

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Agronomía



SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA DE *Pinus greggii* Engelm., EN
PLANTACIONES DEL NORESTE DE MÉXICO

Por:

MARISELA BENITEZ BENITEZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2010

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Agronomía

Departamento Forestal

SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA DE *Pinus greggii* Engelm.,
EN PLANTACIONES DEL NORESTE DE MÉXICO

Por:

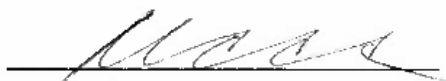
MARISELA BENITEZ BENITEZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga
Asesor principal



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía
Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2010

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Agronomía

Departamento Forestal

SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA DE *Pinus greggii* Engelm.,
EN PLANTACIONES DEL NORESTE DE MÉXICO

Por:

MARISELA BENITEZ BENITEZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

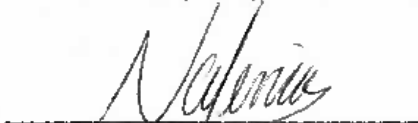
INGENIERO FORESTAL

APROBADA



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Asesor principal



M.C. Salvador Valencia Manzo

Asesor



Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo

Asesor



M.C. José A. Nájera Castro

Asesor

Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2010

DEDICATORIA

A Dios por darme esta hermosa vida y por permitirme seguir en este mundo.

A mis Padres, Leonor Benítez Hernández y Esteban Benítez Hernández, con todo mi amor, respeto y agradecimiento, por haberme dado la vida, por sus sacrificios, por sus incansables cuidados, por sus excelentes consejos, por su valiosísimo apoyo, por estar siempre conmigo, así como sus preocupaciones, desvelos, ánimos y sus magníficos deseos. ¡Siempre los llevo conmigo! Gracias!!!

Con todo mi amor, respeto y cariño, a mis hermanos, Marcela, Abad, Faustino, María Elena, Alicia, Isabel, Zeferina (†), Modesta, Salvador y Hugo (†), por sus cuidados, sacrificios, por estar siempre conmigo, por sus consejos, apoyo incondicional, por su apoyo moral y económico. Gracias!!!

A mis amados sobrinos Marisela, Pilar, Adrián, Ana P., Emanuel, Liet Alisson, Eduardo, Citlali y Martín, por brindarle alegría a mi existencia, por su inquietud, sus ganas de vivir, por su amor hacia mí. Los quiero mucho!!!!

A mis tíos, Lorenzo, Herminio, Catalino, Paula, Matilde, María de la Luz, por su valioso apoyo y cariño.

A mis amigos, Guadalupe Rojo Gómez, Jenny Benítez Hernández, Adrián Olvera Cruz, Yessica A., Alma Delia, Nallely, Amira, Eduardo, Genaro, Eddy, Santiago, Juan, Irene, Zita M., Jairo, Don Julián, Gil, Paulino, Alfredo, Juan, Benito, Deisy G. y Victor B. por su apoyo, compañía y consejos.

A todos mis profesores, de primaria, secundaria, preparatoria y universidad, por sus excelentes conocimientos brindados en toda mi vida académica, sin su apoyo no sería lo que soy, ni estaría donde estoy. Gracias!!!

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado esta oportunidad de vivir.

A mi Familia por su apreciado apoyo y confianza en mí, por ser el motor que me impulsa a superarme y no dejarme vencer por las dificultades de la vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y por haber sido un instrumento muy útil para poder concluir mi formación profesional.

Al Dr. Miguel A. Capó Arteaga, profesor del Departamento Forestal, por guiarme durante este trabajo de investigación, así como su valioso apoyo incondicional durante todo este tiempo, además de su amistad brindada y sus apreciados consejos.

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo, profesor del Departamento Forestal, por sus valiosas revisiones y contribuciones a este trabajo, por su amistad y conocimientos brindados.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo, profesor del Departamento Forestal, por sus metódicas revisiones a este trabajo, así como sus conocimientos y consejos brindados durante todo este período de estudio.

M. C José A. Nájera Castro profesor del Departamento Forestal por su valiosa aportación a mi formación académica, además de su agradable amistad y su valioso apoyo en este trabajo.

A los profesores del Departamento Forestal que de alguna forma me brindaron conocimientos primordiales para mi formación académica y personal, así como su amistad otorgada durante mi estancia en la Universidad.

A Zita M. Salazar Durán, por su inestimable apoyo incondicional en la realización de este trabajo, además de ser una excelente compañera y amiga.

A Miguel Sosa Morales, por su gran apoyo en la colecta de datos de campo.

A Eduardo De León Morales por su apoyo incondicional durante estos cinco años, por todo su amor, cariño, consejos y reprimendas, por ayudarme a ser una mujer fuerte y valiente.

A todos mis amigos, de mi comunidad, de la secundaria, prepa, universidad, IMARC, por sus consejos, compañía, y apoyo.

A todas las personas que han aportado enigmas, breves y abatimientos a mi vida, por enseñarme a superar retos, por impulsarme a seguir adelante, y por ser un escalón para llegar a donde quiero.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS _____	v
ÍNDICE DE FIGURAS _____	vi
RESUMEN _____	vii
I INTRODUCCIÓN _____	1
1.1 Objetivo _____	8
II METODOLOGÍA _____	9
2.1 Plantaciones evaluadas en este trabajo _____	11
2.2 Revisión de otras plantaciones de <i>Pinus greggii</i> en el noreste de México _____	13
III RESULTADOS _____	18
3.1 Análisis de resultados _____	27
3.1.1 Supervivencia _____	27
3.1.2 Crecimiento _____	28
IV. CONCLUSIONES _____	29
V. LITERATURA CITADA _____	30
ANEXO _____	36

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Principales características geográficas y climáticas de las áreas de distribución natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm., _____	2
Cuadro 2. Grado de asociación entre las características fisiográficas, climáticas y edáficas con el crecimiento en altura de algunas especies mexicanas (Arteaga, 1990). _____	5
Cuadro 3. Nombre, ubicación, así como sus principales características geográficas y climáticas de los sitios de plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm., reportados en este trabajo. _____	9
Cuadro 4. Lista de las plantaciones, empleadas para realizar el presente estudio, datos de edad, altura y velocidad de crecimiento de <i>Pinus greggii</i> Engelm., y fuente bibliográfica. _____	18
Cuadro 5. Valores de edad, altura y crecimiento medio anual en altura de varias especies de pino, de una plantación ubicada en El Renacer, Arteaga, Coahuila (Sámamo, 1995). _____	21
Cuadro 6. Síntesis de valores promedio de altura y crecimiento medio anual en altura, en tres sitios diferentes ubicados en Arteaga, Coahuila (López, 2010). _____	21
Cuadro 7. Altura, diámetro, número y longitud promedio de ciclos de crecimiento de <i>Pinus greggii</i> Engelm., en un ensayo de procedencias a 33 mese de plantado en Patoltecoya, Puebla (López, 1988). _____	23
Cuadro 8. Valores de edad, altura y crecimiento medio anual en altura, de distintas especies de pinos, plantados en el predio Santa Anita, Arteaga Coahuila, en exposiciones Norte y Sur (Moreno, 1993). _____	25
Cuadro 9. Valores de edad, altura y crecimiento medio anual en altura, de distintas procedencias de <i>Pinus cembroides</i> Zucc., establecidas en el CAESA, en la Sierra de Arteaga, Coah. (Morales, 2002). _____	25
Cuadro 10. Valores de crecimiento en altura medio y dominante, de <i>Pinus greggii</i> en tres plantaciones de Coahuila. _____	26

ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 1. Áreas de distribución natural de <i>Pinus greggii</i> (Dvorak, 2000)._____	3
Figura 2. Comparación del crecimiento medio anual en altura de <i>Pinus greggii</i> , en distintas plantaciones ubicadas en México, específicamente en los estados de Nuevo León, Coahuila, Oaxaca, Puebla además de plantaciones ubicadas en Rhodesia, Sudáfrica, Chile y Brasil. _____	20
Figura 3. Comparación del crecimiento medio anual en altura de distintas procedencias de <i>P. cembroides</i> , establecidas en el CAESA, Sierra de Arteaga, Coahuila. (Morales, 2002). _____	25
Figura 4. Distribución del crecimiento medio anual en altura de cada una de las plantaciones, de <i>Pinus greggii</i> incluidos en este estudio. _____	27

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de revisar, sintetizar y discutir la información poco difundida sobre los resultados de plantaciones experimentales de *Pinus greggii* establecidas en el noreste de México, en los últimos 20 años, comparándolo con otras especies y otras regiones, especialmente lo referente a sobrevivencia y crecimiento en altura. La metodología consistió en efectuar una búsqueda de los estudios publicados sobre *Pinus greggii*, incluyendo tesis profesionales, artículos científicos y libros. Una vez reunido todos los estudios, se realizó un análisis de aquellos que tratan sobre crecimiento en altura y sobrevivencia en plantaciones establecidas en México y en el mundo, también se realizaron mediciones de campo en dos plantaciones de Coahuila. Entre los resultados se observa que la sobrevivencia promedio de *Pinus greggii* para el estado de Coahuila fue de 68.97 %, pero los valores varían entre 26.15 a 96.67%. Para el estado de Nuevo León fue 68.36%; A nivel de todas las plantaciones enlistadas en el Cuadro 4, el crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii* es de 0.416 m año⁻¹; en cuanto al crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii* para el estado de Coahuila es 0.312 m año⁻¹, pero los valores varían entre 0.102 m año⁻¹ y 0.488 m año⁻¹; en el estado de Nuevo León es 0.260 m año⁻¹, los valores se encuentran en el rango de 0.225 m año⁻¹ a 0.294 m año⁻¹.

Palabras clave: *Pinus greggii* Engelm., sobrevivencia, crecimiento en altura y plantaciones.

I INTRODUCCIÓN

Pocas especies de pino poseen tanto potencial como *Pinus greggii* Engelm., originaria de México. Su adaptación a condiciones limitantes de humedad y fertilidad así como a extremos de temperatura; su rápido crecimiento en áreas marginales ha llamado la atención de investigadores nacionales e internacionales, porque ha quedado claro que la producción de madera, la captura de carbono, la recuperación de ecosistemas forestales erosionados o deteriorados de alguna otra forma pueden ser tareas más fáciles si se usa *Pinus greggii*, pero la especie se encuentra en peligro y podría perderse si no se emprenden campañas de conservación o si no se establecen huertos semilleros. Este trabajo pretende ayudar a sustanciar la necesidad de estudiar más, conservar y usar con mayor eficiencia esta especie mexicana.

