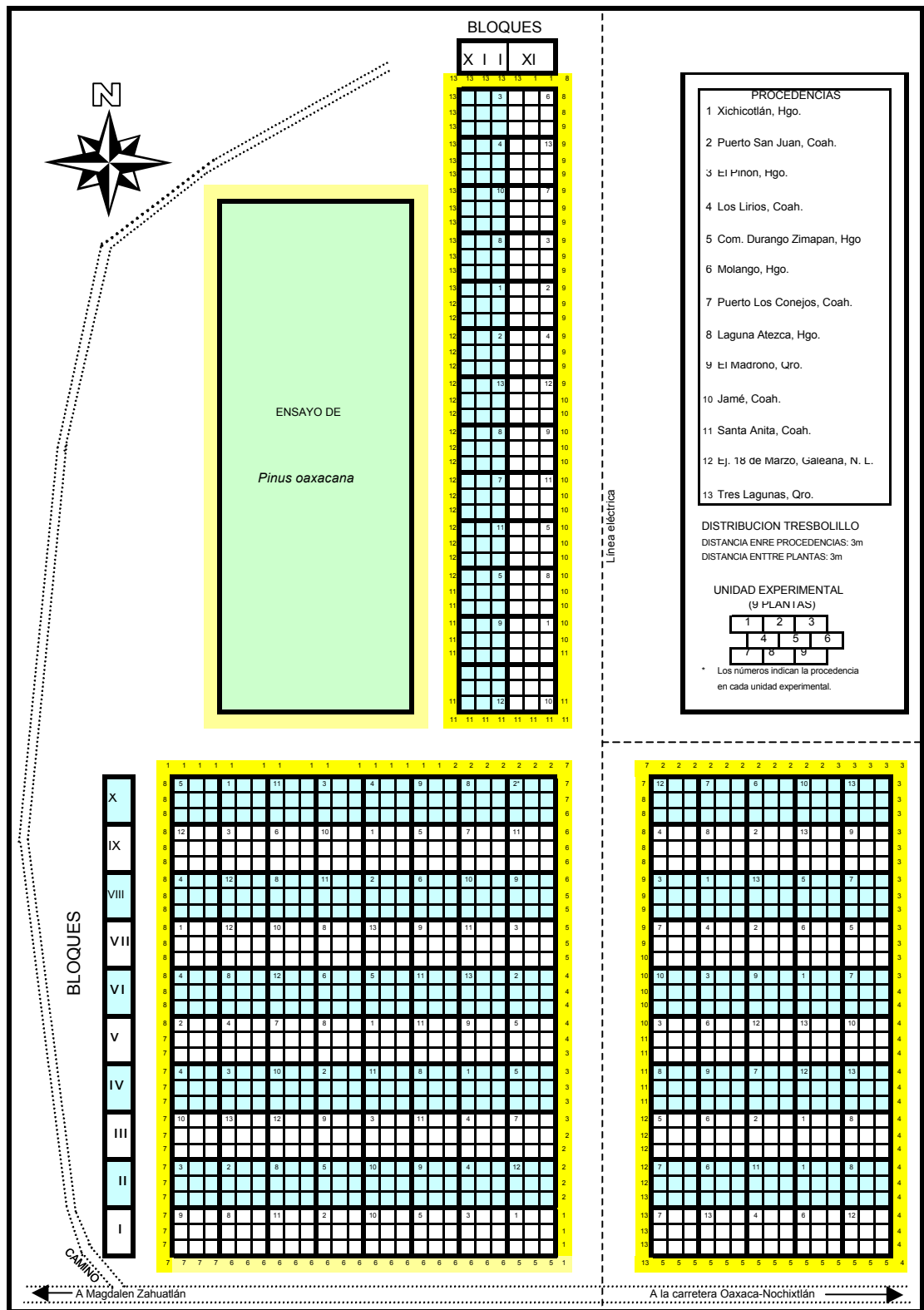


Figura 2. Distribución de bloques, hileras y unidades experimentales del diseño experimental de un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en la localidad Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán, Oax.

