

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Crecimiento y Estructura de Copa en un Ensayo de Procedencias de  
*Pinus greggii* Engelm. en Arteaga, Coahuila

Por:

**FERNANDA OSORIO DE LA CRUZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Crecimiento y Estructura de Copa en un Ensayo de Procedencias de  
*Pinus greggii* Engelm. en Arteaga, Coahuila

Por:

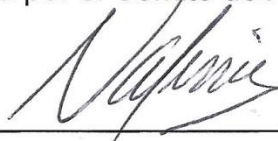
**FERNANDA OSORIO DE LA CRUZ**

TESIS

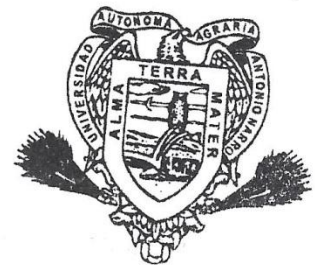
Presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO FORESTAL**

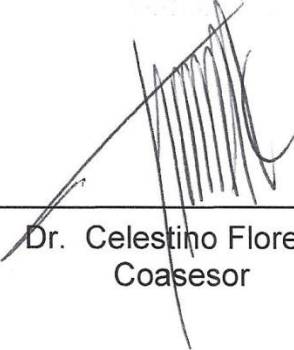
Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Salvador Valencia Manzo  
Asesor Principal



DEPARTAMENTO FORESTAL

  
Dr. Celestino Flores López  
Coasesor  
Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga  
Coasesor  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Junio 2016

Coordinación  
División de Agronomía

## DEDICATORIA

### **A mis padres:**

#### **Francisca De La Cruz Magdalena y Cándido Osorio De La Cruz**

Con mucho amor y respeto por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi preparación como profesionista y como ser humano, por sus tantos sacrificios para ayudarme a cumplir este objetivo.

**A mi madre:** Por el cariño, la paciencia, los consejos en mis mejores y peores momentos y sobre todo por la confianza que me dió desde mi primer paso rumbo a mis sueños, por enseñarme la importancia de la humildad, por nunca dejarme sola y escuchar mis largas pláticas por teléfono.

**A mi padre:** Por la fortaleza, por todas sus enseñanzas en la vida y por ser parte de mi preparación en el mundo laboral, por su paciencia y por brindarme sus conocimientos del campo forestal que a pesar de no tener título yo admiro.

### **A mis hermanas:**

**Margarita Osorio:** Por cuidarme como mi segunda madre, por su cariño, consejos y apoyo.

**Flor Osorio:** Por sus sacrificios, por apoyarme incondicionalmente, por sus consejos y su cariño.

**Eligia Osorio:** Por su compañía por levantarme en mis peores momentos, por su cariño, atenciones, regaños y por cuidarme.

**A mi abuela:** María Magdalena Nicolasa por su apoyo, cariño y preocupación, por cuidarme y siempre procurarme.

### **A mis amigos:**

**Lourdes Zendejas Juan:** Por su amistad, por estar conmigo siempre, por su apoyo, por sus consejos, por hacerme reír en mis peores momentos.

**Gary Pérez De León:** Por su amistad y comprensión.

**A mis compañeras del internado:** Por su amistad y compañía

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro “Alma Mater”, por recibirme y por prestarme sus instalaciones, docentes y por permitirme cumplir uno de mis objetivos.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por el asesoramiento a lo largo de la elaboración del presente documento, por su paciencia, tiempo, por su accesibilidad en todo momento y por sus consejos no solo para este trabajo, sino también para mi preparación como profesionalista.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga por su colaboración en la elaboración del documento y su disposición.

Al Dr. Celestino Flores López por su contribución en la revisión del documento, por su paciencia y tiempo brindado.

Al Ing. Sergio Braham Sabag por sus tutorías y por su amistad.

Al Ing. Andrés Nájera Díaz por permitirme formar parte del Equipo de Manejo de Combustible Antonio Narro, donde aprendí a trabajar en equipo y la importancia de la disciplina.

Al Dr. Jorge David Flores Flores por su amistad y sus consejos.

A los profesores del Departamento Forestal, que contribuyeron a mi formación, por todas sus enseñanzas, paciencia y por sus consejos.

A mis amigos y compañeros de generación CXXI, por su amistad y apoyo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	vi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos e hipótesis .....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Mejoramiento genético forestal .....	3
2.1.1 Ensayos de procedencia.....	4
2.1.2 Ganancias genéticas .....	5
2.2 <i>Pinus greggii</i> Engelm. ....	6
2.2.1 Descripción .....	6
2.2.2 Distribución geográfica y ecología .....	6
2.2.3 Importancia .....	7
2.3 Estudios afines.....	8
2.4 Antecedentes del área de estudio.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1 Descripción del área experimental .....	10
3.1.1 Ubicación y localización.....	10
3.1.2 Hidrología y clima .....	11
3.1.3 Fisiografía y edafología.....	11
3.2 Diseño experimental.....	11
3.3 Variables evaluadas.....	12
3.4 Variables calculadas .....	16
3.5 Análisis estadístico.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
4.1 Análisis de varianza .....	20
4.1.1 Crecimiento.....	20
4.1.2 Estructura de copa.....	21
4.2 Valores promedio por procedencia.....	23

4.2.1 Crecimiento.....	23
4.2.2 Estructura de copa.....	26
4.3 Correlación.....	30
5. CONCLUSIONES .....	34
6. RECOMENDACIONES .....	35
7. LITERATURA CITADA.....	36
APÉNDICE.....	42

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ganancias genéticas esperadas.....	6
Cuadro 2. Estudios relacionados con la especie <i>Pinus greggii</i> . ....	9
Cuadro 3. Localización de las procedencias utilizadas en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	12
Cuadro 4. Variables evaluadas en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.....	13
Cuadro 5. Clasificación de variables a procesar en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	14
Cuadro 6. Probabilidades del efecto de procedencias en el análisis de varianza para las variables de crecimiento evaluadas a 10 años en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	20
Cuadro 7. Probabilidades del efecto de procedencias en el análisis de varianza para las variables de estructura de copa evaluadas a 10 años en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.....	22
Cuadro 8. Valores promedio por procedencia para la evaluación de crecimiento en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	24
Cuadro 9. Valores promedio por procedencia para la evaluación de la estructura de copa en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	27
Cuadro 10. Valores de correlación significativa de sobrevivencia contra variables del crecimiento y la estructura de copa con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	30
Cuadro 11. Valores de correlación significativa entre las variables de crecimiento con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	31
Cuadro 12. Valores de correlación significativa entre las variables de estructura de copa con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.....	32

Cuadro 13. Valores de correlación significativa entre las variables de crecimiento con las variables de estructura de copa con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....32



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del Campo Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la UAAAN donde se encuentra el ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> . ....	10
Figura 2. Medición de: a)Altura total, b)Altura al punto más amplio de la copa, c)Diámetro de la base, d)Diámetro de la copa, e)Diámetro normal, f)Diámetro de la rama, g)Ángulo de inclinación de la rama, en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	15
Figura 3. Ilustración de las variables que conforman la estructura de copa en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	18
Figura 4. Crecimiento en diámetro basal por procedencia en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.....	24
Figura 5. Diámetro de ramas por procedencia, en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. ....	28
Correo electrónico; Fernanda Osorio De La Cruz, <a href="mailto:fer.3092_odlc@hotmail.com">fer.3092_odlc@hotmail.com</a>	

## RESUMEN

*Pinus greggii* es una especie que se le conoce por su capacidad de desarrollarse en áreas poco productivas por ello es utilizada en reforestaciones y recuperación de suelo, es maderable y se ha empleado en plantaciones en México así como en otros países. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la sobrevivencia, variables de crecimiento y de estructura de copa en un ensayo de cinco procedencias de *P. greggii* establecido en Los Lirios, Arteaga, Coah.

El ensayo de procedencias tiene un diseño de bloques completos al azar, con 13 repeticiones y parcelas de 14 plantas. Las procedencias incluidas son cuatro de Coahuila (Puerto Conejos, Santa Anita, Los Lirios y Jamé) y una de Nuevo León (El Tarillal). La evaluación se realizó a los diez años de establecido, para 17 variables de interés, siete para el crecimiento: sobrevivencia, altura total (ht), diámetro basal (db), diámetro normal (dn), área basal individual (G), área basal por hectárea ( $G \text{ ha}^{-1}$ ), índice de esbeltez (ie); y 10 para la estructura de copa: altura al diámetro máximo de copa (hdmc), diámetro promedio de copa (dpc), área de intersección lumínica de copa (ailc), área de proyección de copa (apc), cobertura por hectárea (cob), porcentaje de copa (pc), número de verticilos (nv), número de ramas por verticilo (nrv), diámetro promedio de ramas (dpr) y ángulo promedio de ramas (apr). Se realizaron análisis de varianza, cuando se encontraron diferencias estadísticas se realizó la prueba Tukey de separación de medias y se correlacionaron las variables de estudio.

Los valores promedio encontrados fueron los siguientes: sobrevivencia 84 %, ht 2.67 m, db 5.25 cm, dn 3.36 cm, G 0.00104  $\text{m}^2$ ,  $G \text{ ha}^{-1}$  1.3736  $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , ie 92, hdmc 1.11 m, dpc 1.77 m, ailc 10.44  $\text{m}^2$ , apc 2.67  $\text{m}^2$ , cob 3643.6  $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , pc 92 %, nv 15, nrv 3, dpr 12.66 mm y apr 76°. La sobrevivencia es buena en comparación con otros ensayos, pero el crecimiento es bajo. Solo se encontraron diferencias estadísticas ( $\alpha=0.05$ ) para el área basal y el diámetro promedio de ramas. Las procedencias Santa Anita y El Tarillal son estadísticamente superiores en la variable diámetro basal, mientras que Puerto Conejos es superior para la variable diámetro promedio de ramas y para ambas variables la procedencia Los Lirios es la que tiene valores menores. Las parcelas con mayor sobrevivencia presentan los árboles con mayor crecimiento y mayor tamaño en las variables de estructura de copa.

Palabras clave: procedencia, *Pinus greggii*, sobrevivencia, crecimiento, copa, diferencias, Los Lirios, Coahuila, correlación.

## 1.INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales se han utilizado para el desarrollo del ser humano durante muchos años, en México la superficie arbolada ha disminuido y la necesidad por materia prima ha aumentado, tan solo en el periodo del 2005 al 2010 se registró una tasa de deforestación de 155,000 hectáreas por año (INEGI, 2013).

Mientras el crecimiento demográfico aumenta, con ello también aumenta las necesidades de materia prima, mismas que se requieren cubrir. En el año 2012 se registró una producción nacional de 5.9 millones de metros cúbicos de madera en rollo y el consumo aparente fue de 17.9 millones de metros cúbicos de madera en rollo en ese mismo año, esto indica que solo se cubrió un 33%, y los bosques naturales no alcanzan a cubrir la demanda, por ello se ha recurrido a la importación y al establecimiento de plantaciones forestales comerciales (SEMARNAT, 2013).

Las plantaciones forestales son cultivos temporales donde se establece y maneja vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales con el fin de obtener materia prima forestal para su industrialización y/o comercialización; para establecer estas plantaciones aumentando la productividad, calidad y resistencia es necesario el uso de germoplasma mejorado (SEMARNAT, 2003). En México existen más de 10 millones de hectáreas disponibles para plantaciones forestales comerciales de las cuales en el 2010 solo se reportó 35,465 ha establecidas en ese año (INEGI, 2010).

A pesar de la importancia de estos cultivos existe poca información sobre especies con alta productividad con información suficiente probadas para establecer plantaciones forestales exitosas (Martínez, 1999).

Para establecer una plantación forestal comercial es necesario asegurar el origen del germoplasma y procurar que el material esté genéticamente mejorado para obtener mejores resultados de acuerdo a los objetivos de la plantación, generalmente la semilla mejorada debe provenir de huertos semilleros cuyos individuos han demostrado ser los más adecuados mediante experimentos, tales como ensayo de procedencias o pruebas de progenie, pero en México y otros países no siempre se hace así, como lo hacen en los países forestalmente desarrolladas (Márquez y Mendizábal, 2006).

El presente trabajo es un paso de la cadena del mejoramiento genético forestal, la cual consiste en evaluar y determinar cuál es la procedencia más adecuada para continuar con el ciclo y establecer un huerto semillero. Para ello se evaluaron cinco procedencias de *Pinus greggii*, cuatro del estado de Coahuila y una procedencia de Nuevo León se estiman parámetros que de acuerdo con los usos de la especie son un

elemento importante por evaluar, se realizaron dos clasificaciones de evaluación las cuales son: crecimiento y estructura de copa.