Pinus greggii es una especie endémica de México que se distribuye naturalmente en dos regiones de la Sierra Madre Oriental claramente separadas. Las poblaciones del norte crecen en los estados de Coahuila y Nuevo León en altitudes de 2300 a 2700 msnm, con una precipitación anual total de 300 a 700 mm y una temperatura media anual alrededor de 14 °C. Las del sur crecen en los estados de Hidalgo, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz (Cuadro 1), usualmente en altitudes de 1300 - 2600 msnm, con una precipitación total anual entre 700 y 2,000 mm y una temperatura media anual de 17 °C. La especie habita suelos delgados, de textura migajón- areno-arcillosa, pedregosos, café-rojizos y calizos, normalmente pobres en materia orgánica; con pH casi neutro (Eguiluz, 1978). La región norte tiene suelos con un pH ligeramente alcalino, mientras que la región sur tiene suelos más ácidos (Donahue y López-Upton, 1996; Farjon *et al.*, 1997; Aldrete *et al.*, 2005).

Debido a esas diferencias entre las regiones, se han definido las variedades, *Pinus greggii* var. *greggii* para las poblaciones del norte y *Pinus greggii* var. *australis* para las poblaciones del sur (Figura 1) (Donahue y López-Upton, 1999).

Pinus greggii se encuentra ubicada sobre la Sierra Madre Oriental, entre los paralelos 20°00' a 25°40' de latitud norte y meridianos 97°40' a 101°20' de longitud oeste. Con frecuencia forma rodales puros, siendo éstos de varias decenas de hectáreas (Eguiluz, 1978). A la especie se le encuentra en laderas y cañadas semiabiertas, con exposiciones SW y SE. Cuando se asocia con otras especies de árboles, lo hace con *P. patula* Schl. et Cham., *P. teocote* Schiede ex Schltld., *P. cembroides* Zucc., *P. arizonica* Engelm., *P. pinceana* Gordon, *Pseudotsuga* sp., y *Juníperus* sp., ocasionalmente lo hace con *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, *Liquidámbar styraciflua* L., *Platanus* sp, *Cupressus* sp., y *Quercus* sp. Se ha colectado en un rango altitudinal variable, de 1280 a 2550 msnm en bosques puros con buena calidad de estación, se encuentran de 1500 a 2000 msnm (Donahue y López-Upton, 1996; Aldrete *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Principales características geográficas y climáticas de las áreas de distribución natural de *Pinus greggii*.

Estado	Coordenadas Min. - Máx.	Altitud Min.- Máx. (m.s.n.m)	Temperatura (° C)	Precipitación Min. - Máx. (mm)	Referencia
Coahuila	25°21'N, 100°37' W – 25°26'N, 100°30' W	1,960 - 2,590	12 - 14	600 – 650	Dvorak <i>et al.</i> , 2000
Nuevo León	24°53'N, 100°13'W – 25°26'N, 100°30'W	1,960 – 2,540	10 - 20	650 - 750	Dvorak <i>et al.</i> , 2000
Hidalgo	20°45' N, 99° 02' W – 21°04' N, 99°10' W	1,370 – 1,840	17– 18	750 – 1,750	Ramírez <i>et al.</i> , 2005.
Puebla	20°13' N, 98°02' W	1, 415- 1,440	18 - 19	2,000 – 2,300	López <i>et al.</i> , 2004
Querétaro	20°56'N,99°54'W- 21°29'N, 99°13'W	1,490 – 2,350	16 - 17	1,100 – 1,350	Ramírez <i>et al.</i> , 2005
San Luis Potosí	23° 20' N, 98°03'-100°54'W	ND	ND	ND	Ramírez <i>et al.</i> , 2005
Veracruz	20°26' N, 98°20' W	1,600	17.5	1,900	Ramírez <i>et al.</i> , 2005

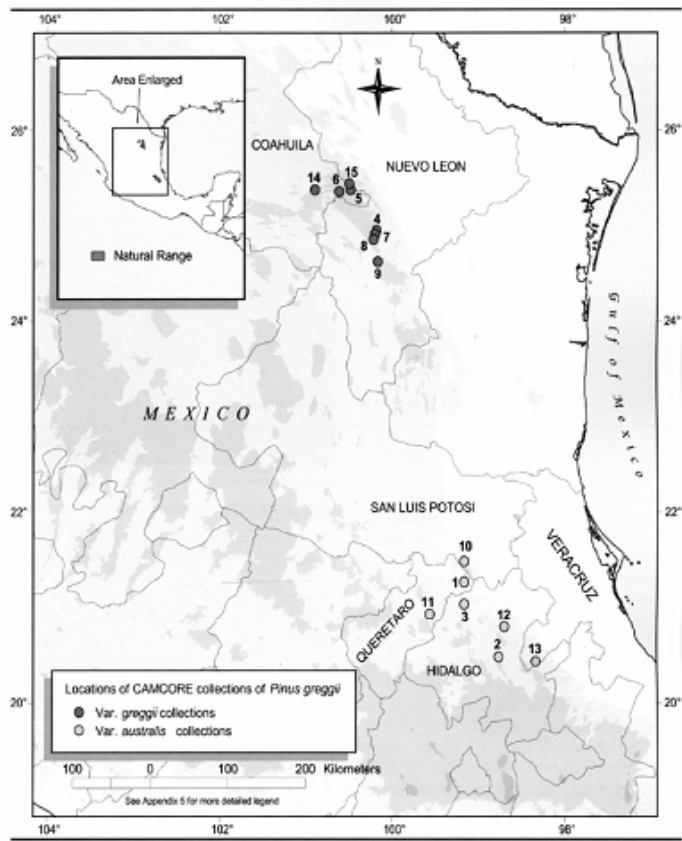


Figura 1. Áreas de distribución natural de *Pinus greggii* (Dvorak, 2000).

Basados en observaciones de campo reportados por CAMCORE el estado de conservación de *P. greggii* var. *greggii* se clasifica como en peligro. Las poblaciones existentes de la variedad son pequeñas o muy pequeñas (algunas de ellas con sólo 10 a 20 árboles) y genéticamente se están agotando. El estado de conservación de *P. greggii* var. *australis* es vulnerable, en algunos rodales en peligro de extinción a peligro crítico (Dvorak *et al.*, 2000).

Algunos estudios de procedencias reportados por Dvorak *et al.* (2000) concluyen que la mejor procedencia de *Pinus greggii* var. *greggii* es la Taponá (Galeana, N.L.). La mejor fuente de *P. greggii* var. *australis* varía dependiendo del país en el que se efectúe la plantación, Laguna de Atezca se desempeña bien en Brasil, Laguna Seca es prometedor en Colombia y El Madroño es productivo en Sudáfrica. Resultados preliminares también sugieren que la procedencia Valle Verde es una buena fuente de *P. greggii* var. *Australis*.

Aquí en México, como en todo el mundo, la falta en el reconocimiento de la importancia de la fuente de semilla puede resultar en pérdidas de crecimiento muy graves. Hay ejemplos de pérdidas del 30% o más en el crecimiento. Al mismo tiempo es posible revertir esta situación con el uso de semilla mejorada. Un programa simple del control de la fuente de semilla hubiera evitado las pérdidas (Nienstaedt, 1990).

Nienstaedt, (1990) afirma que en México, en el formato que se utiliza para el registro de cada plantación, hay un espacio para la información de la procedencia de la semilla de las plántulas que se establezcan, pero en más de 150 informes resultados revisados ninguno incluyó la fuente de la semilla. Por tanto, es posible que la semilla proviniera de una fuente inferior y es cierto que no se trató de semilla mejorada.

El crecimiento de una especie depende de factores genéticos y de la calidad del sitio donde se plante. En estudios realizados sobre árboles de la misma especie y aun de la misma variedad, establecidos en el mismo sitio y bajo las mismas condiciones, se notó que con frecuencia éstos mostraron incrementos en altura muy diferentes. El factor individual más importante es el genético, puesto que bajo las mismas condiciones algunos árboles exhiben un incremento hasta dos o tres veces mayor que otros (Klepac, 1976).

Parece ser que de los factores externos, la calidad del suelo influye bastante en el crecimiento e incremento en altura. Por lo anterior ha surgido la idea de clasificar al suelo con base en la altura y edad del árbol (Cuadro 2). Por otra parte la altura del árbol frecuentemente se toma como un indicador de la calidad de estación (Klepac, 1976).

Por tal motivo son muy discutidas las características del sitio que requieren las especies para obtener el máximo beneficio del suelo. De los factores más importantes pueden señalarse los requerimientos edáficos, climáticos y fisiográficos. Así mismo la resistencia de los árboles al ataque de plagas y enfermedades y su potencial genético (Arteaga, 1990).

Cuadro 2. Grado de asociación entre las características fisiográficas, climáticas y edáficas con el crecimiento en altura de algunas especies mexicanas (Arteaga, 1990).

Especies (s)	Características fisiográficas y edáficas	Autor
<i>Pinus hartwegii</i>	pH del horizonte A, materia orgánica en el horizonte A, potasio en el horizonte B, capacidad de campo de los horizontes A y B, porcentaje de arcilla y profundidad del suelo.	Orantes, 1980
<i>Pinus montezumae</i>	pH del suelo, porcentaje de limo y de arcilla	Rodríguez, 1982
<i>Pinus leiophylla</i>	Lámina de agua aprovechable del horizonte A y porcentaje de saturación de bases en el horizonte B.	Gómez Tagle, 1985
<i>Pinus patula</i>	Profundidad del horizonte A, pedregosidad del terreno, posición del árbol en la pendiente, altitud, pendiente, interacción exposición-pendiente y precipitación.	Arteaga, 1985

P. greggii ha mostrado altas tasas de crecimiento en altura y diámetro en plantaciones (López *et al.*, 1999; Salazar *et al.*, 1999; Azamar *et al.*, 2000), así como un gran potencial para adaptarse a condiciones limitantes de humedad y nutrientes (Vargas y Muñoz, 1988; López y Muñoz, 1991). Estas características favorecen el uso de *P. greggii* en programas de reforestación para la recuperación de suelos degradados en diferentes partes de México y en programas de plantaciones comerciales en sitios marginales donde no se adaptan otras especies de *Pinus*.