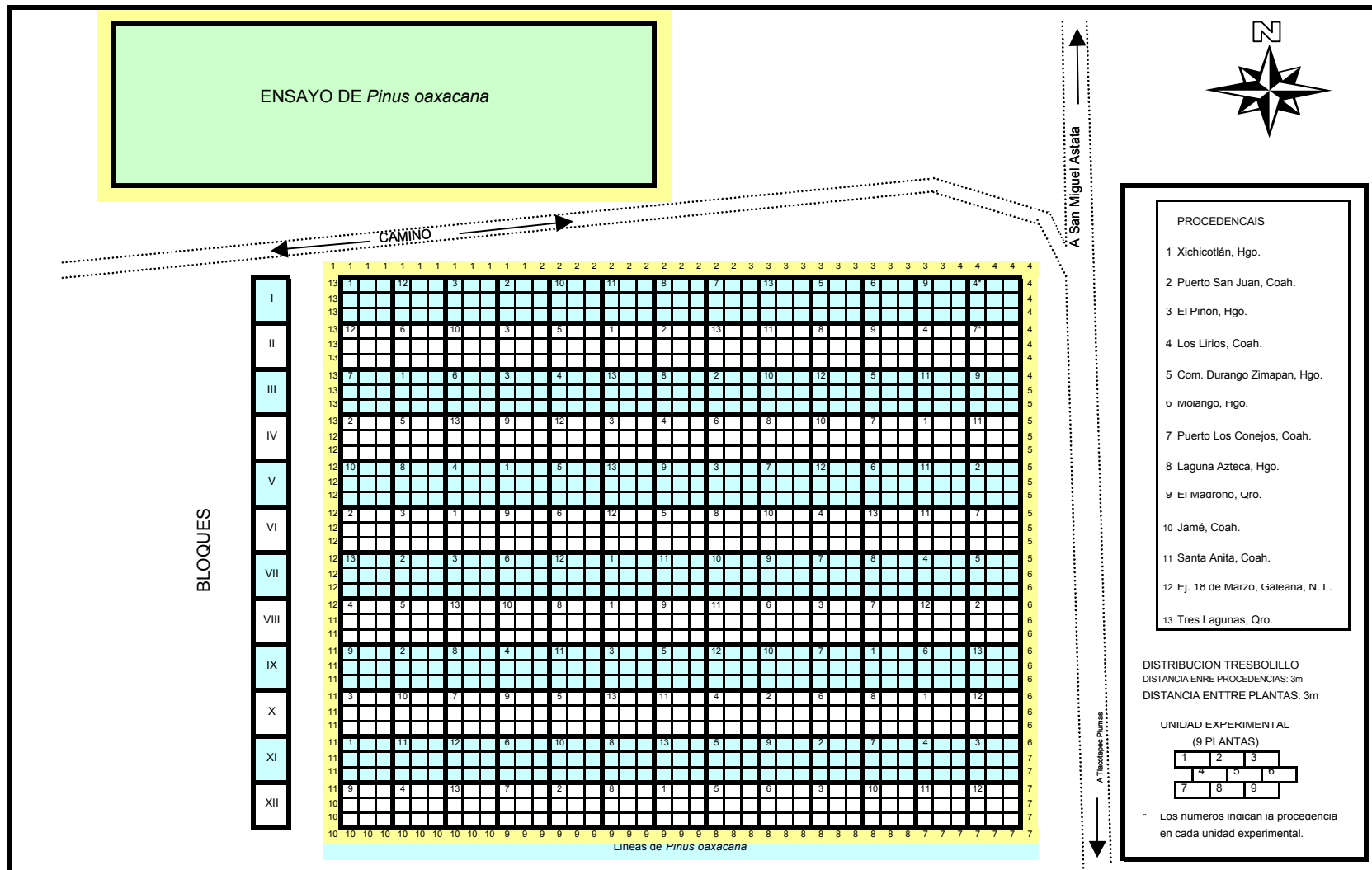


Figura 1. Distribución de bloques, hileras y unidades esperimentales del diseño experimental de un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en la localidad Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca, Oax.