*P. greggii* se encuentra en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental del Centro y Norte de México, en zonas semiáridas y a veces semitropicales, se localiza a una altitud de 1200 a 2700 msnm y generalmente en un clima subtropical con precipitación variable de 500 a 2900 mm (Eguiluz, 1982). Esta especie habita en suelos delgados de textura migajón areno arcillosa, pedregosos, café rojizos y calizos, pobres en materia orgánica (Martínez, 1992). Su importancia se debe a su capacidad de desarrollarse en áreas poco productivas, por ello es utilizada en reforestaciones, recuperación de suelos (Ramírez *et al.*, 2005), es maderable (Perry, 1991), y por sus características morfológicas se han establecido plantaciones de árboles de navidad (Prieto *et al.*, 2006), es resistente al ataque de plagas y enfermedades (Dvorak *et al.*, 2000), tiene potencial para establecer plantaciones en otros países (Kietzka *et al.*, 1996), además la FAO lo categoriza como una de las especie nativas con mayor prioridad en el Norte de México (Vargas, 2003).

## 1.1 Objetivos e hipótesis

Evaluar la sobrevivencia, el crecimiento y la estructura de copa en un ensayo de cinco procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

La hipótesis nula propuesta a nivel procedencia es:

Ho: No existen diferencias entre cinco procedencias de *Pinus greggii* para la sobrevivencia, variables de crecimiento y variables de estructura de copa.

De manera estadística, la hipótesis nula es la siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal se define como el proceso de identificación y desarrollo de poblaciones genéticamente superiores de especies forestales, y el uso de estas poblaciones como fuente de semilla u otro material propagativo para establecer plantaciones mejoradas. El término “poblaciones genéticamente superiores” se refiere a poblaciones con características genéticas tales que la semilla o el material vegetativo procedente de ellas produzcan árboles mejores en cuanto a una o más características relacionadas con la cantidad o calidad del producto final. El punto de comparación es, genéticamente la fuente de semilla utilizada comercialmente (Cornelius *et al.*, 1994). El mejoramiento genético forestal también se define como la acción combinada de la genética y la silvicultura para incrementar la productividad y calidad del bosque (Zobel y Talbert, 1988).

La base del mejoramiento genético forestal es la variación genética (Willan *et al.*, 1989). Es sencillo observar la existencia de variación entre las especies, poblaciones e individuos, lo complicado es determinar qué proporción de la variación total es controlada genéticamente, ya que las tres fuentes ocurren de manera simultánea. Por ello se recurre a los ensayos de campo la cual al tener un buen diseño y asegurando que los individuos se establezcan al mismo tiempo, se elimina la variación debido al desarrollo, así también se controla la variación debida a diferencias ambientales, esto permite la cuantificación de la variación genética (Cornelius *et al.*, 1994).

Para lograr los objetivos del mejoramiento genético forestal es necesario desarrollar un programa, el cual es formado por acciones diseñadas para producir árboles genéticamente deseables (Pedersen *et al.*, 1993).

Se debe considerar las posibilidades de producción masiva de material mejorado para que los resultados del programa se puedan transmitir de forma significativa a la silvicultura práctica, además se tiene que tener en cuenta la conservación de la población original para su uso en el programa de mejora (Willan *et al.*, 1989).

Se han desarrollado estrategias para el mejoramiento genético forestal y éstas se clasifican de acuerdo al tiempo en: a) corto plazo y b) mediano plazo.

- a) Corto plazo: son aquellas acciones que puedan ser ejecutadas y que produzcan semilla o propágulos mejorados entre 1 y 3 años (Murillo, 1990). En esta categoría entran: árboles semilleros, rodales semilleros, áreas semilleras;

- b) Mediano plazo: son las acciones que puedan ser ejecutadas y que produzcan semillas o propágulos mejorados entre corto plazo y la mitad de la rotación de la especie (aproximadamente hasta los 8-12 años). Éstas son: huertos semilleros, plantaciones de base genética amplia, reforestación clonal, ensayos de progenie, ensayos de procedencia, ensayos de procedencia-progenie (Murillo, 1990).

### 2.1.1 Ensayos de procedencia

La procedencia se define como el área geográfica original de la cual se obtuvieron los propágulos o las semillas (Zobel y Talbert, 1988). En este tipo de ensayo para evaluar el material es necesario coleccionar información hasta la mitad del turno de rotación, donde las mejores fuentes son seleccionadas y utilizadas en el desarrollo forestal posterior, estos ensayos pueden ser convertidos en unidades de producción de semilla mejorada al eliminar los individuos indeseables. Los principales objetivos de los ensayos de procedencia son: identificar poblaciones que proporcionen mejores resultados comerciales en la localidad de ensayo, caracterización de variación genética cuantitativa, interacción genotipo-ambiente, delimitación de zonas de uso de semilla y de mejora, análisis de diversidad intra-específica en multitud de caracteres (fisiológicos, morfológicos, químicos, moleculares), archivo de diversidad genética para conservación y mejora, interpretación de patrones adaptativos (Mesén, 1994).

Las procedencias tienen diferentes constituciones genéticas, por ello cuando se plantan individuos de varias procedencias en un solo lugar, pueden darse grandes diferencias en respuesta entre las procedencias para características de interés económico. De igual manera, no necesariamente responden igual en ambientes diferentes, a este fenómeno se le denomina "interacción genotipo-ambiente". En estos casos las diferencias en respuesta pueden ser notables, sobre todo en especies de distribución natural muy amplia, es por ello que se le atribuye la importancia de las pruebas de procedencias antes de una reforestación o mejoramiento genético (Mesén 1994). Los ensayos de procedencia se pueden establecer en ambientes extremos en los cuales se pretende establecer las plantaciones e incluir un intervalo amplio de la distribución natural de la especie de interés, con el objeto de tener una idea de los patrones de variación e identificar regiones amplias en las que se encuentren las mejores fuentes de semillas en términos de adaptación al sitio de plantación (Zobel y Talbert, 1988).

Los ensayos de procedencia/progenie no solo permiten identificar las mejores fuentes sino que al mismo tiempo evalúa genéticamente a cada uno de los individuos (familias) de las distintas fuentes de ensayo. Esto permite convertir el ensayo en un huerto

semillero de plántulas al final del periodo de evaluación siempre y cuando se asegure que dos descendientes procedentes de un mismo árbol no se puedan recombinar entre sí, uno de los principales problemas que se han identificado es que son débiles como ensayos de procedencia por lo que se recomienda usar solo 3-4 procedencias para mejorar la eficiencia del mismo (Murillo, 1994).

Se han realizado varios ensayos de procedencia con *Pinus greggii* cuyo objetivo ha sido generalmente evaluar el crecimiento en variables como diámetro y altura, así como de la estructura de copa, algunos ejemplos de ellos son los establecidos en la Mixteca Alta de Oaxaca (Valencia *et al.*, 2006), los de Villa Aldama, Ver. (Gutiérrez *et al.*, 2012), la de Galeana, N.L. (Rodríguez *et al.*, 2008), los establecidos en Arteaga, Coah. (Playas, 2010; Contreras, 2005; Mendoza, 2006) entre otros.

### 2.1.2 Ganancias genéticas

La ganancia genética obtenida de un rodal semillero es aproximadamente del 6 % en diámetros y hasta el 25% en rectitud del fuste, la ganancia genética en los huertos semilleros es mucho mayor y el material genético que se utiliza se determinan después de un ensayo en el cual se define la mejor procedencia o mejor familia (Barner *et al.*, 1992).

Por ello se realizan ensayos de procedencias para determinar cuál es el mejor material genético (fuente de semilla confiable con ganancia genética), dependiendo del objetivo de la plantación para asegurar el éxito (Zobel y Talbert, 1988).

La mayor parte de la información se refiere a mejoramiento a través de la selección entre diferentes fuentes de semilla (procedencias) dentro de una especie y a la selección de individuos dentro de poblaciones superiores. A partir de la experiencia de varios estudios se ha estimado la ganancia genética esperada (Cuadro 1) en las primeras etapas del mejoramiento (Barner *et al.*, 1992).

Los ensayos de especies y procedencias y los de procedencias/progenie consisten en probar la adaptabilidad que presenta una especie exótica o nativa, o una procedencia en un lugar determinado e incluso su progenie para detectar aquella que sea la más productiva en la región, recomendarla para reforestación, utilizando técnicas como: selección, cruzamiento y pruebas de descendencia en los árboles, para mejorar la calidad de los bosques (Zobel y Talbert, 1988).

Cuadro 1. Ganancias genéticas esperadas.

Grado de variación entre procedencias	Ganancia esperada de la selección de procedencias (%)	Grado de variación dentro de procedencias	Ganancia esperada de la selección individual (%)	Ganancia total esperada (%)
Alto	10-20	Alto	15-30	25-50
	10-20	Moderado	5-15	15-35
	10-20	Bajo	1-5	11-25
Moderado	5-10	Alto	15-30	20-40
	5-10	Moderado	5-15	10-25
	5-10	Bajo	1-5	6-15
Bajo	1-5	Alto	15-30	16-35
	1-5	Moderado	5-15	6-20
	1-5	Bajo	1-5	2-10

Fuente: Willan, 1988.

## 2.2 *Pinus greggii* Engelm.

### 2.2.1 Descripción

El *Pinus greggii* es un árbol de fuste recto y copa amplia de 20 hasta 35 m de altura y de hasta 70 a 80 cm de diámetro a la altura de pecho. La corteza es gruesa, escamosa con placas largas y también tiene fisuras longitudinales profundas de un color café oscuro por dentro y un gris oscuro por fuera. Las ramas tienen yemas lisas con levantamientos en la base de las acículas cuyo color es café amarillento o café grisáceo, con fascículos extendidos hacia adelante que persisten hasta cuatro años (Farjon *et al.*, 1997).

### 2.2.2 Distribución geográfica y ecología

Se desarrolla en muchos tipos de bosques: montañosos mixtos con latifoliadas, pino-encino y en pinares, en suelos ácidos o ligeramente alcalinos en el norte de su área de distribución. Esta especie nativa de México se distribuye en el sureste de Coahuila, sur de Nuevo León, sureste de San Luís Potosí, Querétaro, Hidalgo y el norte de Puebla; normalmente en altitudes de 1300 a 2600 msnm para las poblaciones del centro del país y de 2300 a 2700 msnm en las poblaciones del norte (Farjon *et al.*, 1997).



*Pinus greggii* se encuentra en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental del Centro y Norte de México, en zonas semiáridas y a veces semitropicales, entre los paralelos 20°00' a 25°40' de latitud Norte y meridianos 97°40' a 101°20' de longitud Oeste. El intervalo de distribución altitudinal abarca de 1300 a 2700 msnm, presenta diferentes condiciones ambientales debido a su amplia distribución, se desarrolla generalmente en un clima subtropical con precipitación variable de 500 a 2900 mm la temperatura media anual es de 16.8 °C, con extremas máximas de 45°C y mínimas de -9 °C (Eguiluz, 1982). La especie habita en suelos delgados de textura migajón areno arcillosa, pedregosos, café rojizos y calizos, pobres en materia orgánica (Martínez, 1992). Las poblaciones del norte se han denominado como var. *greggii* y las del sur como var. *australis* (Ramírez *et al.*, 2005)

Se han localizado poblaciones naturales para la var. *greggii* en las localidades de La Tapona y Las Placetas en Galeana, N.L., Jamé, El Penitente, Cañón Los Lirios, Mesa del Rosario, Puerto San Juan, Santa Anita y Puerto El Conejo en Arteaga Coah. (Ramírez *et al.*, 2005). También se ha reportado en El Cedral en Galena N.L., El Diamante, Sierra Hermosa, Ojo de Agua en el municipio de Arteaga y en El Penitente, Ejido Cuauhtémoc, Cañón de Caballos en Saltillo, Coah. (Curiel, 2005).

### 2.2.3 Importancia

*Pinus greggii* se le conoce por su capacidad de desarrollarse en áreas poco productivas, por ello se utiliza en reforestaciones, recuperación de suelos, es maderable y por sus características morfológicas se han establecido plantaciones de árboles de navidad (Ramírez *et al.*, 2005).

La FAO en una publicación sobre el estado de la diversidad genética de los árboles y bosques en el Norte de México categoriza al *Pinus greggii* como una de las especie nativas con mayor prioridad en el Norte de México (Vargas, 2003). Así mismo por su potencialidad en plantaciones, en Sudáfrica se han plantado en escala comercial aproximadamente 1000 ha por año (Dvorak *et al.*, 1996).

Se le considera una especie precoz en su floración (Donahue y López, 1999). Así también se le reconoce por su resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Dvorak *et al.*, 2000). Es una especie maderable (Perry, 1991), y por su densidad se le clasifica como madera moderadamente pesada (López y Valencia, 2001).

El INIFAP ha realizado ensayos de esta especie para uso como árboles de navidad en Aguascalientes, Chihuahua, Zacatecas y Durango y ha demostrado que en cuatro a cinco años alcanzan alturas de dos metros para su cosecha final (Prieto *et al.*, 2006). Así *Pinus greggii* también fue evaluada en la Mixteca Alta de Oaxaca por poseer potencial para cultivarse como árbol de navidad por sus características de adaptación y crecimiento en suelos delgados, pobres y pedregosos, además se considera rentable (Ruíz, 1995).