Zobel (2004) menciona que en un futuro las plantaciones forestales se establecerán en sitios degradados y marginales que ya no son rentables para otros cultivos. Tales sitios son: tierras de cultivo abandonadas, pastizales abandonados, los suelos erosionados o tierras básicamente demasiado pobres para la agricultura. Los árboles pueden crecer económicamente en los sitios degradados si son empleadas las prácticas forestales adecuadas (silvicultura, la genética, la cosecha y la producción). Así el 95% o más de las plantaciones en los trópicos están en tierras degradadas.

P. greggii tiene un buen desempeño en programas de reforestación en México y otros países (Darrow y Coetzee, 1983; Dvorak *et al.*, 2000). La mayor ventaja de las procedencias del norte, sobre otras especies mexicanas de pinos mejor conocidas, tales como *P. patula* y *P. pseudostrobus*, es su mayor sobrevivencia, en ambientes de bajas temperaturas, suelos arenosos y condiciones de sequía (Dvorak *et al.*, 2000; Aldrete *et al.*, 2005).

Cuando *P. greggii* se introdujo en la región conocida como Valle de México, mostró ser una buena alternativa para recuperar suelos erosionados y destacó por su rápido crecimiento en los primeros años, por su tolerancia a la sequía y por su precocidad en la producción de conos (López, 1990).

En países como Venezuela, India, Italia y Sudáfrica, *Pinus greggii* ha tenido gran éxito en la recuperación de zonas degradadas y en plantaciones comerciales de alto rendimiento, donde supera ampliamente el crecimiento observado en México (Eguiluz, 1978).

En Sudáfrica se han establecido plantaciones con *P. greggii* en localidades con niveles relativamente bajos de precipitación pluvial, donde *P. patula* y *P. taeda* L., especies consideradas internacionalmente como altamente productivas, no pueden prosperar (Dvorak y Donahue, 1993; Dvorak *et al.*, 1996; Ramírez *et al.*, 2005).

P. greggii ha mostrado también mayor capacidad de sobrevivencia y crecimiento que otras especies del mismo género en condiciones de humedad escasa por lo que es una especie con gran potencial para ser empleada en programas extensivos de plantaciones forestales con fines de protección de cuencas (Vargas, 1985). En pruebas preliminares de progenie en Argentina, Sudáfrica y Zimbabwe, se ha observado que *P. greggii* puede ser una mejor alternativa que *P. taeda*, *P. elliottii* y *P. patula* para el establecimiento de plantaciones comerciales (Dvorak y Donahue, 1992).

Ramírez y Zepeda (2004) afirman que actualmente se carece en México de los elementos técnicos mínimos confiables para formular e instrumentar sanamente los proyectos relacionados con plantaciones forestales comerciales.

Muchos de los trabajos realizados a la fecha en México, orientados a estimar rendimientos maderables, corresponden a iniciativas individuales, o de instituciones educativas, más que a programas gubernamentales o de investigación de tiempo completo (Ramírez y Zepeda, 2004).

Musálem (sin fecha) menciona que se ha trabajado muy poco sobre plantaciones de *Pinus greggii*, y que solo se han considerado las primeras etapas que involucran las plantaciones y de forma incompleta, tales como: preparación del terreno, sistema de plantación, época y edad de la planta para plantación; también menciona que no se ha trabajado en temas como: respuesta del crecimiento, rendimientos en México y manejo de plantaciones.

Por dichos motivos y la gran importancia que tiene *P. greggii* para la realización de plantaciones con fines comerciales, de protección, de restauración, incluso en áreas urbanas es necesario incrementar y precisar más los estudios respecto al establecimiento, con el fin de obtener una sobrevivencia aceptable. Es conveniente considerar los trabajos que se realicen en reforestaciones o plantaciones para llevar a cabo evaluaciones para obtener información como sobrevivencia, rendimientos y en general la respuesta de la especie. Así como documentar las experiencias en plantaciones hechas con esta especie, sobre todo con respecto a su establecimiento y desarrollo, así como el estado en que se encuentran.

Se considera por lo tanto de gran interés y utilidad integrar y analizar la información disponible sobre el crecimiento de esta especie para la región noreste de México, principalmente en términos de sobrevivencia y crecimiento, y hacer comparaciones con su desempeño en otras regiones de México y del mundo.

1.1 Objetivo

El objetivo del presente trabajo fué revisar, sintetizar y discutir la información poco difundida sobre los resultados de plantaciones experimentales de *Pinus greggii* establecidas en el noreste de México, en los últimos 20 años, comparándolo con otras especies y otras regiones, especialmente lo referente a sobrevivencia y crecimiento en altura.

II METODOLOGÍA

El trabajo consistió en efectuar una búsqueda de los estudios publicados sobre *Pinus greggii*, incluyendo tesis profesionales, artículos científicos y libros. Una vez reunido todos los estudios, se realizó un análisis de aquellos que tratan sobre crecimiento en altura y sobrevivencia en plantaciones establecidas en México y en el mundo.

Lo anterior con la finalidad de analizar cómo es el crecimiento en altura de *P. greggii* desde el establecimiento de cada plantación hasta la más reciente medición, así como calcular su crecimiento medio anual en altura y compararlo con otras especies de coníferas, ubicadas en el mismo sitio, o sitios con características climáticas, geográficas y edáficas similares.

De cada una de las plantaciones, que se mencionan en este estudio, se da una breve descripción de las condiciones climáticas, edáficas y topográficas, así como su ubicación geográfica (Cuadro 3).

En algunas plantaciones ubicadas en el sureste de Coahuila, en la parte norte de la Sierra Madre Oriental, no se habían realizado mediciones de campo, o no se tenían datos de evaluaciones recientes, por tal motivo se efectuaron mediciones de una muestra que permitieron la obtención de la variable altura total de los arboles de cada plantación.

Cuadro 3. Nombre, ubicación, así como sus principales características geográficas y climáticas de los sitios de plantación de *Pinus greggii* reportados en este trabajo.

Sitio de plantación	No. identificación de plantación	Coordenadas	Altitud msnm	Pendiente (%)	Exposición	Pp media anual (mm)	Temperatura media anual (° C)
La Moneda, Arteaga, Coah.	8	23°17' N 100° 23' W	2,820	30	N	470,6	12,7
El Renacer, Arteaga, Coah.	17	25° 12'29"N 100° 21' 56" W	2,825	35	N	470,6	12,7
CAESA, Arteaga, Coah.	16,21 y 26	25°23' N 100° 36' W	2,260	4	Cenital	521,2	13,3
Tarihuanes, Arteaga, Coah.	19,22 y 29	25°22'13" N 100° 36' 22" W	2,380	16	S	428,6	12,9

Mesa Tablas, Arteaga, Coah.	23	25° 15' 17" N 100°25'20" W	2,610	25-30	NE	470	12.7
El Hondable, Arteaga, Coah.	24	25°16' 47" N 100°26'31" W	2,473	25-30	NW	470	12.7
El Zorrillo, Arteaga, Coah.	25	25° 17' 55" N 100°26'22" W	2,354	25-28	SW	470	12.7
18 de Marzo, Galeana, N.L.	11 y 14	24 53' N 100 11' W	2,209	19	NE	365	18.6
Los Jazminales, Saltillo, Coah.	12	25°14'07" N, 101°14'16" W	1,884	3	Cenital	100	17
Tlacotepec Plumas, Oaxaca, Méx.	2	17° 52' 00" N 97° 26' 18" W	2,120	ND	ND	312.5	16.5
Magdalena Zahuatlan, Oaxaca, Méx.	3	19° 24' 11" N 97° 12' 35" W	2,160	ND	ND	350	16.5
Huauchinango, Puebla, Méx.	15	20° 13' N, 98° 02' W	1,415	60	S	2,000	19
Coatepec. Veracruz, Méx.	1	19°29'N 96°56'W	1,400	ND	ND	1,750	19
John Meikle, Rhodesia	9	ND	1,780	ND	N-E	1,780	ND
Martin Rhodesia	10	ND	1,220	ND	E	1,020	ND
Mtao Rhodesia	6	ND	1,480	ND	Cenital	710	ND
Goedehoop Sudáfrica	30	ND	811	ND	S-E	1,090	ND
Swartberg P.7 Sudáfrica	27	ND	1,036	ND	S-W	± 584	ND
Parcela 10 Sudáfrica	28	ND	1,372	ND	N	± 533	ND
Helvetia (33-07-06B) Sudáfrica	20	25°32'S, 30°22'E	1,700	ND	ND	770	ND
Jessievale D18 Sudáfrica	13	26°14'S, 30°31'E	1,620	ND	ND	921	ND
Quivolgo 1S.5 Chile	18	35°18'S, 72°23'W	ND	ND	ND	837	ND
B. Esperanza 33-21-07A Chile	7	37°24'S, 73°16'W	ND	ND	ND	1,437	ND
Imbauzinho183A Brasil	4	24°15'S, 50°48'W	710	ND	ND	1,490	ND
Imbauzinho183B Brasil	5	24°15'S, 50°48'W	710	ND	ND	1,490	ND

Nota: Las plantaciones que tienen más de un número en la identificación de la plantación, es una plantación con varias mediciones.

2.1 Plantaciones evaluadas en este trabajo

Una de estas plantaciones evaluada en campo, se localiza en Arteaga, Coahuila, dentro del predio Los Tarihuanes en el Cañón de Jamé, dicho predio se ubica en la Sierra Madre Oriental, a una distancia aproximada de 50 km de la ciudad de Saltillo, Coahuila. El área está entre las coordenadas 25° 22' 13" latitud norte y 100°36' 22" longitud oeste, con una altitud aproximada de 2400 msnm (Serrato, 2000). La evaluación más reciente se realizó en mayo de 2010, por la autora de este trabajo.

Serrato (2000) reporta que de acuerdo con los datos registrados en la estación meteorológica No.05-033, San Antonio de las Alazanas, la fórmula climática del área, es: Cb (x')(e')g, que corresponde a un clima templado; y de acuerdo a la estación meteorológica de Jamé, Arteaga, Coah., se registra una temperatura media anual de 12.9 °C, con una precipitación media anual de 428.6 mm.

La litología superficial del lugar la constituyen rocas de origen sedimentario. Los suelos predominantes son los feozem calcárico y las rendzinas asociadas con litosoles, con texturas de media a fina (Serrato, 2000).

La plantación evaluada está a una altitud aproximada de 2,380 msnm, con una pendiente del 16%, con posición topográfica de ladera y una exposición sur. La vegetación de la parte más alta de la sierra consiste en un bosque de *Pinus cembroides* y de *Pinus teocote* (Serrato, 2000).

La fecha de plantación fue enero de 1994; la edad de la planta al momento de la plantación para el caso de la progenie de los 18 árboles maternos fue de 40 a 42 meses y la del testigo era aproximadamente de 48 meses; se plantaron un total de 359 plantas con una distribución al tresbolillo con 3 m de espaciamiento y plantadas en cepa común (Serrato, 2000).

Las plántulas de *Pinus greggii* para el tratamiento testigo eran de semilla procedente del Rincón del Molino, Cerro El Viejo, Bella Unión, Coahuila. La ubicación y características del sitio donde se recolectó la semilla para los demás tratamientos fueron en el Ejido Los Lirios, en el Cañón de Los Lirios, Arteaga, Coahuila. Las coordenadas son 25° 21' 07" latitud norte y 100° 27'49" longitud oeste; a una altitud de 2,480 a 2,540 msnm con una exposición topográfica NE, N y NW; con una posición topográfica de laderas baja y media, con pendiente del 21% (Serrato, 2000).

Los datos de la plantación del 2000 fueron reportados por Serrato (2000). Los datos del 2006 fueron reportados por Gutiérrez (2008) y los últimos datos reportados para el 2010 se obtuvieron mediante un diseño de muestreo estadístico simple aleatorio, con un tamaño de muestra del 10 % del total de árboles vivos existentes en la plantación, el cuál fue equivalente a medir un árbol por hilera, por lo que se midieron 3 individuos por bloque, a excepción del bloque IV, el cual está constituido por 4 hileras, haciendo un total de 10 individuos muestreados.

En esta última medición la principal variable de interés por evaluar fue la altura total de *Pinus greggii*, la cual se midió desde la base del árbol a nivel del suelo hasta la yema apical de cada árbol, con una pértiga de plástico graduada en centímetros, colocando la pértiga al lado del árbol, y deslizándola hacia la punta del árbol, otra persona colocada a cierta distancia, indicaba cuando el extremo superior del instrumento estaba a nivel de la yema apical, para proceder a tomar la lectura.

Otra plantación evaluada en campo, se localiza en Saltillo, Coahuila, dentro del Predio San Juan de la Vaquería, en el paraje los Jazminales, entre las coordenadas 25°14'07" latitud norte y 101°14'16" longitud oeste, a una altitud de 1,884 msnm, el sitio de plantación tiene una pendiente del 3 %, es decir con una exposición casi cenital.

El material vegetativo utilizado para la plantación fueron plantas de un año de edad y altura aproximada de 20 cm; la semilla procede de una plantación ubicada en el predio El Pino, en el ejido San Juan de la Vaquería; el diseño de la plantación es tresbolillo, con un distanciamiento de 2.50 m entre plantas y 1.80 m entre filas.

Dicha plantación no había sido evaluada desde su establecimiento en el 2006; la primera evaluación se realizó en mayo del 2010, a los cuatro años de establecida, bajo un diseño de muestreo estadístico simple aleatorio, con un tamaño de muestra del 16 % del total de árboles de la plantación, la cual fue equivalente a medir un total de 32 plantas, a las cuales se les midió la altura total desde la base de la planta, hasta la yema apical, con ayuda de un flexómetro graduado en centímetros.

2.2 Revisión de otras plantaciones de *Pinus greggii* en el noreste de México

López (1993) estableció un ensayo de adaptación de cinco especies de pino, bajo tratamientos a la vegetación secundaria: manual, químico (Picloram), manual + químico y testigo. A 18 meses de establecida la plantación, se evaluaron la sobrevivencia, los incrementos en altura y diámetro, y el cociente altura/diámetro de las especies. Se reporta mayor e igual sobrevivencia para las plantas de los tratamientos testigo, manual y químico, la menor sobrevivencia ocurrió en el tratamiento manual + químico. *P. greggii*, *P. hartwegii* y *P. arizonica* tuvieron mayores valores de sobrevivencia e incrementos relativos en altura; *Pinus greggii* alcanzó los más altos incrementos absolutos en altura (11.186 cm), mientras que *P. arizonica* y *P. ayacahuite* crecieron en promedio solo 4.642 y 2.981 cm, respectivamente. En el Cuadro 4 aparecen los datos de altura total.

Basulto (1994) realizó un ensayo de adaptación en dos localidades de la Sierra Madre Oriental, cuyos objetivos fueron determinar la respuesta temprana en términos de crecimiento de dos taxa del género *Pinus* (*Pinus greggii* y *P. attenuradiata*), así como analizar la sobrevivencia e incrementos en altura y diámetro de éstos. En cuanto a la sobrevivencia *Pinus attenuradiata* mostró un 83.8% en tanto que *Pinus greggii* tuvo 71.9%, independientemente de la localidad; en la localidad CAESA los mayores incrementos absolutos en altura fueron los de *Pinus attenuradiata*, mientras que en la localidad CAESA, fue *Pinus greggii* el que presentó incrementos absolutos muy superiores al híbrido, en cuanto al incremento relativo en altura, *Pinus greggii* se muestra superior que el híbrido *Pinus*

attenuradiata. Cabe aclarar que después de varios años, en dicha plantación solo ha sobrevivido *Pinus greggii*, todos los individuos de *Pinus attenuradiata* murieron (Comunicación personal Capó, 2010).

Sámano (1995) al establecer un experimento en la Sierra La Marta, así como evaluar la sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de *Pinus*, bajo 4 tratamientos a la vegetación, manual, químico, manual+químico y testigo a los cuatro años después de su establecimiento; registro mayor e igual sobrevivencia de las especies de *Pinus* en los tratamientos químico, manual y testigo, la menor sobrevivencia ocurrió en el tratamiento combinado; *P. ayacahuite* y *P. hartwegii* registraron mayores medias de sobrevivencia, respecto a *P. pseudostrobus* quien tuvo la menor sobrevivencia e incremento relativo en altura. *Pinus greggii* registró el mayor incremento absoluto en altura, mientras que *P. arizonica* y *P. pseudostrobus* tuvieron los menores valores. En cuanto al incremento relativo en diámetro, los mayores incrementos ocurrieron en los tratamientos manual + químico con *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. arizonica* y manual con *P. greggii*; en general el crecimiento en diámetro de las especies se vio más favorecido que la altura por el control de la vegetación competidora.

Serrato (2000) evaluó dos pruebas de progenie de *Pinus greggii* establecidas en el Cañón de Jamé, en el Predio Los Tarihuanes, las variables evaluadas fueron: sobrevivencia, altura y diámetro inicial, volumen inicial, altura y diámetro final, así como los incrementos en altura y diámetro basal. En cuanto a la sobrevivencia, el promedio para el ensayo 1 fue 74.78% y 56.31 % para el ensayo 2, las familias y el testigo probados alcanzaron una altura final promedio de 133.14 cm, y un diámetro final de 32.9 mm, incrementando su altura en 87.8 cm, durante el periodo de evaluación, mientras que el incremento en diámetro resultó ser de 26.9 mm para el ensayo 1; para el ensayo 2, fue de 170.6 cm en altura final y un diámetro final de 33.487 mm, por lo que incrementaron su altura en un promedio de 121.5 cm, además de su incremento promedio en diámetro de 26.4 mm.

Bucio (2005) estudió un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* en el CAESA con el objetivo de diseñar y planear el establecimiento de un área de producción de semilla,

en su fase inicial mediante la simulación de aclareos, seleccionando los árboles con fenotipos idóneos para la producción de semilla, las variables evaluadas fueron: altura total 4.9 m, diámetro a 1.3 m 6.81 cm, diámetro a la base 10.73 cm, los árboles se agruparon quedando de la siguiente forma: de acuerdo a los tamaños de los árboles, al número de conos por árbol, y al tamaño de los conos, por último se realizó una simulación de los aclareos quedando finalmente una densidad de 349 árboles ha⁻¹.

Cornejo *et al.* (2005) evaluaron la tasa de crecimiento relativo en altura a uno, dos y 12.6 años de establecido un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii*, en Arteaga, Coahuila. Se encontraron diferencias significativas entre las tres procedencias en la tasa de crecimiento relativo en altura en los tres períodos de evaluación. Al año de establecido el ensayo, la tasa de crecimiento relativo en altura fue muy reducida, en contraste, a los dos años se encontraron las más altas tasas del crecimiento relativo en altura (0.55), misma que se reduce notablemente a los 12.6 años de establecido el ensayo (0.25).

Godínez (2005) evaluó una plantación de procedencias (Puerto los Conejos, Santa Anita, Agua Fría, Puerto San Juan, Los Lirios, El Penitente, Jamé, Las Placetas y La Taponá) y progenies de *Pinus greggii* var. *greggii*, a cuatro años y cinco meses de establecido, en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N.L., al año de plantado la sobrevivencia fue de 57.3 % ± 3.7, a los 4.5 años de plantado, los valores promedio fueron para la sobrevivencia (48.3 % ± 3.8), altura total (120.0 cm ± 4.2). Las diferencias significativas se presentaron entre familias, pero con un alto coeficiente de variación, mayor de 50 %, lo cual hace que estas diferencias sean poco confiables.

Hernández (2005) estudio una plantación de nueve procedencias, de *Pinus greggii*, en el Ejido 18 de Marzo en Galeana, N.L, a los cuatro años cinco meses de establecida se evaluó la sobrevivencia en cuatro situaciones de las cuáles se encontraron diferencias altamente significativas en la sobrevivencia de las plantas que tenían un año de plantadas y en las que tenían 4.5 años de establecidas. En cambio, la sobrevivencia de las plantas que se repusieron un año después y la sobrevivencia general (considerando plantados y replantados) no presentaron diferencias, incluso los valores promedio de sobrevivencia para estos dos últimos casos fueron muy similares, 88.11% y 88.42% para la sobrevivencia

general. En cuanto al grupo de los individuos plantados originalmente, se encontraron diferencias significativas en la variable número de verticilos y diferencias altamente significativas en la variable diámetro de copa, pero no se encontraron diferencias en la altura total (1.32 m), ni en el diámetro basal. Respecto de la replantación, existieron diferencias solo en dos variables, en el diámetro basal y en el número de verticilos, para el caso de la altura total (1.10 m) y el diámetro de copa no hubo diferencias.