### 2.3 Estudios afines

Se han publicado varios artículos sobre ensayos de procedencias, pruebas de progenie y poblaciones naturales, en las cuales se ha utilizado el *Pinus greggii* evaluando el crecimiento, producción de conos y semillas, traqueidas y densidad de la madera, por mencionar algunos (Cuadro 2).

### 2.4 Antecedentes del área de estudio

En 1983, el Gobierno del Estado de Coahuila, al analizar la necesidad de realizar trabajos de investigación y desarrollo, donó a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, un predio con una superficie de 35.9 ha. El Campo Experimental se encuentra en una región netamente frutícola, aunque también prosperan otras especies hortícolas bajo condiciones de riego. Entre las áreas de investigación que se manejan se encuentran experimentos con especies forestales. En esta región prosperan otros frutales como el ciruelo, durazno, chabacano o cultivos anuales como el maíz, papa, cilantro, repollo, cebolla y ornamentales, como las rosas en invernadero entre otros (UAAAN, 2011).

Actualmente se encuentra establecido un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* la cual forma parte de un grupo de plantaciones experimentales que tiene el Departamento Forestal en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA).

Cuadro 2. Estudios relacionados con la especie *Pinus greggii*.

Estudio	Tema	Autor
Procedencia	Crecimiento	Valencia <i>et al.</i> (2006). Contreras (2005). Mendoza (2006). Ornelas <i>et al.</i> (2001). Playas (2010).
	Crecimiento brote terminal	Rodríguez <i>et al.</i> (2013).
	Crecimiento y copa	Rodríguez <i>et al.</i> (2008).
	Selección de árboles y diseño de un área semillera	Bucio (2005).
	Variación en cobertura de suelo	Rodríguez, <i>et al.</i> (2009).
Población natural	Crecimiento	López <i>et al.</i> (2004).
	Crecimiento de brote terminal	López <i>et al.</i> (1999).
	Conos, semillas y plántulas	Morante <i>et al.</i> (2005).
	Conos y semillas	Ramírez <i>et al.</i> (2007).
	Semillas	Alba <i>et al.</i> (2006).
	Características estomáticas	Roblero (2011).
	Traqueidas	Maldonado (2011).
	Efecto de hormonas reguladoras	Dorantes (2011).
	Densidad de la madera	López y Valencia (2001).
Influencia de pH en agua	López <i>et al.</i> (2000).	
Prueba de progenie	Distribución y conservación	Rodríguez <i>et al.</i> (2005).
	Crecimiento	Hernández (1995). Gutiérrez <i>et al.</i> (2012).
	Crecimiento y arquitectura de copa	Vela (2002).
	Diseño y establecimiento de un ensayo	Alba <i>et al.</i> (2009).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área experimental

##### 3.1.1 Ubicación y localización

El ensayo de procedencias se localiza dentro del Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la UAAAN, en Los Lirios, Arteaga, Coah., que se ubica aproximadamente a 45 km de la ciudad de Saltillo, Coah. (Figura 1). El CAESA se encuentra en las coordenadas 25° 24' 25.63" de latitud norte y 100° 36' 25.2" de longitud oeste a una altitud de 2280 msnm (INEGI, 2000).

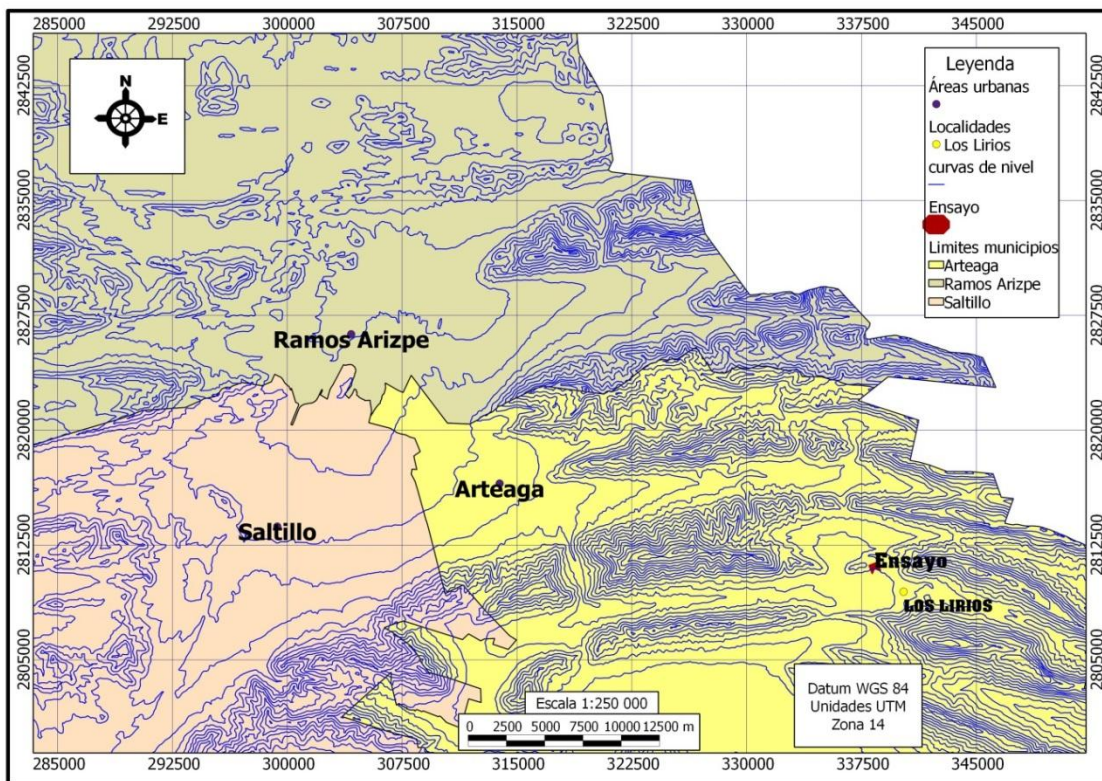


Figura 1. Ubicación del Campo Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la UAAAN donde se encuentra el ensayo de procedencias de *Pinus greggii*.

### 3.1.2 Hidrología y clima

El CAESA se ubica dentro de la región hidrológica Bravo Conchos (RH24), cuenca Rio Bravo-San Juan y en la subcuenca R. San Miguel (RH4Be) (INEGI, 2008).

La temperatura media anual es de 13.6° C y una precipitación promedio anual de 521.2 mm (CONABIO, 2001b). La fórmula climática es Cb(x')(wo)(e)g que corresponde a un clima templado con verano fresco y largo (García, 1987).

### 3.1.3 Fisiografía y edafología

El ensayo de procedencias se encuentra en la Sierra Madre Oriental, en la subprovincia Gran Sierra Plegada y Pliegues Saltillo Parras (INEGI, 2005).

En el área predomina el suelo feozem calcárico (Hc) con una textura media que se encuentra en fase física gravosa (CONABIO, 2001a). Que se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, sin presentar las capas ricas en cal. Los suelos feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. La subunidad calcárico, se describe como suelos ricos en cal y nutrientes para las plantas (FAO, 2006).

## 3.2 Diseño experimental

La plantación es un ensayo de procedencias de *Pinus greggii*, se realizó en un diseño experimental de bloques completos al azar. Para la evaluación como ensayo de procedencias se tienen cinco procedencias distribuidas en 13 bloques, donde la unidad experimental está constituida por 14 plantas. Las procedencias que se evaluaron son de la Sierra de Arteaga, cuatro del estado de Coahuila y una del estado de Nuevo León (Cuadro 3).

Cuadro 3. Localización de las procedencias utilizadas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Procedencia	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
Puerto Conejos, Coah.	25° 29'	100° 35'	2500
Sta. Anita, Coah.	25° 27'	100° 34'	2560
El Tarillal, N. L.	25° 26'	100° 29'	2500
Los Lirios, Coah.	25° 22'	100° 30'	2600
Jamé, Coah.	25° 21'	100° 35'	2552

Fuente: (Curiel, 2005).

La producción de planta se realizó en el vivero del Departamento Forestal y la plantación se llevó a cabo el 5 de agosto de 2005. Se plantaron 910 plantas en cepa común, distribuidas en marco real a 2.5 m entre planta y planta, no se incluyeron plantas de borde en el perímetro del experimento.

### 3.3 Variables evaluadas

Una vez definidos los objetivos del presente trabajo de evaluar el crecimiento y la estructura de copa, se determinó que era necesario registrar 20 variables (Cuadro 4). Con estas variables que se registraron en campo se calcularon otras variables de interés que permiten una evaluación más concreta de acuerdo a los objetivos planteados (Cuadro 5), es decir, para cada variable que se presenta en la primera columna, en la segunda columna se indica la variable o variables que sirvieron para obtenerla.

Las variables se separaron en dos grupos, el primero con variables relacionadas con el crecimiento (siete variables) en la cual se incluyó la sobrevivencia, y en el segundo variables relacionadas con la estructura de copa (diez variables).

La medición en campo se realizó en tres etapas, la primera en marzo de 2015, la segunda en mayo 2015 y una última para verificar datos y tomar una variable más en enero de 2016.

La evaluación de crecimiento se realizó con las variables altura total, diámetro de la base, diámetro normal, área basal individual, área basal por hectárea e índice de esbeltez; para la estructura de copa se procesaron las variables altura al diámetro

máximo de copa, diámetro promedio de copa, el área de proyección de copa, el área de intersección lumínica de copa, cobertura por hectárea, porcentaje de copa, número de verticilos, número de ramas por verticilo, diámetro promedio de las ramas y ángulo promedio de las ramas.

Cuadro 4. Variables evaluadas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

VARIABLES DE CAMPO	CLAVE	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
1. Supervivencia	sob	N/a
2. Altura total	ht	Pértiga y cinta métrica
3. Altura al diámetro máximo de la copa	hdmc	Cinta métrica
4. Altura a la primera rama viva	hprv	Cinta métrica
5. Diámetro normal	dn	Vernier digital y manual
6. Diámetro de la base	db	Vernier digital y manual
7. Diámetro de copa 1	dc1	Cinta métrica
8. Diámetro de copa 2	dc2	Cinta métrica
9. Número de verticilos	nv	N/a
10. Número de ramas por verticilo	nrv	N/a
11. Diámetro de rama 1	dr1	Vernier digital y manual
12. Diámetro de rama 2	dr2	Vernier digital y manual
13. Diámetro de rama 3	dr3	Vernier digital y manual
14. Diámetro de rama 4	dr4	Vernier digital y manual
15. Diámetro de rama 5	dr5	Vernier digital y manual
16. Ángulo de rama 1	ar1	Transportador
17. Ángulo de rama 2	ar2	Transportador
18. Ángulo de rama 3	ar3	Transportador
19. Ángulo de rama 4	ar4	Transportador
20. Ángulo de rama 5	ar5	Transportador

Para las alturas que superan el metro se midieron con una pértiga y para los individuos inferiores a un metro se usó una cinta métrica. Cabe mencionar que el equipo que se decidió utilizar se ocupó en todo el bloque sea pértiga o cinta métrica (Figura 2).

Cuadro 5. Clasificación de variables a procesar en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Variables de interés	Variables de campo	Clasificación
Sobrevivencia	Sobrevivencia	Crecimiento
Altura total	Altura total	Crecimiento
Diámetro normal	Diámetro normal	Crecimiento
Diámetro de la base	Diámetro de la base	Crecimiento
Área basal individual	Diámetro normal	Crecimiento
Área basal ha <sup>-1</sup>	Diámetro normal y sobrevivencia	Crecimiento
Índice de esbeltez	Altura total y diámetro normal	Crecimiento
Altura al diámetro máximo de la copa	Altura al diámetro máximo de la copa	Estructura de copa
Diámetro promedio de copa	Diámetro promedio de copa	Estructura de copa
Área de intersección lumínica de copa	Altura total, altura a la primera rama viva, radio de copa	Estructura de copa
Área de proyección de copa	Diámetro promedio de copa	Estructura de copa
Cobertura ha <sup>-1</sup>	Diámetro promedio de copa y sobrevivencia	Estructura de copa
Porcentaje de copa	Altura total y altura a la primera rama viva	Estructura de copa
Número de verticilos	Número de verticilos	Estructura de copa
Número de ramas por verticilo	Número de ramas por verticilo	Estructura de copa
Diámetro promedio de ramas	Diámetro de rama 1, 2, 3, 4 y 5	Estructura de copa
Ángulo promedio de ramas	Ángulo de rama 1, 2, 3, 4 y 5	Estructura de copa

La altura total se midió con una pértiga con aproximación a centímetros desde la base de árbol al ápice colocándola lo más cerca del fuste principal y en posición vertical (Figura 2a), la altura de fuste limpio se midió de la base del árbol a la primera rama viva con cinta métrica, la altura al punto más amplio de la copa (desde la base del árbol) se midió con una cinta métrica (Figura 2b), para el diámetro a 1.30 metros se utilizó un pie de rey con una aproximación a décimas de milímetro (Figura 2e), el diámetro a la base de igual manera se utilizó un vernier para su medición (Figura 2c), para la variable diámetro de la copa se realizaron mediciones en direcciones (norte-sur y este-oeste) para ello se utilizó una cinta métrica (Figura 2d), para el caso del número de verticilos se contabilizó de arriba hacia abajo considerando sólo los verticilos que tuvieran más de dos ramas y para el número de ramas por verticilo así como el diámetro (Figura 2f) y ángulo de inclinación de la ramas (Figura 2g), se tomó como referencia el primer tercio del número total de verticilos por ejemplo si sumaron 15 verticilos se midió en el quinto contando de arriba hacia abajo.





a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)

Figura 2. Medición de: a) Altura total, b) Altura al punto más amplio de la copa, c) Diámetro de la base, d) Diámetro de la copa, e) Diámetro normal, f) Diámetro de la rama, g) Ángulo de inclinación de la rama, en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

### 3.4 Variables calculadas

Con las variables registradas en campo se calcularon otras variables para la evaluación de cada aspecto de acuerdo a la clasificación propuesta, las variables de crecimiento son siete y las de estructura de copa son diez:

#### a) Crecimiento:

- Sobrevivencia, se calculó con la proporción de plantas vivas entre el total de plantas por parcela.