Reynoso (2006) evaluó el crecimiento y características de la copa en árboles de nueve procedencias de *Pinus greggii* a 4.5 años de plantados en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N.L. Se obtuvieron diferencias significativas entre procedencias, en altura, diámetro a la base, área de intercepción lumínica en la copa, área de proyección de copa sobre el suelo y en el porcentaje de copa. El ensayo tiene un promedio general de 92.7 % de sobrevivencia, con valores promedio extremos de 86% para Agua Fría hasta 96.4% para Puerto San Juan, un grupo de seis procedencias se encuentra con promedios superiores al 93% de sobrevivencia (Puerto San Juan 96.4%, Las Placetas 96%, Puerto El Conejo 94.5% Los Lirios 94%, La Tapona 94% y Jamé 94%); las procedencias que presentaron mayor altura promedio fueron Agua Fría (136.5 cm) y la Tapona (135.0 cm); el factor procedencia aportó el 5.2% de la variación total para la altura a la primer rama de la copa del árbol, así mismo, el 2.9% de la variación total en altura al punto más amplio de la copa, se debe a las procedencias.

De la Cruz (2010) caracterizó y describió el crecimiento e incremento en altura, diámetro y área basal a 1.30 m y volumen de *Pinus greggii* en una plantación de 16 años de edad establecida en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Se observó que la curva de crecimiento en altura presenta un crecimiento rápido en los primeros 13 años, alcanzando una altura de 6.3 m, mientras que para el diámetro presenta un crecimiento continuo desde los primeros 9 años, alcanzando un diámetro de 4.3 cm, la curva de crecimiento en área basal presenta un crecimiento lento, alcanzando un área basal de 0.565 m², para el caso del volumen presenta un crecimiento lento durante sus primeros años, alcanzando un volumen de 0.0227 m³. Con respecto a las curvas de crecimiento en altura, el ICA presenta un crecimiento rápido desde sus primeros dos años, alcanzando su máximo valor de 0.56 m año⁻¹ a la edad de 7 años,

para el caso del Incremento medio anual en altura, comienza con crecimiento lento desde los primeros dos años hasta los 13 años en donde alcanza su máximo valor de 0.48 m año¹

López (2010) evaluó la sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas (*Pinus pinceana*, *Pinus greggii*, *Abies vejari Martínez*, *Pinus cembroides Zucc.*, *Pinus ayacahuite var. brachyptera*, en tres sitios diferentes de plantación ubicados en la Sierra de Arteaga, a 12 años de establecida; para la variable sobrevivencia por localidad, Mesa de las Tablas se reporta una sobrevivencia de 85.8%, para el Hondable un 52.5% y para el Zorrillo un 82.9 %; para la sobrevivencia por especie, *P. pinceana* mostró un 72.2%, *P. greggii* 72.9%, *Abies vejarii* 61.11%, *P. cembroides* 84.02% y *P. ayacahuite* 76.38%; el análisis de varianza realizado para la variable altura, diámetro, número de verticilos y diámetro de copa arrojó diferencias estadísticas altamente significativas. De acuerdo a los resultados obtenidos *Pinus greggii* fue la especie que mostró mayores valores en altura (4.99 m) y diámetro (98.74).

III RESULTADOS

En la literatura consultada y la información obtenida directamente en campo se encontró que existe información sobre los sitios de plantación incluidos en el Cuadro 3, ubicados en varios estados de México y en otros países:

Los datos de sobrevivencia, crecimiento en altura, así como el incremento medio anual (m/año) de cada una de las plantaciones estudiadas, se sintetizan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Lista de las plantaciones, empleadas para realizar el presente estudio, datos de edad, altura y velocidad de crecimiento de *Pinus greggii*, y fuente bibliográfica.

Sitio de plantación	No. plantación	Edad (años)	Altura (m)	Crecimiento medio en altura (m año ⁻¹)	Sobrevivencia (%)	Otras especies plantadas	Referencia
Coatepec, Ver.	1	2.0	3.05	1.525	95.1		Alba <i>et al</i> , 1998
Tlacotepec Plumas, Oax.	2	2.5	1.29	0.517	96		Velasco,2001
Magdalena Zahuatlan, Oax.	3	2.5	1.07	0.429	96		Velasco,2001
Imbauzinho 183B, Brasil	4	2.83	2.55	0.901	82		Camcore,2001
Imbauzinho 183A, Brasil.	5	2.92	3.30	1.130	74		Camcore,2001
Mtao, Rhodesia	6	3	4.48	1.495	ND		Poynton,1977
B. Esperanza 33-21-07A, Chile	7	3.17	1.60	0.505	81.67		Camcore,2001
La Moneda, Coah.	8	3.83	0.39	0.102	96.67	<i>P. arizonica</i> , <i>P. ayacahuite</i> , <i>P. hartwegii</i> , <i>P. pseudostrobus</i> .	López,1993
John Meikle, Rhodesia	9	4	3.00	0.75	ND		Poynton,1977
Martin, Rhodesia	10	4	4.60	1.15	ND		Poynton,1977
18 de Marzo, N.L.	11	4.5	1.32	0.294	88.42		Hernández,2005
Los Jazminales, Coah.	12	4.0	1.69	0.442	95		Benitez,2010
Jessievale D18, Sudafrica	13	5.0	5.10	1.02	93		Camcore,2001
18 de Marzo, N.L	14	5.33	1.20	0.225	48.3		Godinez,2005

Huauchinango, Pue.	15	6.0	5.955	0.992	70		López et al,2004
CAESA, Coah.	16	6.25	0.96	0.153	68.60		Ornelas,1977
El Renacer, Coah.	17	7.0	1.10	0.158	95	<i>P. arizonica, P. ayacahuite, P. hartwegii, P. pseudostrobus.</i>	Sámamo,1995
Quivolgo 1S.5, Chile	18	7.5	4.55	0.607	84.5		Camcore,2001
Tarihuanes, Coah.	19	8.67	1.33	0.154	74.78		Serrato, 2000
Helvetia (33-07-06B), Sudáfrica	20	10	6.90	0.69	84		Camcore,2001
CAESA, Coah.	21	10.83	4.17	0.385	75.36		Vela,2000
Tarihuanes, Coah.	22	12	5.86	0.488	37.10		Gutiérrez,
Mesa Tablas, Coah.	23	12	4.77	0.397	85.8	<i>P. pinceana, P. cembroides, P. ayacahuite, A. vejarii.</i>	López,2010
El Hondable, Coah.	24	12	5.11	0.426	52.5	<i>P. pinceana, P. cembroides, P. ayacahuite, A. vejarii.</i>	López,2010
El Zorrillo, Coah.	25	12	5.12	0.426	82.9	<i>P. pinceana, P. cembroides, P. ayacahuite, A. vejarii.</i>	López,2010
CAESA, Coah.	26	14.67	4.87	0.332	39.79		Contreras,2005
Swartberg P. 7, Sudáfrica	27	16	14.45	0.903	ND		Poynton,1977
Parcela 10, Sudáfrica	28	16	9.90	0.619	ND		Poynton,1977
Tarihuanes, Coah.	29	16.92	6.60	0.390	26.15		Benitez,2010
Goedehoop, Sudáfrica	30	29	22.90	0.790	ND		Poynton,1977

Cabe aclarar que el Cuadro 4, contiene los datos de altura de las plantaciones de Oaxaca, Veracruz, Puebla y las de otros países, incluyen procedencias del centro y del norte del país. Todos los demás datos de altura del mismo cuadro son de plantaciones de procedencias del norte del país únicamente.

De todas las plantaciones enlistadas en el Cuadro 4, la 8,12,16,17,19,21,22,23,24,25,26 y 29 son del estado de Coahuila, notese como la 23, 24 y 25, tienen crecimientos muy similares, ya que estas plantaciones estan establecidos en sitios muy similares; la plantación 11 muestra un crecimiento mayor a la 14, ya que los árboles se evaluaron a una mayor edad, ambas son del estado de Nuevo León; los máximos valores de crecimiento en altura media anual, los presentaron las localidades de Coatepec, Veracruz (1.5 m año⁻¹) y Mtao, Rhodesia (1.5 m año⁻¹), seguidos de Martin, Rhodesia (1.15 m año⁻¹), Imbauzinho 183 A, Brasil (1.130 m año⁻¹), Jessievale D18, Sudáfrica (1.02 m año⁻¹), Huauchinango, Puebla (0.99 m año⁻¹), Swartberg P. 7, Sudáfrica (0.90 m año⁻¹) y Imbauzinho 183 B, Brasil (0.90 m año⁻¹) (Figura 2).

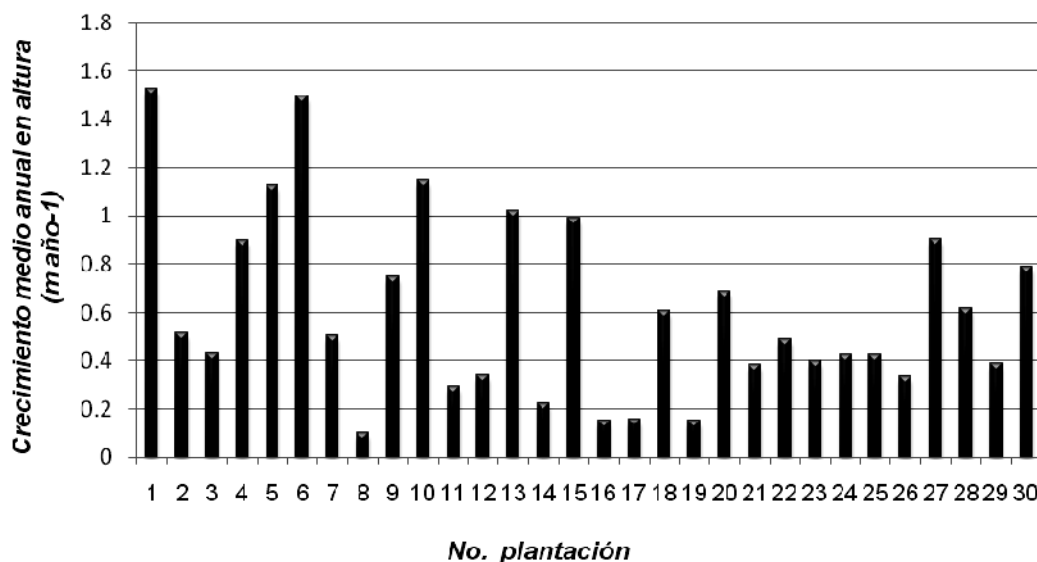


Figura 2. Comparación del crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii*, en distintas plantaciones ubicadas en México, específicamente en los estados de Nuevo León, Coahuila, Oaxaca, Puebla además de plantaciones ubicadas en Rhodesia, Sudáfrica, Chile y Brasil.

Al comparar el crecimiento medio anual en altura, de *Pinus greggii* con otras cuatro especies de *Pinus* Arteaga, Coahuila, se puede observar que a 7 años de edad, *Pinus greggii* fue el de mayor crecimiento (0.158 m año⁻¹) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de edad, altura y crecimiento medio anual en altura de varias especies de pino, de una plantación ubicada en El Renacer, Arteaga, Coahuila (Sámano, 1995).

Especie	Edad (años)	Altura (m)	Crecimiento medio anual en altura (m año ⁻¹)
<i>P. greggii</i>	7	1.103	0.158
<i>P. arizonica</i>	7.08	0.479	0.068
<i>P. ayacahuite</i>	7.33	0.714	0.097
<i>P. hartwegii</i>	7.16	0.746	0.104
<i>P. pseudostrobus</i>	7.08	0.586	0.083

Al realizar otra comparación del crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii* con otras cuatro especies de coníferas, en tres sitios de plantación en Arteaga, Coahuila, los resultados muestran que *Pinus greggii* obtuvo los mayores valores (0.416 m año⁻¹), respecto a las demás especies como podemos ver en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Síntesis de valores promedio de altura y crecimiento medio anual en altura, en tres sitios diferentes ubicados en Arteaga, Coahuila (López, 2010).

Especie	Edad (años)	Altura (m)	Crecimiento medio anual en altura (m año ⁻¹)
<i>Pinus greggii</i>	12	4.997	0.416
<i>Pinus pinceana</i>	12	0.893	0.075
<i>Pinus cembroides</i>	12	1.414	0.118
<i>Abies vejarii</i>	12	1.071	0.089
<i>Pinus ayacahuite</i>	12	1.524	0.127

Alba *et al.*, (1998) evaluó la progenie de 21 familias procedentes de tres localidades, a dos años de haber sido establecido en el municipio de Coatepec, Veracruz. Se observó una mejor respuesta en la sobrevivencia y el crecimiento presentado por las procedencias de El Madroño (Querétaro) 96.2%, 3.77 m y 4.30 cm; y Laguna Atezca (Hidalgo) 97.4%, 3.57m y 3.94 cm, en comparación con Las Placetas (Nuevo León) que presentó la menor sobrevivencia 91.7%, y menores valores en altura 1.76 m y diámetro 1.62 cm en la mayoría de las familias. Se concluye que de las procedencias incluidas en el ensayo, la mejor para este sitio es El Madroño, seguida de Laguna Atezca.

Velasco (2001) al evaluar dos ensayos de 13 procedencias de *Pinus greggii*, en dos localidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña, utilizó seis procedencias del norte y siete procedencias del centro; a 2.5 años de establecida la plantación, en Tlacotepec Plumas el promedio general de altura fue 1.29 m y de 1.07 m para Magdalena Zahuatlán, mostraron diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia, entre localidades y entre procedencias; la localidad Tlacotepec Plumas registró los mayores valores de incremento en altura 105.98 cm e incremento en diámetro basal 32.7 mm, mientras que Magdalena Zahuatlán incremento en altura 83.20 cm y 23.9 mm de incremento en diámetro basal. Se registró una alta sobrevivencia, sin encontrar diferencias estadísticas significativas en la interacción localidad por procedencia, entre localidades, ni entre procedencias. El valor promedio de la sobrevivencia fue mayor a 96 %.

López *et al.* (2004) evaluaron un ensayo de *Pinus greggii*, en Huauchinango, Puebla, México, a seis años de edad, con 60 familias correspondientes a seis poblaciones por cada una de sus dos variedades taxonómicas, para determinar diferencias en crecimiento y supervivencia entre variedades, poblaciones y familias. La variedad *australis* presentó mayor supervivencia (77 vs. 60%), altura (8.4 vs. 3.5 m), diámetro a la altura del pecho (13.7 vs. 5 cm) y volumen (61.7 vs. 5.1 dm³) que la var. *greggii*, lo que refuerza la subdivisión taxonómica de la especie en estas variedades. La supervivencia promedio fue de 70%, variando entre poblaciones de 50 a 85%. En la var. *australis* se encontró alta variabilidad entre poblaciones. La población Pemuxtítla, Hidalgo mostró la mejor supervivencia y crecimiento, posiblemente porque las condiciones ecológicas de su sitio de origen son más similares a las del lugar de plantación.

López (1998) estimó el grado de variación entre y dentro de 12 procedencias de *Pinus greggii* en sobrevivencia y crecimiento en altura; los resultados más importantes para la sobrevivencia de procedencias fueron: a 33 meses de edad la procedencia Patoltecoya, Puebla presentó un 80 %, de esta manera se apreció que las procedencias de Molango 89 %, Madroño 87 %, Piñón 85.8 %, Jamé 85.6 %, Xochicoatlán 85 % y Zimapán 81 % estuvieron por encima de la procedencia Patoltecoya, por otro lado las procedencias con sobrevivencia más baja fueron: Los Lirios 68 %, Puerto San Juan 69 %, P. Conejo 76 %, S. Anita 78 % y Placetas 79 %; también se encontró variación en sobrevivencia a nivel de familias dentro de las mismas procedencias. En el cuadro se presentan los valores promedios de altura, diámetro, número y longitud promedio de ciclos de crecimiento para cada procedencia, se observa que la procedencia de Molango presentó mayor altura de todas las procedencias estudiadas con 3.76 m, seguida de Zimapán con 3.64 m y Madroño con 3.41 m.

Cuadro 7. Altura, diámetro, número y longitud promedio de ciclos de crecimiento de *Pinus greggii* en un ensayo de procedencias a 33 meses de plantado en Patoltecoya, Puebla (López, 1998).

Procedencias	Altura (m)	Diámetro (cm)	Número de ciclos de crecimiento	Longitud promedio de los ciclos de crecimiento (cm)
SUR				
Zimapán, Hidalgo	3.64	7.33	10.62	31.81
Patoltecoya, Puebla	2.88	6.38	8.73	30.88
Xochicoatlán, Hidalgo	3.34	6.54	8.98	34.98
Molango, Hidalgo	3.76	7.15	9.62	36.90
El Piñón, Hidalgo	2.92	5.79	9.37	28.86
Madroño, Querétaro	3.41	6.38	8.34	39.19
NORTE				
Las Placetas, Nuevo L.	1.42	3.35	7.36	17.24
Jamé, Coahuila	1.72	3.22	7.51	20.71
Los Lirios, Coahuila	1.35	2.88	7.17	16.80
P. San Juan, Coahuila	1.34	2.53	6.53	18.41
Santa Anita, Coahuila	1.70	3.29	7.88	19.54
P. El Conejo, Coahuila	1.61	3.22	7.35	19.47

Cigarrero (1994) efectuó un estudio con *Pinus greggii* señala que la procedencia con mayor crecimiento en altura a 30 meses de edad de una plantación en Lomas de San Juan, Edo. México, fue el Piñón, Hidalgo, lo que confirma la gran influencia que tienen las condiciones prevaletientes de los sitios de plantación en el desarrollo de los árboles. En el otro extremo de la distribución natural de *Pinus greggii*, las procedencias del norte que tuvieron un mayor crecimiento alcanzaron una altura promedio de alrededor de 1.70 m, lo que representa un crecimiento promedio anual en altura de tan solo 56 cm; esto implica que en términos generales las procedencias de *Pinus greggii* del sur están creciendo más del doble que las procedencias del norte.

Con propósitos de comparación en el cuadro 8, se muestran los valores de crecimiento medio anual en altura, de 5 especies de *Pinus*, establecidos en Arteaga, Coahuila, donde se muestra que *Pinus ponderosa* fue la de mayor crecimiento a ocho años de establecida la plantación; pero a la fecha la única especie que ha sobrevivido es *P. ayacahuite*, la cual muestra un crecimiento de 0.11 m año^{-1} .

Con lo antes mencionado y recordando la información del Cuadro 6, donde *Pinus greggii* mostró un crecimiento superior a *Pinus ayacahuite*, podemos decir que *P. greggii* crece más que estas otras especies (Cuadro 8).

En el Cuadro 9 se muestran los resultados del crecimiento medio anual en altura, de tres procedencias de *P. cembroides*, establecidos en el CAESA, las cuales a casi 10 años, mostraron un crecimiento de 0.110 m año^{-1} , el cual comparado con *Pinus greggii* a 12 años creció 0.416 m año^{-1} (Figura 3), lo cual significa que *P. greggii* crece en altura aproximadamente cuatro veces más rápido que *P. cembroides*, por lo menos para este sitio de la Sierra de Arteaga, Coahuila.

Cuadro 8. Valores de edad, altura y crecimiento medio anual en altura, de distintas especies de pinos, plantados en el predio Santa Anita, Arteaga Coahuila, en exposiciones Norte y Sur (Moreno, 1993).

Especie	Exposición	Edad (años)	Altura (m)	Crecimiento medio anual en altura (m año ⁻¹)
<i>P. ayacahuite</i>	Norte	8	1.102	0.138
<i>P. pseudostrobus</i>	Norte	8	0.609	0.076
<i>P. ponderosa</i>	Norte	8	3.342	0.418
<i>P. lambertiana</i>	Norte	8	0.51	0.064
<i>P. hartwegii</i>	Norte	8	0.198	0.025
<i>P. ayacahuite</i>	Sur	8	0.736	0.092
<i>P. pseudostrobus</i>	Sur	8	0.465	0.058
<i>P. ponderosa</i>	Sur	8	0.418	0.052
<i>P. lambertiana</i>	Sur	8	0.292	0.037
<i>P. hartwegii</i>	Sur	8	0.094	0.012

Cuadro 9. Valores de edad, altura y crecimiento medio anual en altura, de distintas procedencias de *Pinus cembroides*, establecidas en el CAESA, en la Sierra de Arteaga, Coah. (Morales, 2002).