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{\text{No. plantas vivas}}{\text{Total de plantas por parcela}}$$

- Altura total, se utilizó como se tenía registrado en metros.
- Diámetro normal se procesó como se tenía registrado en centímetros.
- Diámetro basal individual, se procesó como se tenía registrado en centímetros.
- Área basal individual se utilizó la fórmula:

$$G = d^2 * 0.7854$$

Dónde:

G = área basal

d= diámetro normal en metros.

- Área basal por hectárea (G), para esta variable se consideró la sobrevivencia por parcela y el área basal por parcela, es decir, considerando la superficie abarcada por los individuos vivos, con la siguiente fórmula:

$$G/\text{ha} = \frac{Gp * 10000}{87.5}$$

Dónde:

G/ha = área basal por hectárea

Gp = área basal por parcela

El número 87.5 es la superficie de cada parcela.

- Índice de esbeltez, es un índice que define la relación entre la altura de un árbol y su diámetro normal, en unidades iguales; denota la posición social de los árboles y el grado de estabilidad de los rodales o árboles individuales ante daños abióticos (Nájera y Hernández, 2008). Se utilizó la fórmula siguiente:

$$IE = \frac{Hm}{Dm}$$

Dónde:

IE = índice de Esbeltez.

H<sub>m</sub> = altura media en metros.

$D_m$ = diámetro medio en metros.

b) Estructura de copa (Figura 3):

- Altura al diámetro máximo de la copa, se utilizó como se tenía registrado, en metros.
- Diámetro promedio de copa, se procesó como se registró en campo, en centímetros.
- Área de intersección lumínica, se calculó con la fórmula (Jiménez *et al.*, 2002):

$$AILC = \frac{(\pi)(r)}{6LC^2} \left[ (4LC^2 + r^2)^{\frac{3}{2}} - r^3 \right]$$

Dónde:

AILC= Área de intersección lumínica.

LC=Longitud de copa en metros.

r= Radio de la copa en metros.

La longitud de copa es la diferencia entre la altura total del árbol y la altura a la primera rama viva.

- Área de proyección de copa para ello se utilizó la siguiente fórmula (Jiménez *et al.*, 2002) :

$$Apc = Dpc^2 * 0.7854$$

Dónde:

Apc= área de proyección de copa.

Dpc= diámetro promedio de copa en metros.

- Cobertura por hectárea, con el área de proyección de copa se generó la cobertura por hectárea, en cuya fórmula se utilizó también la sobrevivencia.

$$Apc/ha = \frac{apcp * 10000}{87.5}$$

Dónde:

Apc/ha = área de proyección de copa por hectárea

apcp = área de proyección de copa por parcela

El número 87.5 es la superficie de cada parcela.

- Porcentaje de copa, es la relación en porcentaje de la altura total del árbol con respecto a la longitud de la copa.

$$PC = (LC * 100)/HT$$

Dónde:

PC= Porcentaje de copa.

LC=Longitud de copa en metros.

HT= Altura total de árbol en metros.

- Número de verticilos, se utilizó como se tenía registrado.
- Número de ramas por verticilo, se procesó como se tenía registrado.
- Diámetro promedio de ramas, se utilizó como se tenía registrado en milímetros.
- Ángulo promedio de ramas, se procesó como se tenía registrado en grados.

En el caso de la sobrevivencia y el porcentaje de copa previo al análisis de varianza los datos fueron transformados con la función arco-seno, pero los valores promedio de las procedencias fueron expresados en las unidades originales.

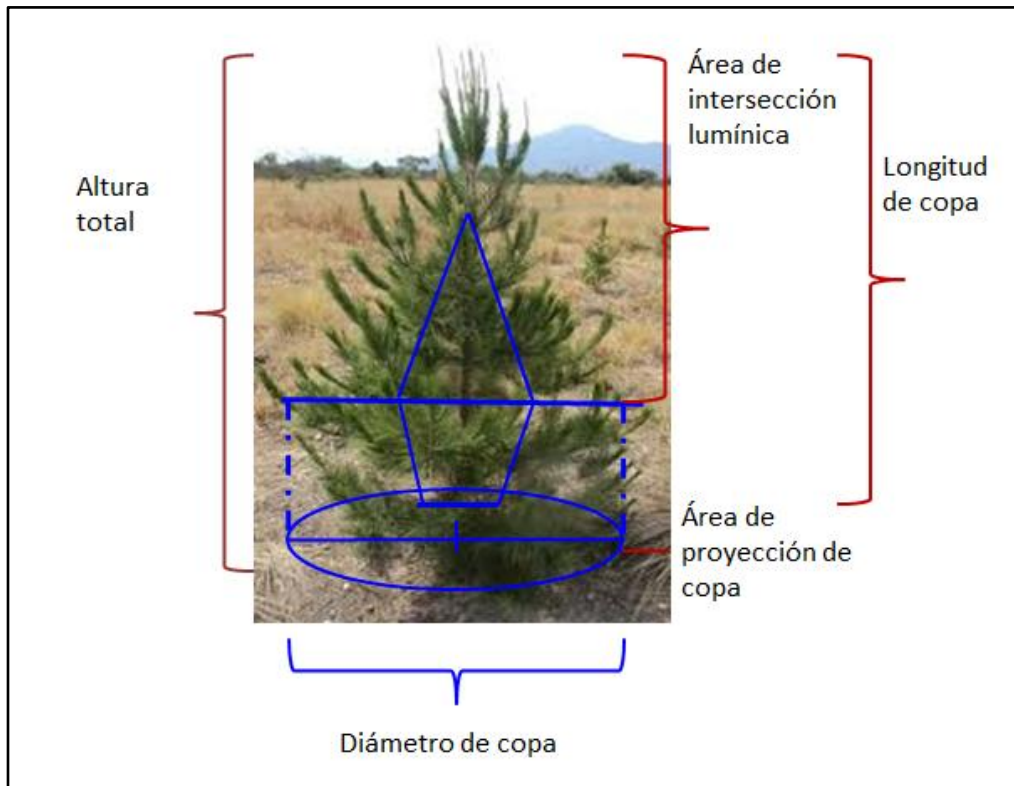


Figura 3. Ilustración de las variables que conforman la estructura de copa en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Mediante análisis de varianza preliminar y considerando los resultados de la sobrevivencia por procedencia se eliminaron para los análisis definitivos dos bloques de los 13 establecidos (bloques 10 y 11), trabajando finalmente con 11 bloques.

### 3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0, utilizando el procedimiento ANOVA para el análisis de varianza del crecimiento y estructura de copa de los árboles, para ello se usaron los valores promedio por parcela, como ya se indicó en el caso de la evaluación como ensayo de procedencias el tamaño de parcela fue de 14 plantas.

El modelo estadístico que corresponde al diseño de bloques completos al azar que se utilizó para la evaluación como ensayo de procedencias es el siguiente:

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

Dónde:

$Y_{ij}$  = Observación de la i-ésima procedencia dentro del j-ésimo bloque

$\mu$  = Media general del experimento

$P_i$  = Efecto de la i-ésima procedencia

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\xi_{ij}$  = Error experimental (efecto de la interacción entre la i-ésima procedencia y el j-ésimo bloque).

Después del análisis de varianza, para las variables donde hubo diferencias estadísticas, se realizó la prueba Tukey de separación de medias con un alfa de 0.05 para determinar cuál es la mejor procedencia.

Con los valores promedio por parcela se estimó la correlación en cuatro grupos: a) la sobrevivencia con las variables de crecimiento y de estructura de copa, b) entre las mismas variables de crecimiento, c) entre las mismas variables de la estructura de copa y d) las variables de crecimiento con las variables de la estructura de copa. Con la finalidad de determinar si existe alguna relación entre ellas.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan para 17 variables clasificadas en dos grupos, cada uno engloba variables que lo caracterizan, el primero se le denominó “variables de crecimiento” las cuales son siete y el segundo “variables de estructura de copa” con 10 variables evaluadas. La sobrevivencia se incluyó en el primer grupo para no hacer un tercer apartado.

### 4.1 Análisis de varianza

#### 4.1.1 Crecimiento

Los coeficientes de variación de los análisis de varianza se encuentran por debajo del 30 % lo cual indica que son estadísticamente confiables, excepto para la variable área basal por hectárea (CV=36.43%). Las variables de crecimiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas excepto para la variable diámetro de la base (Cuadro 6).

Cuadro 6. Probabilidades del efecto de procedencias en el análisis de varianza para las variables de crecimiento evaluadas a 10 años en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Variable	Coefficiente de variación (%)	Pr>F (Efecto procedencias)
Sobrevivencia %	16.28	0.6989
Altura total (m)	11.87	0.2348
Diámetro de la base (cm)	11.87	0.0250*
Diámetro normal (cm)	14.28	0.2120
Área basal individual (m <sup>2</sup> )	27.35	0.3266
Área basal ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	36.43	0.5213
Índice de esbeltez	11.41	0.2961

\* Diferencias significativas (Pr<0.05).

En otros ensayos de procedencias de *Pinus greggii*, se encontraron diferencias significativas entre procedencias en las variables altura y diámetro pero no se encontraron diferencias para la sobrevivencia, como en los ensayos establecidos en la

Mixteca Alta de Oaxaca evaluados a los 2.5 años (Valencia *et al.*, 2006), el establecido en Galeana, N. L. a los 4.5 años (Rodríguez *et al.*, 2008) y el establecido en Villa Aldama, Veracruz evaluado a los 2 años (Gutiérrez, 2011).

Sin embargo, en otros ensayos de procedencias de esta misma especie no se encontraron diferencias significativas para las variables sobrevivencia, altura y diámetro. Como el establecido en el CAESA, Arteaga Coah., con tres procedencias evaluadas a los 12.6 años (Contreras, 2005) y el establecido en Huachinango, Puebla con 12 procedencias y evaluado a los 6 años (López *et al.*, 2004).

El no encontrar diferencias entre procedencias puede deberse a la cercanía entre las procedencias probadas ya que en las especies con más amplia distribución se pueden encontrar de manera más fácil diferencias entre ellas (Mesén, 1994). Cuando los ensayos se establecen cerca del lugar de origen es más difícil encontrar diferencias entre las procedencias (Zobel y Talbert, 1988) de manera que al probar menor número de procedencias y lugar de origen cercano al lugar del ensayo puede ser más difícil detectar diferencias, tal es el caso del ensayo establecido en Emiliano Zapata, Ver., con tres procedencias evaluado a los ocho años para *Cedrela odorata* (Márquez *et al.*, 2009).

Además, las variables sobrevivencia, altura y el diámetro son características de bajo control genético por lo tanto el ambiente es el que tiene mayor influencia (Zobel y Talbert, 1988), de manera que en el ensayo que se evaluó es probable que la razón por la cual no se hayan encontrado diferencias se deba al ambiente donde están creciendo y el efecto genético a nivel de procedencia es tan pequeño que no se alcanza a detectar como diferencias.

Con los resultados de la evaluación del ensayo con respecto a las variables de crecimiento (sobrevivencia, altura total, diámetro normal, área basal individual, área basal por hectárea e índice de esbeltez) indican que no existen diferencias significativas lo cual quiere decir que cualquiera de las cinco procedencias se puede seleccionar para el fin que se plantee, excepto para la variable diámetro basal.

#### 4.1.2 Estructura de copa

En la evaluación de la estructura de copa los coeficientes de variación de los análisis de varianza se encuentran por debajo del 30% (Cuadro 7), por lo tanto los análisis de



varianza son confiables. En las variables de estructura de copa se encontró diferencia significativa ( $Pr < 0.05$ ) para la variable diámetro promedio de ramas.

Cuadro 7. Probabilidades del efecto de procedencias en el análisis de varianza para las variables de estructura de copa evaluadas a 10 años en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Variable	Coefficiente de Variación (%)	Pr>F (Efecto de procedencia)
Altura al diámetro máximo de la copa (m)	7.22	0.0573
Diámetro promedio de copa (m)	11.19	0.0647
Área de proyección de copa (m <sup>2</sup> )	19.62	0.0948
Cobertura ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	26.06	0.3628
Área de intersección lumínica de copa (m <sup>2</sup> )	19.93	0.2238
Porcentaje de copa (%)	3.23	0.6054
Número de verticilos (#)	9.79	0.5776
Número de ramas por verticilo (#)	7.74	0.6843
Diámetro promedio de ramas (mm)	9.37	0.0148*
Ángulo promedio de ramas(°)	4.28	0.2289

\* Diferencia significativa ( $Pr < 0.05$ ).

Es importante mencionar que si se está dispuesto a tolerar un nivel de probabilidad de error hasta del 10 % ( $Pr < 0.1$ ), entonces en tres variables más se declararían diferentes estadísticamente, ya que dos variables: altura al diámetro máximo de la copa y diámetro promedio de copa, presentan probabilidad de error de 6 %, mientras que la variable área de proyección de copa presenta una probabilidad de error de 9 %. Cabe destacar que los niveles de confianza usados más frecuentemente son 95% y 99%, pero se puede disminuir incluso a 90%, eso depende del error que se decida tolerar y el tipo de estudio a realizar (Moore y Comas, 2004).

Para el caso de las variables de la estructura de copa, en el ensayo establecido en Galeana, N.L., a los 4.5 años utilizando *Pinus greggii* se evaluaron variables como el área de proyección de copa, área de intersección lumínica de copa y porcentaje de copa, los resultados mostraron diferencias significativas (Rodríguez *et al.*, 2009). Caso contrario del presente trabajo donde no se encontró variabilidad entre procedencias para esas variables si se considera el 95 % de confianza, pero de considerar un 90 %



de confianza, entonces en la variable área de proyección de copa del presente estudio también habría diferencias estadísticas.

De manera semejante con las variables de crecimiento, ahora con las variables de estructura de copa, también es difícil encontrar diferencias entre procedencias. Como ya se mencionó, se pueden atribuir a que en *Pinus greggii*, así como en otras especies si las poblaciones estudiadas son cercanas entre sí, es difícil encontrar diferencias, por ello se recomienda que las procedencias se encuentren distanciadas o someterlas en ambientes extremos (Zobel y Talbert, 1988). Ya que cuando se prueban en lugares más distantes es más probable encontrar diferencias, como es el caso de los ensayos establecidos en la Mixteca Alta de Oaxaca evaluados a los 2.5 años para la variable diámetro de copa donde se encontraron diferencias significativas (Valencia *et al.*, 2006).

A pesar de que en el estudio correspondiente no se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables es recomendable seguir trabajando con la especie *Pinus greggii* por su adaptación en ambientes secos y desarrollo en áreas degradadas (Valencia *et al.*, 2006), potencial económico (Ruíz, 1995), entre otros aspectos de importancia, además se ha demostrado que en otros ensayos de procedencias si se encontraron diferencias (Valencia *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008).

## 4.2 Valores promedio por procedencia

### 4.2.1 Crecimiento

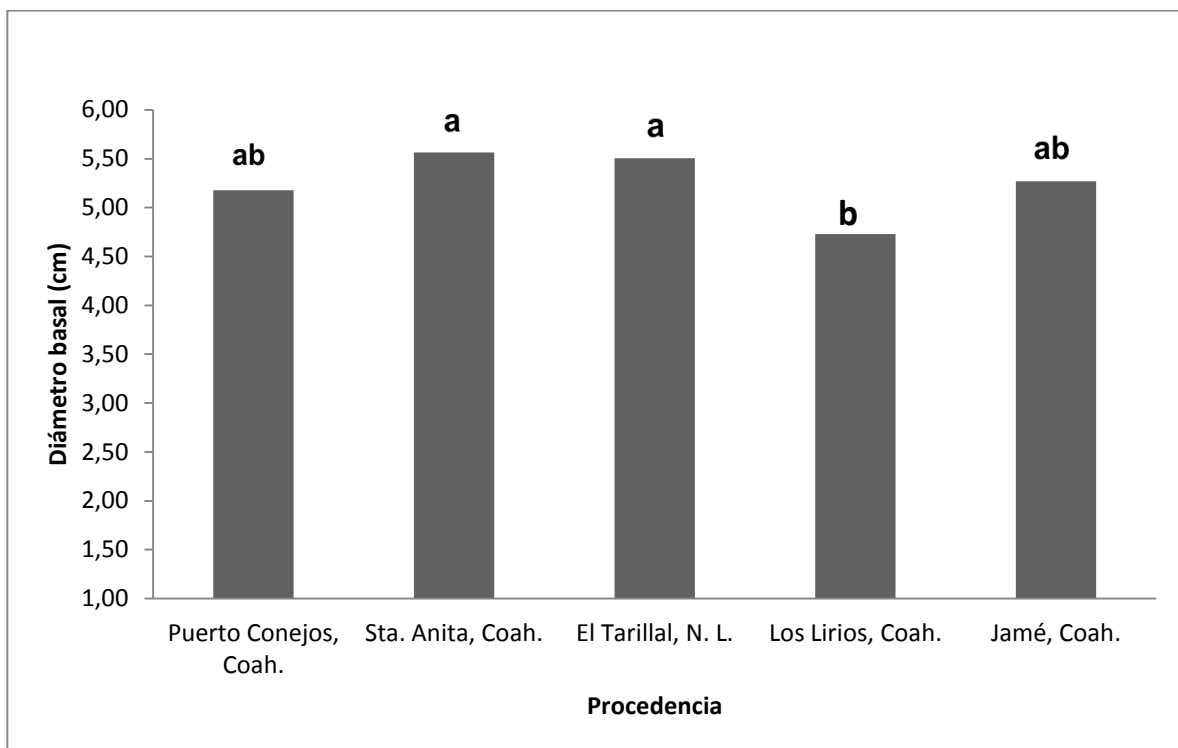
Para cada variable de crecimiento se presentan los valores promedio por procedencia y el valor promedio por variable (Cuadro 8). La prueba Tukey de separación de medias para la variable diámetro de la base, que fue la única que presentó diferencias significativas en el análisis de varianza, muestra que las procedencias Santa Anita y El Tarillal son las procedencias que destacan con valores superiores respecto a la procedencia Los Lirios (Cuadro 8 y Figura 4), en las otras variables no hubo diferencias estadísticas entre las procedencias, tal como se señaló en el análisis de varianza.

A los 10 años de establecido el ensayo, la sobrevivencia de la población total es de 83.90%, la altura total es de 2.67 m y el diámetro normal es de 3.36 cm. El área basal por hectárea es de 1.3736 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> que integra el área basal individual y la sobrevivencia. Y con respecto a la variable índice de esbeltez en general las procedencias presentan un índice por debajo de 100.

Cuadro 8. Valores promedio por procedencia para la evaluación de crecimiento en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Procedencia	Sob	ht (m)	db (cm)	dn (cm)	G (m <sup>2</sup> )	G/ha (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	ie
Puerto Conejos, Coah.	89	2.73	5.18 ab*	3.30	0.00099	1.3631	93
Sta. Anita, Coah.	84	2.77	5.56 a	3.58	0.00115	1.5606	87
El Tarillal, N. L.	82	2.71	5.51 a	3.46	0.00111	1.4516	91
Los Lirios, Coah.	82	2.48	4.73 b	3.10	0.00092	1.2242	97
Jamé, Coah.	81	2.66	5.27 ab	3.37	0.00104	1.2688	94
Promedio	84	2.67	5.25	3.36	0.00104	1.3736	92

\*Separación de medias con prueba Tukey  $\alpha=0.05$ , procedencias con misma letra son estadísticamente iguales, sob=Sobrevivencia, ht=altura total, db=diámetro de la base, dn=diámetro normal, G=área basal, G/ha=área basal ha<sup>-1</sup>, ie=índice de esbeltez.



Procedencias con la misma letra son estadísticamente iguales en Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Figura 4. Crecimiento en diámetro basal por procedencia en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

La sobrevivencia promedio del ensayo (84 %) se puede considerar buena, ya que en otros trabajos experimentales se han obtenido menores valores, por ejemplo 71 % en Galeana, N. L. a 10.9 años (Rodríguez *et al.*, 2013), 70% en Huachinango, Puebla a los seis años (López *et al.*, 2004), incluso es alta para el valor promedio de sobrevivencia que se reporta de 69% en varias plantaciones de *Pinus greggii* en el estado de Coahuila (Benítez, 2010).

En cambio, el crecimiento es menor, ya que los valores promedio del ensayo a 10 años de establecido para altura (2.67 m) y diámetro normal (3.36 cm) son inferiores a los reportados en otros trabajos con edades similares. Por ejemplo 6.53 m y 8.5 cm de altura y diámetro, respectivamente, en el ensayo de Galeana, N. L. (Rodríguez *et al.*, 2013), 4.17m y 7.45 cm de altura y diámetro, respectivamente, en el ensayo de Arteaga, Coah., evaluado a los nueve años con ocho meses de establecido (Vela, 2002).

En el ensayo de procedencias establecido en Galeana N. L., evaluado a los 10.9 años de edad con nueve procedencias de *Pinus greggii* (Rodríguez *et al.*, 2013), se analizaron cuatro procedencias (Puerto Conejos, Santa Anita, Los Lirios y Jamé) de las cinco que se manejan en el presente trabajo, estas cuatro procedencias son estadísticamente iguales para la altura pero Jamé destaca en la variable diámetro basal. En otro ensayo establecido en Patoltecoya, Puebla evaluado a los 2.7 años con 12 procedencias entre ellas Puerto Conejos, Santa Anita, Los Lirios y Jamé, resultó que Los Lirios fue la procedencia con menores valores con respecto a las otras tres, para las variables de crecimiento (López *et al.*, 1999). Estos resultados son consistentes con el presente trabajo, en el sentido de que la procedencia Los Lirios fue la que menor diámetro basal presentó, mientras que para la altura la tendencia que se observa es Santa Anita con el mayor valor y Los Lirios con el menor valor, sin que el análisis de varianza haya detectado diferencias estadísticas.

En la evaluación de las mismas cinco procedencias en la etapa de vivero a los tres y nueve meses de edad en la cual se evaluaron las variables emergencia, sobrevivencia y altura total resulta que la procedencia El Tarillal destaca entre las demás procedencias evaluadas (Mendoza, 2006), esto concuerda con el presente trabajo para la variable diámetro basal donde se evaluó a los 10 años de establecido el ensayo.

Los valores promedio del presente ensayo resultan ser menores, respecto a los reportados para esta especie en otros estudios, excepto para la sobrevivencia. Esto se puede deber a las condiciones ambientales del sitio de prueba (Los Lirios, Arteaga, Coah.) que presenta menor precipitación, temperaturas más extremas y mayor latitud que repercute en un menor fotoperiodo, comparado con los otros ensayos establecidos en menores latitudes. A pesar de los bajos valores en las variables de crecimiento del

presente trabajo, *Pinus greggii* se considera una especie que se desarrolla en suelos degradados y la alta sobrevivencia reportada puede ser un indicador de su potencial para utilizarse en reforestaciones (Ramírez *et al.*, 2005).

#### 4.2.2 Estructura de copa

Para el grupo de variables que caracterizan la estructura de copa (Cuadro 9) la prueba de Tukey para la variable con diferencia estadística que se detectó en el análisis de varianza (diámetro promedio de ramas), resulta que Puerto Conejos es la procedencia que destaca, respecto a Los Lirios que es la procedencia con menor valor (Figura 5).

El diámetro promedio de copa del ensayo a los 10 años de establecido es de 1.77 metros, el área de proyección de copa de 2.67 m<sup>2</sup>, la cobertura de copa por hectárea es de 3643.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> variable que se integra con el área basal individual y la sobrevivencia, el número de verticilos es de 15 y el número de ramas por verticilo es de 3.

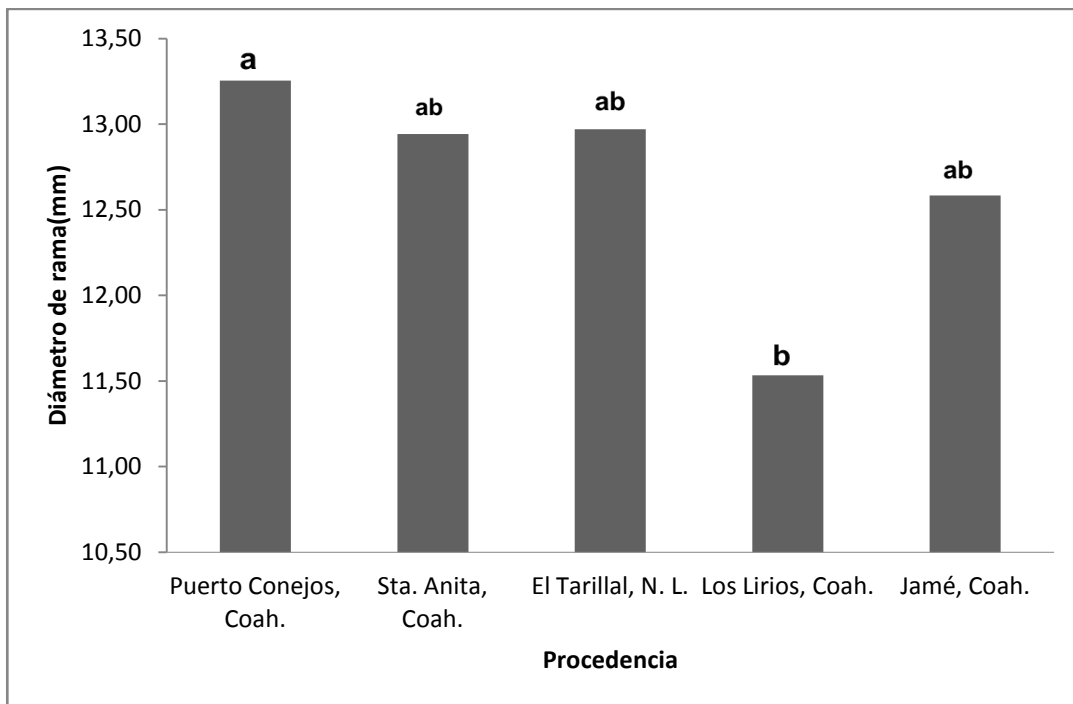
El resultado de que la procedencia Los Lirios sea de menor crecimiento en altura y diámetro es consistente con lo reportado en otros trabajos pero para estas variables (López *et al.*, 1999).