Procedencias	Edad (años)	Altura (m)	Crecimiento medio anual (m año ⁻¹)
Mazapil, Zacatecas.	9.83	1.188	0.121
Concepción del oro, Zacatecas.	9.83	1.061	0.108
Saltillo, Coahuila.	9.83	1.007	0.102

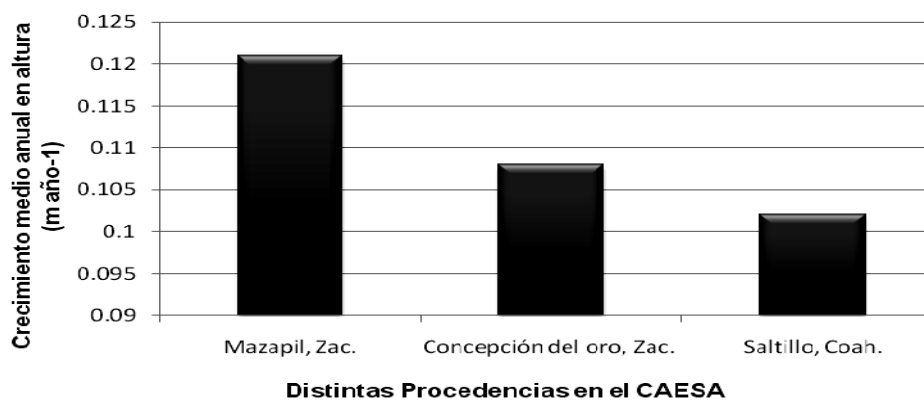


Figura 3. Comparación del crecimiento medio anual en altura de distintas procedencias de *P. cembroides*, establecidas en el CAESA, Sierra de Arteaga, Coahuila. (Morales, 2002).

En el Cuadro 10, se puede observar el comportamiento del crecimiento en altura total media y dominante, en tres plantaciones diferentes del estado de Coahuila, a partir de cuatro años de edad, y cada 4 años hasta 16 años. La plantación de los Jazminales, tiene un muy buen crecimiento, es muy probable que esto se deba a su temprana edad; del mismo modo se puede observar que *P. greggii* en Tarihuanes mostró un muy buen crecimiento del periodo de 8 a 12 años, aunque los siguientes 4 años se presentó un crecimiento mínimo o nulo, sin embargo su crecimiento es mayor que la plantación de Mesa de las Tablas, el Hondable y el Zorrillo a la edad de 12 años.

Cuadro 10. Valores de crecimiento en altura medio y dominante, de *Pinus greggii* en tres plantaciones de Coahuila.

Edad (Años)	Tarihuanes		Los Jazminales		Mesa de Tablas, Hondable y Zorrillo	
	Altura total media (m)	Altura dominante (m)	Altura total media (m)	Altura dominante (m)	Altura total media (m)	Altura dominante (m)
4 .0	ND	ND	1.69	1.88	ND	ND
8.67	1.40	3.50	ND	ND	ND	ND
12.0	6.77	9.24	ND	ND	4.98	6.11
16.92	6.77	6.60	ND	ND	ND	ND

En la Figura 3, se puede ver la tendencia general de todas las plantaciones enlistadas en el cuadro 4, en la cual se observa que las plantaciones Tarihuanes (22), Zorrillo (25), Hondable (24), Mesa de Tablas (23), CAESA (21), Jazminales (12), 18 de Marzo (11 y 14) muestran valores de crecimiento muy aceptables, en comparación con todas las plantaciones que tienen mayor crecimiento, ya que las plantaciones del noreste de México están creciendo en condiciones de humedad muy bajas, donde la precipitación es menor del 50%, de lo que llueve en otras regiones (Cuadro 3); podemos analizar un caso específico, como Jazminales, la cual crece con solo un 7% de la precipitación que se reporta para la plantación (7), y solo un 5% de la precipitación que presenta la plantación (1), que se observa es la de mayor crecimiento.

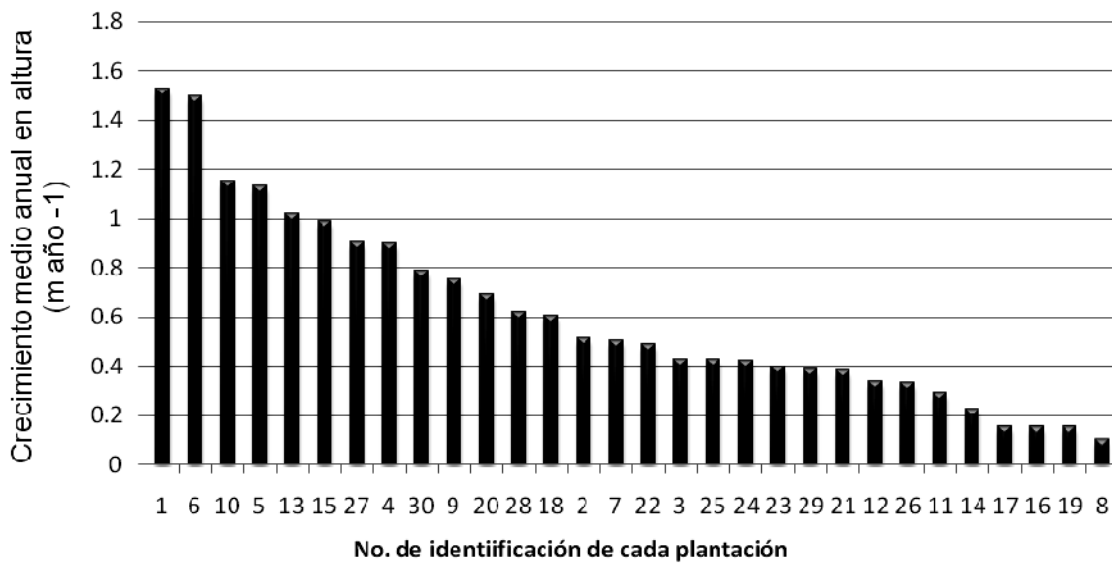


Figura 4. Distribución del crecimiento medio anual en altura de cada una de las plantaciones, de *Pinus greggii* incluidos en este estudio.

3.1 Análisis de resultados

3.1.1 Supervivencia

De acuerdo a los resultados se observa que la supervivencia promedio de *Pinus greggii* para el estado de Coahuila fue de 68.97 %, pero los valores varían entre 26.15 a 96.67%. Para el estado de Nuevo León fue 68.36%; para el Oaxaca es de 96%; Puebla mostró una supervivencia de 70%; Veracruz 95%; para las plantaciones de Rhodesia no reportan el porcentaje de supervivencia; para Chile se reporta un promedio de 83.08 %; para Brasil reportan un 78% y por último para Sudáfrica se reporta un 88.5% correspondiente a dos sitios, ya que para los demás no se reporta la supervivencia.

En ambientes más favorables de humedad como en Veracruz, las procedencias de la variedad *australis* fueron superiores a la variedad *greggii* con un 5 %.

3.1.2 Crecimiento

A nivel de todas las plantaciones enlistadas en el Cuadro 4, el crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii* es de 0.416 m año⁻¹.

El crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii* para el estado de Coahuila es 0.312 m año⁻¹, pero los valores varían entre 0.102 m año⁻¹ y 0.488 m año⁻¹; en el estado de Nuevo León es 0.260 m año⁻¹, los valores se encuentran en el rango de 0.225 m año⁻¹ a 0.294 m año⁻¹; el valor promedio para plantaciones establecidas en el estado de Oaxaca es 0.473 m año⁻¹ a la edad de dos años y medio; para plantaciones establecidas en Rhodesia el valor medio es de 1.132 m año⁻¹ a la edad de 3 y 4 años, el valor medio reportado para sitios ubicados en Sudáfrica es 0.804 m año⁻¹, el promedio para Chile es de 0.556 m año⁻¹ y para Brasil se reporta un valor promedio de 1.015 m año⁻¹ a casi 3 años de edad.

Como comparación, el crecimiento medio anual de otras como *Pinus pinceana* es de 0.075 m año⁻¹, *Pinus cembroides* 0.118 m año⁻¹, *Abies vejarii* 0.089 m año⁻¹ y *Pinus ayacahuite* 0.380 m año⁻¹, todas a la edad de 12 años, establecidas en los mismos sitios, en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

Comparando el crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii* 0.385 m año⁻¹ a la edad de 10.83 años, con *Pinus cembroides* 0.110 m año⁻¹ a la edad de 9.83 años, ambas especies establecidas en el CAESA, en Arteaga, Coahuila, se concluye que *P.greggii* crece a una velocidad tres veces mayor, que *P. cembroides* bajo las mismas condiciones climáticas, edáficas, y geográficas.

La tendencia general del crecimiento medio anual en altura (m año⁻¹), para *Pinus greggii* en diversas plantaciones de México y otros países, es variable, ya que los valores oscilan en un rango de 0.102 m año⁻¹ en La Moneda, Coah. a 1.495 m año⁻¹ en Mtao en Rhodesia.

En sitios más húmedos como Veracruz, las procedencias de la variedad *australis* superan en un 100 % a las de la variedad *greggii* en altura total. Parece que la variedad *australis* está más adaptada para aprovechar ambientes más húmedos, en comparación con la variedad *greggii*.

IV CONCLUSIONES

La sobrevivencia temprana de *Pinus greggii* en promedio en el noreste de México puede calificarse de muy buena ya que para el estado de Coahuila es de 68.97 %, pero los valores varían entre 26.15% a 96.67%. Para el estado de Nuevo León es 68.36%. En la misma región *P. attenuradiata* mostró sobrevivencia de 83.8%, *P. pinceana* mostró un 72.2%, *P. greggii* 72.9%, *Abies vejarii* 61.11%, *P. cembroides* 84.02% y *P. ayacahuite* 76.38%, *P. hartwegii* 96.67%, *P. pseudostrobus* 81.67% y *P. arizonica* 93.33%; en otras regiones *P. greggii* mostró sobrevivencias de 96 % en Oaxaca, 70% Puebla y entre 91 y 97% para Veracruz. A nivel internacional se registra 74 a 82 % en Brasil, en Chile de 81 a 84 % y entre 84 y 93 % en Sudáfrica. Esto demuestra que también es consistente en su comportamiento con respecto a esta variable.