En otro ensayo de procedencias establecido en Galeana N. L., evaluado a los 4.5 años con nueve procedencias de *Pinus greggii* resultó que Los Lirios tiene el mayor área de proyección de copa (Rodríguez *et al.*, 2008), en dicho trabajo se analizaron cuatro procedencias (Puerto Conejos, Santa Anita, Los Lirios y Jamé) de las cinco que se manejan en el presente trabajo, donde resultó contrario, ya que Los Lirios es la procedencia con los valores más bajos con respecto a las variables que componen la estructura de copa. Así también, en los ensayos establecidos en La Mixteca Alta de Oaxaca (Tlacotepec y Magdalena) evaluados a los 2.5 años con 13 procedencias donde se evaluó el diámetro de copa resultó que en el ensayo de Tlacotepec las cuatro procedencias son estadísticamente iguales y en el otro ensayo Santa Anita es la que muestra una tendencia superior (Valencia *et al.*, 2006).

Cuadro 9. Valores promedio por procedencia para la evaluación de la estructura de copa en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Procedencia	hdmc (m)	dpc (m)	apc (m <sup>2</sup> )	cob/ha (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	ailc (m <sup>2</sup> )	pc (%)	nv (#)	nrv (#)	dpr (mm)	apr (°)
Puerto Conejos, Coah.	1.10	1.78	2.65	3769.6	10.49	92	15	3	13.25a*	77
Sta. Anita, Coah.	1.15	1.87	2.90	3967.5	11.17	93	16	3	12.94ab	76
El Tarillal, N. L.	1.13	1.80	2.76	3747.0	10.75	92	15	3	12.97ab	75
Los Lirios, Coah.	1.05	1.62	2.29	3165.7	9.14	91	15	3	11.53 b	76
Jamé, Coah.	1.09	1.80	2.77	3568.0	10.62	92	15	3	12.58ab	78
Promedio	1.11	1.77	2.67	3643.6	10.44	92	15	3	12.66	76

\*Separación de medias con prueba Tukey  $\alpha=0.05$ , procedencias con misma letra son estadísticamente iguales; hdmc=altura al punto máximo de la copa; apc=área de proyección de copa; cob/ha=cobertura por hectárea; ailc=área de intersección lumínica de copa; pc=porcentaje de copa; nv=número de verticilos; nrv3=número de ramas por verticilos; dpr=diámetro promedio de ramas; apr=ángulo promedio de ramas.



Procedencias con la misma letra son estadísticamente iguales en Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Figura 5. Diámetro de ramas por procedencia, en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

No se encontraron trabajos con evaluaciones en edades similares, pero como ejemplo se presentan algunos a edades menores en *Pinus greggii*, donde se han reportado diámetros de copa de 0.81 metros a los 2.5 años de establecido el ensayo (Valencia *et al.*, 2006). Con respecto al área de proyección de copa se ha reportado a los 4.5 años de establecido valores de 0.85 m<sup>2</sup> así como el área de intersección lumínica de copa mayor a 2.5 m<sup>2</sup> (Rodríguez *et al.*, 2008). En el caso del número de verticilos, en otro ensayo se ha reportado 8 verticilos en promedio a los 4.5 años de establecido (Godínez, 2005). No se pueden calificar los valores de las variables registradas con respecto a otros estudios, ya que como se mencionó anteriormente no se han encontrado trabajos en la cual hayan evaluado estas variables a la misma edad que el presente trabajo. Con respecto al índice de esbeltez todas las procedencias se encuentran por bajo de 100 lo cual indica que es un índice aceptable y que por lo tanto los árboles son resistentes a fuerzas mecánicas como el viento, mientras el índice tienda a ser menor es más resistente, esto involucra la edad y el espacio entre cada individuo (Arias, 2004).

A pesar de que estadísticamente solo se encontró diferencias en una variable (diámetro promedio de ramas) en la estructura de copa, se puede observar que numéricamente o con una probabilidad de error de 10 % se muestra una tendencia de que la procedencia Santa Anita presenta los mayores valores y la procedencia Los Lirios, presenta los menores valores, en las tres variables de la estructura de copa (altura al diámetro máximo de la copa, diámetro promedio de copa y área de proyección de copa). Otras variables (cobertura por hectárea, área de intersección lumínica de copa y porcentaje de copa) presentan la misma tendencia, pero en esos casos, ni con una probabilidad de error de 10 % se detectan diferencias.

En algunos trabajos donde se estudiaron *P. greggii* y *P. cembroides* (Hernández, 1995; Mendoza, 2006; Núñez, 2016; Godínez, 2005) en los cuáles no se han reportado variabilidad entre procedencias a edades tempranas pero se detecta cierta tendencia desde las primeras evaluaciones donde destaca por valor numérico cierta procedencia pero no alcanza a distinguirse estadísticamente, se ha encontrado que si se realizan evaluaciones a edades subsecuentes se logra distinguir diferencias estadísticas entre procedencias, esto puede deberse a que a mayor edad de los individuos las dimensiones aumentan sometiéndose a competencia por espacio y nutrientes llevándolos al estrés y por consecuente se presentan los efectos de procedencia logrando detectarse diferencias entre ellas.

Las características y dimensiones de la copa dependen de varios factores entre ellos la densidad del arbolado, debido al espacio de desarrollo (distancia entre árboles) que tiene cada individuo, mientras más espacio tenga mayor es la dimensión de la copa, que a la vez se ve reflejado en el crecimiento en diámetro y altura, así también la edad de los individuos es la involucrada, es claro que a mayor edad los individuos necesitan más espacio y nutrientes y si no se aplica un aclareo comienza la competencia lo cual se manifiesta en las dimensiones de los árboles (Spurr y Barnes, 1980).

Los resultados se pueden deber a las diferentes condiciones ambientales presentes en cada lugar donde se establecen los ensayos y la variación geográfica, ya que ésta contribuye a las diferencias existentes entre las características de los árboles de las procedencias (Zobel y Talbert, 1998).

El estudio de las variables de la estructura de copa son importantes debido a la utilidad de la especie, en este caso *Pinus greggii*. Los resultados de este trabajo indican que la especie tiene buena estructura de copa, de acuerdo al área de proyección de copa y al área de intersección lumínica, así también el número de verticilos, número de ramas por verticilo, esto permite recomendar a la especie como árbol de navidad así también como especie para restauración de áreas degradadas (Ramírez *et al.*, 2005).

Se han realizado estudios donde se prueban especies para restauración de áreas degradadas, en las cuales *Pinus greggii* destaca con respecto a la sobrevivencia y crecimiento, como el establecido en tres localidades de la Sierra de Arteaga con cinco especies evaluadas (*Pinus pinceana*, *Abies vejari*, *Pinus cembroides*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus greggii*) (García, 2014), el establecido en Iturbide N.L. con tres especies regionales (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus cembroides* y *Pinus greggii*) y dos introducidas (*Pinus halepensis* y *Pinus brutia*) (Domínguez *et al.*, 2001), el establecido en Morelia, Mich., donde se estudiaron cuatro especies (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus cembroides*, *Pinus devoniana* y *Pinus greggii*) (Gómez *et al.*, 2012). Estos estudios demuestran que *Pinus greggii* es una especie que por sus características adaptativas es recomendado para fines de restauración y que incluso destaca entre otras especies nativas.

### 4.3 Correlación

Al realizar la correlación de la sobrevivencia con las variables tanto de crecimiento como de la estructura de copa resulta tener correlación positiva y moderada ( $0.36 \leq r \leq 0.55$ ) en la mayoría de las variables, esto significa que los árboles que tienen mayor sobrevivencia son los que tienen mayores valores en altura, diámetro, área de intersección lumínica de copa así como área basal (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores de correlación significativa de sobrevivencia contra variables del crecimiento y la estructura de copa con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

	ht	dn	ab	ailc	apc	pc	nv	nrv3	apr
sob	0.55**	0.46**	0.46**	0.48**	0.36**	0.37**	0.45**	0.40**	0.42**

\*\* Significativo a ( $Pr < 0.01$ ), Sob=sobrevivencia, ht=altura total, dn=diámetro normal, diámetro de la base, ab=área basal, ie=índice de esbeltez, hpmc=altura al punto máximo de la copa, apc=área de proyección de copa, pc=porcentaje de copa, nv=número de verticilos, nrv3=número de ramas por verticilo, dpr=diámetro promedio de ramas, apr=ángulo promedio de ramas.



También se realizó el análisis de correlación entre las mismas variables de crecimiento (Cuadro 11) del cual resulta tener fuerte correlación positiva ( $0.83 \leq r \leq 0.98$ ), indicando que a mayor altura, mayor es el diámetro de la base, el diámetro normal y el área basal.

Cuadro 11. Valores de correlación significativa entre las variables de crecimiento con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

	db	dn	ab
ht	0.93**	0.85**	0.83**
db		0.85**	0.83**
dn			0.98**

\*\* Significativo a ( $Pr < 0.01$ ), ht=altura total, hpmc=altura al punto máximo de la copa, db=diámetro de la base, dn=diámetro normal, ab=área basal, ie=índice de esbeltez.

Con respecto a las variables que forman la estructura de copa (Cuadro 12), las variables presentan correlación positiva de ligera a fuerte ( $0.29 \leq r \leq 0.95$ ). Esto indica que los individuos que tengan buena estructura de copa reflejado en el área de proyección de copa, área de intersección lumínica de copa así como el porcentaje de copa, son los individuos con mayor número de verticilos, mayor diámetro y ángulo de las ramas.

Al correlacionar las variables que caracterizan al crecimiento (Cuadro 13) como la altura total y el diámetro normal, se encontró que tiene correlación positiva de ligera a fuerte ( $0.28 \leq r \leq 0.96$ ) con las variables de la estructura de copa, como en el área de proyección de copa, área de intersección lumínica de la copa, porcentaje de copa, número de verticilos y el ángulo de inclinación de las ramas. Esto quiere decir que los árboles que tienen mayor área de proyección de copa así como el área de intersección lumínica tienen mayor crecimiento reflejado en la altura y diámetro.

En un ensayo de procedencias establecido en Galeana, N.L., a los 4.5 años de edad (Reynoso, 2006) se encontró correlación del crecimiento con las características de copa, correlación positiva entre la altura y el área de proyección de copa ( $r=0.94^{**}$ ), con el área de intersección lumínica de copa ( $r=0.94^{**}$ ) y con el porcentaje de copa ( $r=0.94^{**}$ ); esto concuerda con los resultados del presente trabajo.

Cuadro 12. Valores de correlación significativa entre las variables de estructura de copa con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

	ailc	apc	pc	nv	dpr	apr
hpmc	0.31*	0.29*	0.44**		0.35**	
ailc		0.95**	0.74**	0.73**	0.45**	0.50**
apc			0.71**	0.65**	0.57**	0.37**
pc				0.68**	0.41**	0.65**
nv						0.52**

\* Significativo a ( $Pr < 0.05$ ), \*\* Significativo a ( $Pr < 0.01$ ), hpmc = altura al punto máximo de la copa, ailc=área de intersección lumínica de copa, apc=área de proyección de copa, pc=porcentaje de copa, ie=índice de esbeltez, nv=número de verticilos, nrv3=número de ramas por verticilo, dpr=diámetro promedio de ramas, apr=ángulo promedio de ramas.

Cuadro 13. Valores de correlación significativa entre las variables de crecimiento con las variables de estructura de copa con 55 parcelas en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

	hpmc	ailc	apc	pc	nv	nrv3	dpr	apr
ht	0.35**	0.96**	0.83**	0.77**	0.77**		0.36**	0.61**
db	0.40**	0.94**	0.89**	0.80**	0.71**		0.50**	0.54**
dn		0.85**	0.75**	0.62**	0.71**	0.28*		0.54**
ab		0.83**	0.72**	0.56**	0.69**	0.28*		0.50**

\* Significativo a ( $Pr < 0.05$ ), \*\* Significativo a ( $Pr < 0.01$ ), ht=altura total, diámetro de la base, dn=diámetro normal, ab=área basal, ie=índice de esbeltez, hpmc=altura al punto máximo de la copa, ailc=área de intersección lumínica de copa, apc=área de proyección de copa, pc=porcentaje de copa, nv=número de verticilos, nrv3=número de ramas por verticilo, dpr=diámetro promedio de ramas, apr=ángulo promedio de ramas.

La correlación se puede deber a que al tener mayor área fotosintética la respuesta del árbol se refleja en el crecimiento. La morfometría de un árbol a través de las variables de copa brinda una idea a las relaciones interdimensionales, el diámetro de la copa refleja la dimensión del aparato fotosintético que está directamente relacionado con su capacidad de crecimiento (Arias, 2005). La copa es importante dentro de la estructura

del árbol, la condición de vitalidad del individuo mejora con el tamaño de la misma (Rodríguez, *et al.*, 1999).

## 5 CONCLUSIONES

Para el ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en el CAESA, a 10 años de establecido se concluye que:

- Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre procedencias para el diámetro de la base y para el diámetro promedio de ramas.
- Las procedencias Santa Anita y El Tarillal son estadísticamente superiores con respecto a la procedencia Los Lirios para la variable diámetro de la base.
- La procedencia Puerto Conejos es estadísticamente superior con respecto a la procedencia Los Lirios para la variable diámetro promedio de ramas.
- La procedencia Los Lirios es la de menor crecimiento en diámetro basal y en diámetro promedio de ramas.
- Las parcelas donde hubo mayor sobrevivencia presentan los valores promedio superiores de crecimiento y de tamaño de copa.
- Las parcelas con mayores valores en altura de planta tienen mayores valores de diámetro basal y diámetro normal.
- Las parcelas con mayor área de proyección de copa son las que tienen mayores valores con respecto al número de verticilos, diámetro promedios de ramas y ángulo promedio de ramas.
- Las parcelas con mayor crecimiento en altura total y diámetro de planta son las que tienen mayores dimensiones de copa, así como mayor número de verticilos, diámetro y ángulo de las ramas.

## 6 RECOMENDACIONES

- Realizar análisis a nivel progenie para poder determinar familias superiores y estimar parámetros genéticos.
- Continuar las evaluaciones a diferentes edades para hacer comparaciones con los resultados de trabajos anteriores y determinar si el ensayo sigue con la misma tendencia o cambia con el tiempo.
- Realizar más investigaciones sobre variables de estructura o características de copa para *Pinus greggii* ya que existe poca información sobre evaluaciones de esas variables.
- Continuar con el establecimiento de más ensayos con mayor número de procedencias y en diferentes lugares, para detectar diferencias y seleccionar la mejor procedencia para cada lugar.
- A largo plazo convertir el ensayo en huerto semillero.

## 7 LITERATURA CITADA<sup>1</sup>

- Alba L.J., E.O. Ramírez G. y G. Rojas P. (2006).** Variación en semillas de *Pinus greggii* Engelm. En el municipio de Naolinco, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 8:7-12.
- Alba L.J., H. Cruz J., J.E. Mundo Z. y E. Ramírez G. (2009).** Diseño y establecimiento de una prueba de procedencias/progenie de *Pinus greggii* Engelm., *Foresta Veracruzana* 11:39-42.
- Arias, A.D. (2004).** Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies forestales maderables utilizadas en los programas de reforestaciones de la Zona Sur de Costa. *Korú: revista forestal Costa Rica* 1:11.
- Arias, A.D. (2005).** Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. *Korú: revista forestal Costa Rica* 2:13.
- Barner H, B. Ditlevsen y K. Olesen (1992).** Introducción la mejoramiento genético forestal: In: Mejoramiento Forestal y Conservación de Recursos Genéticos Forestales. L.F. Jara. CATIE: Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica. 21-42 p.
- Benítez B.M. (2010).** Supervivencia y crecimiento en altura de *Pinus greggii* Engelm., en plantaciones del noreste de México. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México. 37 p.
- Bucio Z.E. (2005).** Selección de árboles y diseño de un área semillera de *Pinus greggii* Engelm., en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 47 p.
- Cornelius J.P., J.F. Mesén y E.A. Corea (1994).** Manual sobre mejoramiento genético forestal. Centro de Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 218 p.
- Contreras M.R. (2005).** Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm., establecido en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 58 p.
- CONABIO (2001) a.** Carta de edafología. Escala 1:1000000.
- CONABIO (2001) b.** Carta temática de climas. Escala 1:1000000.
- Curiel A.M. (2005).** Descripción de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelmanii var. *greggii* en el sureste de Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 55 p.
- Domínguez C.P.A, J.J. Návar C., J.A. Loera O. (2001).** Comparación del rendimiento de *Pinus* en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. *Madera y Bosques* 7:25-37.

---

<sup>1</sup> Formato Revista Fitotecnia Mexicana, guía versión 2016.

- Donahue J.K. y J. López U. (1999).** A new variety of *Pinus greggii* (PINACEAE) in México. *SIDA Contribution to Botany*. 18: 108-1094.
- Dorantes R.K.J. (2011).** Evaluación del efecto de hormonas reguladoras de crecimiento aplicando dos tipos de podas en *Pinus greggii* Engelm. en Saltillo Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 110 p.
- Dvorak W. S., J. E. Kietzka and J. K. Donahue (1996).** Three-year survival and growth of provenances of *Pinus greggii*. Engelm. in the tropics and subtropics. *Forest Ecology and Management* 83:123-131.
- Dvorak W.S., J.E. Kietzka, J.K. Donahue, G.R.Hodge y T.K. Stanger (2000).** *Pinus greggii*. In: Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative. Central America and México Coniferous Resources Cooperative. North Carolina, State University, Raleigh, NC. 52-73 p.
- Eguiluz P. T. (1982).** Clima y distribución del género *Pinus* en México. *Ciencia Forestal* 71:30-44.
- Farjon A., J.A. Pérez-De La R., B.T. Styles (1997).** Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens, Kew, Instituto Forestal de Oxford. 126 p.
- FAO (2006).** World reference base for soil resources. World Soil Resources Reports No. 103. Food Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 145 p.
- García M.E. (1987).** Modificaciones al sistema de Clasificación de Koppen. Enriqueta García (Ed). 4ta. Edición. México. 219 p.
- García P.J. (2014).** Adaptación de cinco especies de coníferas en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 49 p.
- Godínez, R.J. (2005).** Estado del conocimiento de *Pinus greggii* Engelm. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 41 p.
- Gómez R.V., J.C. Soto C., J.A. Blanco G., C. Saénz R., J. Villegas, R. Lindig C. (2012).** Estudios de especies de Pino para restauración de sitios degradados. *Agrociencia* 46:795-807.
- Gutiérrez V.M. (2011).** Evaluación de una prueba de procedencias/progenie de *Pinus greggii* Engelm. Establecida en Villa Aldama, Veracruz, México. Trabajo de experiencia profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 46 p.
- Gutiérrez V.M., L. Mendizábal H., J. Alba L., J. Márquez R., H. Cruz J. (2012).** Evaluación de una prueba de procedencias/progenie de *Pinus greggii* Engelm., establecida en Villa Aldama, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 14:25-30.

- Hernández M.E. (1995).** Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm., procedencias Los Lirios en el CAESA., Arteaga, Coah. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 648 p.
- INEGI. (2000).** Carta topográfica 1:1 000 000.
- INEGI. (2005).** Carta fisiográfica 1:1 000 000.
- INEGI. (2008).** Red Hidrográfica Escala 1:50 000.
- INEGI. (2010).** Anuario de estadísticas por entidad federativa. México. 600 p.
- INEGI. (2013).** Anuario de estadísticas por entidad federativa. México. 680 p.
- Jara L.F. (1995).** Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales, Tomo I. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- Jiménez J., H. Kramer y O. Aguirre (2002).** Bestandesuntersuchungen in einem unleinchaltrigen Tannen-, Douglasin-, Kiefern-Naturbestand Nordostmexikos. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*. 173: 47-55.
- Jiménez M.G., R. Rodríguez H. y M.A. Pérez T. (2009).** El potencial de árboles de navidad naturales. *Revista Chapingo Naturaleza y Desarrollo* 7:10.
- Kietzka E.J., N.P. Denison y W.S. Dvorak (1996).** *Pinus greggii*. New species for South Africa. *Tree improvement for Sustainable Tropical Forestry* 1:42-45.
- López A.J.L., J.J. Vargas H., C. Ramírez H. y J. López U. (1999).** Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento en altura del brote terminal en *Pinus greggii* Engelm. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 5:133-140.
- López L.M. y S. Valencia-Manzo (2001).** Variación de la densidad relativa de la madera de *Pinus greggii* Engelm. del norte México. *Madera y Bosques* 7: 37-46.
- López U.J., A. Mendoza H., J. Jasso M., 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* 6:81-94.
- López U.J., C. Ramírez H., O. Plascencia E. y J. Jasso M. (2004).** Variación en crecimiento de diferentes poblaciones de las dos variedades de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 38:457-464.
- Maldonado J.J. (2011).** Variación natural del largo de traqueidas de *Pinus greggii* Engelm. del Norte de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 35 p.
- Márquez R.J., L. Mendizábal H., G. Cruz V. y E. Ramírez G. (2009).** Evaluación de un prueba de procedencias/progenie de *Cedrela odorata* L. Establecida en Emiliano Zapata, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 11:7-12.
- Márquez R.J. y L. Mendizábal H. (2006).** Producción de una prueba de procedencias/progenie de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. y Golf. a los cinco años. *Foresta Veracruzana* 8: 13-18.



- Martínez C.G. (1999).** Estado de conocimiento de *Pinus greggii* Engelm. Tesis profesional. Texcoco, Edo. de México, Universidad Autónoma Chapingo. 523 p.
- Martínez M.M. (1992).** Los pinos mexicanos. 3ª edición. Editorial Botas. México. 368 p.
- Mendoza S.J. (2006).** Ensayo en vivero de cinco procedencias de *Pinus greggii* Engelm. de la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 39 p.
- Mesén J.F. (1994).** Ensayo de procedencias en especies forestales: establecimiento, manejo, evaluación y análisis: In: Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal. J.P. Cornelius, J.F. Mesen y E.A. Corea. Centro de Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pp. 26-43.
- Morante C.J., J. Alba L. y L. Mendizábal H. (2005).** Estudio de conos, semillas y plántulas de *Pinus greggii* Engelm., de una población del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 7:23-31.
- Moore D.S. y J. Comas (2004).** Estadística básica aplicada. Antoni Bosch editor, Barcelona, España. 777 p.
- Murillo G.O. (1990).** Estrategias a corto plazo de producción de semilla mejorada genéticamente para la reforestación en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 10:23-27.
- Murillo G.O. (1994).** Estrategias del mejoramiento genético forestal: In: Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal. J.P. Cornelius, J.F. Mesen y E.A. Corea Instituto Tecnológico de Costa Rica. Centro de Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 188-198 p.
- Nájera L.A. y E. Hernández H. (2008).** Relaciones morfométricas de un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Ra Ximhai* 4:69-81.
- Núñez A.E. (2016).** Crecimiento y estructura de copa en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. En Los Lirios Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 50 p.
- Ornelas H.G., E. Aldrete M., E.H. Cornejo O. (2001).** Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm., En el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga. Foresta-AN. Nota técnica No.6 UAAAN. Saltillo, Coah. 12 p.
- Pedersen, A.P., K. Olesen y L. Graudal (1993).** Mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias. Humlebaek, Dinamarca. 57-72 p.
- Perry, J.P. (1991).** The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 234 p.
- Playas R.I. (2010).** Crecimiento del brote terminal en un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 43 p.

- Prieto R.J.A., E. Merlín B. y M.A. Perales De La C. (2006).** Establecimiento de plantaciones para el cultivo de árboles de navidad en clima semiárido. Folleto Técnico No. 7. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Durango, México. 2 p.
- Ramírez G. E.O., J. Márquez R. y O. Hernández C. (2007).** Estudio de conos de *Pinus greggii* Engelm. de una plantación en el municipio de Naolinco, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 9:39- 44.
- Ramírez H.C., J. J. Vargas H. y J. López U. (2005)** Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta Botánica Mexicana* 72: 1-16.
- Reynoso P.A. (2006)** Crecimiento y características de la copa de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el Ejido 18 de marzo, Galeana, N.L. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 30 p.
- Roblero S.A. (2011).** Características estomáticas de tres poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* en el Sureste de Coahuila. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 30 p.
- Rodríguez A.M.M, M.A. Briceño M., C.H. Ávila B., J.E. Pacheco V. (1999).** Ocupación por árboles de calidad: Un concepto para evaluar plantaciones. *Madera y Bosques* 5:43-51.
- Rodríguez H.C., J.J. Vargas H. y J. López U. (2005).** Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* *Acta Botánica Mexicana* 72:1-16.
- Rodríguez L.R., J. Meza R., J. Vargas H. y J. Jiménez P. (2009).** Variación en la cobertura de suelo en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el cerro el Potosí, Galeana, Nuevo León. *Madera y Bosques* 15:47-59.
- Rodríguez L.R., R. Razo Z., S. Valencia M. y J. Meza R. (2013).** Características dasométricas de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* de nueve procedencias en Galeana Nuevo León. *Revista Mexicana Ciencias Forestales* 4: 116-125.
- Rodríguez L.R., S. Valencia M., J. Meza R., M.A. Capó A., A. A. Reynoso P. (2008).** Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. En Galeana, Nuevo León. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:19-26.
- Ruíz M.M. (1995).** Proyectos forestales productivos para la Mixteca Alta de Oaxaca. Folleto Técnico No. 9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Oaxaca, México. 39 p.
- SEMARNAT (2003).** Ley General de Desarrollo Forestal sustentable. Diario Oficial de la Federación. México. 80 p.
- SEMARNAT (2013).** Anuario Estadístico de la Producción Forestal. México. 236 p.
- Spurr, S.H. y B.V. Barnes (1980).** Ecología Forestal. 3ª edición. AGT editor. México. 690 p.

- UAAAN (2011).** Campos experimentales. Universidad Autónoma Agraria, Antonio Narro. Saltillo, México. 20 p.
- Valencia M.S., M.V. Velasco G., M. Gómez C., M. Ruíz M. y M.A. Capó A. (2006)** Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la mixteca alta de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 27-32.
- Vargas H.J.J. (2003).** Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el norte de México. Documentos de trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/60S. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. 42 p.
- Vargas H.J.J., B. Bermejo V. y F.T. Ledig (2004).** Manejo de recursos genéticos forestales, segunda edición. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Edo. de México, y Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. 110 p.
- Vela M. R. (2002)** Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en una prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 55 p.
- Willan, R.L. (1988)** Benefits from tree improvement. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture note A-2.21 p.
- Willan R.L., K. Olesen and H.Barner (1989).** Natural variation as a basis for tree improvement. Danida Forest Seed Centre. Lecture note No. A-3. Humlebaek, Denmark. 13 p.
- Zobel B.J. y J.T. Talbert (1988).** Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 539 p.

## APÉNDICE

### Apéndice 1. Diseño experimental

UAAAN Crecimiento y estructura de copa en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

Ensayo. Cinco procedencias.

Fecha de plantación: 5 de agosto del 2005.

Bloque	Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	Planta																																			
1	1	T275	T291	T298	T289	T290	T297	T296	S3	S20	S18	S1	S30	S7	S10	J23	J9	J1	J25	J18	J7	J28	C4	C9	C3	C1	C2	C13	C5	L4	L7	L3	L2	L6	L52	L5
	2	T275	T291	T298	T289	T290	T297	T296	S3	S20	S18	S1	S30	S7	S10	J23	J9	J1	J25	J18	J7	J28	C4	C9	C3	C1	C2	C13	C5	L4	L7	L3	L2	L6	L52	L5
2	1	J25	J9	J23	J18	J1	J7	J28	T275	T298	T289	T296	T290	T297	T291	S20	S10	S3	S30	S7	S18	S1	L52	L6	L2	L4	L5	L7	L3	C5	C9	C13	C1	C2	C4	C3
	2	J25	J9	J23	J18	J1	J7	J28	T275	T298	T289	T296	T290	T297	T291	S20	S10	S3	S30	S7	S18	S1	L52	L6	L2	L4	L5	L7	L3	C5	C9	C13	C1	C2	C4	C3
3	1	S10	S3	S7	S20	S30	S1	S18	L4	L5	L7	L3	L2	L52	L6	C2	C9	C1	C5	C4	C13	C3	T298	T289	T290	T296	T297	T275	T291	J7	J9	J28	J23	J25	J18	J1
	2	S10	S3	S7	S20	S30	S1	S18	L4	L5	L7	L3	L2	L52	L6	C2	C9	C1	C5	C4	C13	C3	T298	T289	T290	T296	T297	T275	T291	J7	J9	J28	J23	J25	J18	J1
4	1	C4	C5	C13	C3	C9	C1	C2	T290	T296	T298	T289	T275	T297	T291	J1	J18	J7	J23	J25	J28	J9	S20	S3	S7	S10	S18	S1	S30	L52	L2	L6	L5	L3	L7	L4
	2	C4	C5	C13	C3	C9	C1	C2	T290	T296	T298	T289	T275	T297	T291	J1	J18	J7	J23	J25	J28	J9	S20	S3	S7	S10	S18	S1	S30	L52	L2	L6	L5	L3	L7	L4
5	1	S3	S18	S7	S20	S1	S10	S30	C13	C5	C3	C4	C9	C1	C2	L4	L6	L5	L52	L2	L3	L7	T296	T298	T289	T290	T275	T297	T291	J28	J7	J9	J25	J23	J1	J18
	2	S3	S18	S7	S20	S1	S10	S30	C13	C5	C3	C4	C9	C1	C2	L4	L6	L5	L52	L2	L3	L7	T296	T298	T289	T290	T275	T297	T291	J28	J7	J9	J25	J23	J1	J18
6	1	T275	T291	T289	T298	T296	T297	T290	L6	L2	L4	L5	L7	L3	L52	C13	C5	C2	C4	C1	C3	C9	J1	J28	J18	J25	J7	J23	J9	S3	S30	S7	S20	S1	S10	S18
	2	T275	T291	T289	T298	T296	T297	T290	L6	L2	L4	L5	L7	L3	L52	C13	C5	C2	C4	C1	C3	C9	J1	J28	J18	J25	J7	J23	J9	S3	S30	S7	S20	S1	S10	S18
7	1	L7	L6	L5	L2	L4	L52	L3	C3	C5	C4	C13	C9	C2	C1	T297	T298	T296	T291	T290	T289	T275	S20	S18	S30	S1	S7	S10	S3	J18	J25	J9	J7	J1	J23	J28
	2	L7	L6	L5	L2	L4	L52	L3	C3	C5	C4	C13	C9	C2	C1	T297	T298	T296	T291	T290	T289	T275	S20	S18	S30	S1	S7	S10	S3	J18	J25	J9	J7	J1	J23	J28
8	1	S18	S7	S3	S10	S30	S1	S20	T296	T289	T291	T297	T290	T275	T298	J1	J9	J28	J7	J23	J18	J25	C9	C2	C1	C3	C4	C13	C5	L7	L5	L6	L4	L3	L52	L2
	2	S18	S7	S3	S10	S30	S1	S20	T296	T289	T291	T297	T290	T275	T298	J1	J9	J28	J7	J23	J18	J25	C9	C2	C1	C3	C4	C13	C5	L7	L5	L6	L4	L3	L52	L2
9	1	T290	T296	T289	T297	T298	T275	T291	S7	S1	S20	S3	S18	S10	S30	L52	L3	L5	L2	L7	L6	L4	J9	J28	J25	J23	J18	J7	J1	C2	C4	C13	C5	C3	C1	C9
	2	T290	T296	T289	T297	T298	T275	T291	S7	S1	S20	S3	S18	S10	S30	L52	L3	L5	L2	L7	L6	L4	J9	J28	J25	J23	J18	J7	J1	C2	C4	C13	C5	C3	C1	C9
10	1	L2	L6	L52	L4	L7	L5	L3	T289	T290	T275	T298	T297	T291	T296	S10	S30	S3	S7	S18	S20	S1	C2	C9	C1	C3	C13	C5	C4	J25	J9	J28	J7	J1	J23	J18
	2	L2	L6	L52	L4	L7	L5	L3	T289	T290	T275	T298	T297	T291	T296	S10	S30	S3	S7	S18	S20	S1	C2	C9	C1	C3	C13	C5	C4	J25	J9	J28	J7	J1	J23	J18
11	1	J28	J9	J18	J25	J23	J1	J7	C4	C13	C5	C2	C1	C9	C3	L7	L2	L52	L4	L3	L6	L5	S1	S18	S20	S10	S7	S30	S3	T290	T289	T275	T296	T298	T297	T291
	2	J28	J9	J18	J25	J23	J1	J7	C4	C13	C5	C2	C1	C9	C3	L7	L2	L52	L4	L3	L6	L5	S1	S18	S20	S10	S7	S30	S3	T290	T289	T275	T296	T298	T297	T291
12	1	C1	C2	C9	C4	C3	C5	C13	T298	T289	T290	T275	T296	T297	T291	S3	S18	S1	S7	S30	S20	S10	J1	J18	J9	J7	J25	J23	J28	L6	L7	L5	L2	L52	L3	L4
	2	C1	C2	C9	C4	C3	C5	C13	T298	T289	T290	T275	T296	T297	T291	S3	S18	S1	S7	S30	S20	S10	J1	J18	J9	J7	J25	J23	J28	L6	L7	L5	L2	L52	L3	L4
13	1	L5	L7	L3	L2	L4	L52	L6	S10	S20	S1	S7	S18	S30	S3	C4	C3	C2	C5	C1	C13	C9	T296	T298	T289	T297	T290	T291	T275	J28	J25	J9	J1	J23	J18	J7
	2	L5	L7	L3	L2	L4	L52	L6	S10	S20	S1	S7	S18	S30	S3	C4	C3	C2	C5	C1	C13	C9	T296	T298	T289	T297	T290	T291	T275	J28	J25	J9	J1	J23	J18	J7

P=Puerto Conejos

S=Santa Anita

T=Tarilla

L=Los Lirios

J=Jamé

Apéndice 2. Análisis de varianza para las variables de crecimiento en procedencias, en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

VAR.	FV	GL	CM	Pr>F	CV(%)
Sob	Bloque	10	0.043	0.6989	16.28
	Procedencia	4	0.010		
	Error	40	0.019		
	Total	54			
Sobt	Bloque	10	0.113	0.5233	17.61
	Procedencia	4	0.037		
	Error	40	0.046		
	Total	54			
ht	Bloque	10	0.668	0.2348	11.87
	Procedencia	4	0.146		
	Error	40	0.100		
	Total	54			
db	Bloque	10	2.103	0.0250*	11.87
	Procedencia	4	1.213		
	Error	40	0.388		
	Total	54			
dn	Bloque	10	1.499	0.2120	14.28
	Procedencia	4	0.353		
	Error	40	0.231		
	Total	54			
ab	Bloque	10	0.000000508	0.3266	27.35
	Procedencia	4	0.000000097		
	Error	40	0.000000081		
	Total	54			
ab/ha	Bloque	10	1.709	0.5213	36.43
	Procedencia	4	0.205		
	Error	40	0.250		
	Total	54			
ie	Bloque	10	377.057	0.2961	11.41
	Procedencia	4	141.694		
	Error	40	111.180		
	Total	54			

\* Significativo con (Pr<0.05); VAR=variable, FV=fuente de variación, GL=grados de libertad, Pr>F=probabilidad, CV%=coeficiente de variación.

Apéndice 3. Análisis de varianza para las variables de estructura de copa en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en Los Lirios, Arteaga, Coahuila.

VAR.	FV	GL	CM	Pr>F	CV(%)
hdmc	Bloque	10	0.010		
	Procedencia	4	0.016	0.0573*	7.22
	Error	40	0.006		
	Total	54			
hprv	Bloque	10	0.002		
	Procedencia	4	0.001	0.3490	15.92
	Error	40	0.001		
	Total	54			
lc	Bloque	10	0.703		
	Procedencia	4	0.133	0.2891	12.88
	Error	40	0.103		
	Total	54			
dpc	Bloque	10	0.117		
	Procedencia	4	0.095	0.0647*	11.19
	Error	40	0.039		
	Total	54			
apc	Bloque	10	0.712		
	Procedencia	4	0.587	0.0948*	19.62
	Error	40	0.276		
	Total	54			
cob/ha	Bloque	10	3578290.910		
	Procedencia	4	1005258.290	0.3628	26.06
	Error	40	901332.050		
	Total	54			
ailc	Bloque	10	19.913		
	Procedencia	4	6.440	0.2238	19.93
	Error	40	4.326		
	Total	54			
pc	Bloque	10	27.507		
	Procedencia	4	6.063	0.6054	3.23
	Error	40	8.829		
	Total	54			
pct	Bloque	10	0.008		
	Procedencia	4	0.001	0.6469	3.54
	Error	40	0.002		
	Total	54			
nv	Bloque	10	11.47400		
	Procedencia	4	1.61162	0.5776	9.79
	Error	40	2.21118		

VAR.	FV	GL	CM	Pr>F	CV(%)
nrV3	Total	54			
	Bloque	10	0.22083		
	Procedencia	4	0.03014	0.6843	7.74
	Error	40	0.05268		
dpr	Total	54			
	Bloque	10	3.06421		
	Procedencia	4	4.95615	0.0148*	9.37
	Error	40	1.40647		
apr	Total	54			
	Bloque	10	110.44733		
	Procedencia	4	15.70457	0.2289	4.28
	Error	40	10.67081		
	Total	54			

\*Significativo con ( $Pr < 0.05$ ); VAR=variable, FV=fuente de variación, GL=grados de libertad, Pr>F=probabilidad, CV%=coeficiente de variación.