El crecimiento medio anual en altura de *Pinus greggii* en el noreste de México es mayor que otras especies; para el estado de Coahuila es 0.312 m año⁻¹, pero los valores varían entre 0.102 m año⁻¹ y 0.488 m año⁻¹; en el estado de Nuevo León es 0.260 m año⁻¹, los valores se encuentran en el rango de 0.225 m año⁻¹ a 0.294 m año⁻¹; en la misma región el crecimiento de *Pinus pinceana* es de 0.075 m año⁻¹, *Pinus cembroides* 0.118 m año⁻¹, *Abies vejarii* 0.089 m año⁻¹ y *Pinus ayacahuite* 0.380 m año⁻¹, *P. hartwegii* 0.187 m año⁻¹, *P. pseudostrobus* 0.147 m año⁻¹, *P. arizonica* 0.12 m año⁻¹, *P. attenuradiata* 1.30 m año⁻¹; en otras regiones *P. greggii* mostró crecimientos de 0.47 m año⁻¹ en Oaxaca, 0.99 m año⁻¹ en Puebla, 1.52 m año⁻¹ en Veracruz. A nivel internacional *P. greggii* creció 1.01 m año⁻¹ en Brasil, 0.55 m año⁻¹ en Chile, 0.81 m año⁻¹ en Sudáfrica, 1.13 m año⁻¹ en Rhodesia.

V LITERATURA CITADA

- Alba L., J., L. Mendizábal H., y A. Aparicio R. 1998. Respuesta de un ensayo de procedencia/progenie de *Pinus greggii* Engelm. En Coatepec Veracruz, México. Foresta Veracruzana 1 (1):25-28.
- Aldrete, A, J. G. Mexal, y J. López U. 2005. Provenance variation and response to chemical root pruning in *Pinus greggii* seedlings. Agrociencia 5 (39): 563 – 574.
- Arteaga. M., B. 1985. Índice de sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 181 p.
- Arteaga M., B. 1990. Factores del sitio que requieren ser considerados en la selección de especies y terrenos para plantación. In Eguluz P., T. y A. Plancarte B. (editores) Memoria: Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 101-110.
- Basulto C., F. 1994. Ensayo de adaptación de dos taxa del género *Pinus* en dos localidades de la Sierra Madre Oriental. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 84 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. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 47 p.
- Cigarrero C., C. 1994. Evaluación temprana de seis procedencias y 108 familias de *Pinus greggii* Engelm., en dos localidades del estado de México. In Monografía de *Pinus greggii* Engelm. (Musalem., M. A y G., Martínez C.) Libro técnico 9. División Forestal, INIFAP. México. 341 p.
- Contreras M., R. 2005. Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* establecido en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 58 p.
- Cornejo O., E. H, E. Bucio Z., R. Contreras M., S. Valencia M., y C. Flores L. 2005. Tasa de crecimiento relativo en altura de *Pinus greggii* Engelm., en Arteaga, Coahuila. In: Memoria: VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Chihuahua, México.

- De la Cruz F., M. A. 2010. Estudio epidométrico en una plantación de *Pinus greggii* Engelm., en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 52 p.
- Dvorak, W. S. y J. K. Donahue. 1992. CAMCORE Cooperative Research Review 1980-1992. Department of Forestry, College of Forestry Resources. North Carolina State University. Raleigh. N.C USA. 93 p. G
- Dvorak, W. S. y J. K. Donahue. 1993. Reseña de investigaciones de la cooperativa CAMCORE 1980-1992. Central América & México coniferous Resources Cooperative. Raleigh, N:C. USA. 446 p.
- Dvorak, W. S., J. E. Kietzka y J. K. Donahue. 1996. Tree-year survival y growth of provenances of *Pinus greggii* in the tropics. For. Ecol. Manag. 83: 123-131.
- Dvorak., W.S., J.E. Kietzka, J.K. Donahue, G.R. Hodge y T.K. Stanger. 2000. *In: Conservation & Testing of Tropical & Subtropical Forest. Tree Species by the CAMCORE Cooperative.* College of Natural *Pinus greggii*. Resources, NCSU. Raleigh, NC. USA. Pp: 53-73.
- Darrow., K. W. m y H. Coetzee. 1983. Potentially Valuable Mexican Pines for the Summer Rainfall Region of Southern Africa. South African Forestry Journal 124: 23-34.
- Donahue., J.K. y J. López U. 1996. Geographic variation in leaf, cone and seed morphology of *Pinus greggii* in native forests. Forest Ecology and Management 82: 145- 157.
- Donahue, J. K. y J. López U. 1999. A new variety of *Pinus greggii* (PINACEAE) in Mexico. SIDA. 18(4):1083-1093.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 623 p.
- Farjon, A, J. A. Pérez De La R. y T. Styles B. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América central. The Royal Botanic Gardens, Kew, Bélgica. 151p.

- Gómez-Tagle R., A. F. 1985. Levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ciencias. México. D.F. 135 p.
- Godínez R., J. 2005. Procedencias y progenies de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N.L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 23 p.
- Gutiérrez V., B. N. 2008. Diseño de dos huertos semilleros de *Pinus greggii* Engelm., y la vulnerabilidad a la cavitación. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 90 p.
- Hernández M., E. 1995. Prueba de progenie de *Pinus greggii* procedencia Los Lirios, en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 59 p.
- Hernández B., E. 2005. Ensayo de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N.L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 53 p.
- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2ª. Ed. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. México. 365 p.
- López C., I. 1993. Ensayo de adaptación de cinco especies regionales de pino, bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria en la Sierra La Marta, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 71 p.
- López A., J. L. 1998. Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento en altura del brote terminal en *Pinus greggii* Engelm. In Monografía de *Pinus greggii* Engelm. (Musalem., M. A y G., Martínez C.) Libro técnico 9. División Forestal, INIFAP. México. 341 p.
- 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* 4 (38): 457- 464.
- López O., L. A. 2010. Supervivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas en tres localidades de la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 79 p.

- Moreno C., A. A., 1993. Desarrollo de cinco especies de pino a ocho años de plantados bajo cuatro tratamientos a la vegetación en Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 89 p.
- Morales L., P. 2002. Supervivencia, crecimiento, arquitectura de copa y características estomáticas en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., en el CAESA, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, México. 73 p.
- Musálem, M. A. (sin fecha). Estado del conocimiento de los pinos mexicanos y recomendaciones para la investigación. Proyecto Sierra Madre III. México, 295 p.
- Nienstaedt., H. 1990. Estrategias para el mejoramiento de los recursos forestales. In Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (editores) Memoria: Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 89-100.
- Orantes G., F. R. 1980. Determinación de la calidad de estación para *Pinus hartwegii* Lindl., en Zoquiapan, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 75 p.
- Ornelas H., G. 1997. Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 59 p.
- Poynton., R. J. 1977. Report to the Southern African Regional Commission for the Conservation and Utilization of the Soil. (SARCCUS) on Tree planting in Southern Africa Vol. 1 The pines. S.A. Forestry Research Institute Department of Forestry Republic of South Africa. 568 p.
- Ramírez M., H. y E. M Zepeda B. 2004. Rendimientos maderables de especies forestales: actualidades en México. In Arteaga M. B y Musalem S., M.A (compiladores). Plantaciones Forestales, UACH (DiCiFo). Chapingo, México. pp. 169 – 179.
- 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. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 24 p.
- Rodríguez F. C. 1982. Determinación de la calidad de estación de *Pinus montezumae* Lamb., a través de análisis troncales en el C.E.F. San Juan Tetla, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 134 p.
- Salazar G., J. G., J.J. Vargas H. y J. Jasso M. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. *Madera y Bosques* 2 (5): 19-34.
- Sámano D., J. L. 1995. Sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de *Pinus* establecidas en el invierno y bajo diferentes tratamientos a la vegetación en la Sierra de Arteaga. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 84 p.
- Serrato C., J. A. 2000. Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm., en el predio los Tarihuanes, Cañón de Jamé, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 77 p.
- Vargas H., J. J. 1985. Respuesta a la sequía de cuatro especies de *Pinus* en estado de plántula. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa Forestal. Colegio de postgraduados. Montecillo, México. 94 p.
- Velasco G., M. V. 2001. Ensayo de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 86 p.
- Vela M., R. 2002. Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en una prueba de progenie de *Pinus greggii* en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 55 p.
- Woodbridge., W. & CAMCORE Staff. 2001. CAMCORE Internacional Tree Conservation and Domestication Provenance and Family Reports. Dept. of Forestry. North Carolina State University, Raleigh, N.C. USA. 446 p.

Zobel B., J. 2004. Feasibility of establishing forest plantations in the tropics of America. *In* Arteaga M. B. y Musalem S., M.A (compiladores). Plantaciones forestales, UACH (DiCiFo). Chapingo, México. 487-497.

ANEXO

Anexo 1. Origen geográfico de las procedencias de *Pinus greggii* probadas en las plantaciones del cuadro 2.

Estado	Procedencia	Coordenadas	Altitud	Referencia	Lugar de plantación
Coahuila	Los Lirios	25°21'N y 100°27' W	2,400	Serrato,2000	Tarihuanes
	Cañón de Jamé	25° 20' N y 100° 35' W		Bucio, 2005	CAESA
	Ej. Cuauhtémoc	25°17'N y 100° 55' W		Bucio, 2005	CAESA
	Pto. Los Conejos	25°28'N y 100° 34'W	2,450	Velasco, 2001	Oaxaca
	Santa Anita	25°27'Ny 100°34'W	2,500	Velasco, 2001	Oaxaca
	Pto. San Juan	25°25'N y 100°33'W	2,650	Velasco, 2001	Oaxaca
	La Colorada.	ND	ND	López, 1993	Coahuila
	El Penitente	ND	ND	Hernández, 2005	Nuevo L.
	Loma Orégano	25°22'N y 100°54'W	2,270	Camcore,2000	Sudáfrica, Chile
Coah. – N.L.	S. El Tarillal	25°26'N y 100°30'W	1,960	Camcore,2000	Sudáfrica
Coah.- N.L.	Agua Fría	ND	ND	Hernández, 2005	Nuevo L.
Nuevo León	Ej. 18 de Marzo	24°56'N y 100°10'W	2,100	Velasco, 2001	Oaxaca
	Las Placetas	24°55'N y 100°11'W	2,520	Hernández, 2005	Nuevo L.
	La Tapona	24°37'N y 100°10'W	2,090	Hernández, 2005	Nuevo L.
	C. El Potosí	24°54'N y 100°12'W	2,500	Camcore,2000	Chile
	Ojo de Agua	24°53'N y 100°13'W	2,400	Camcore,2000	Chile
Querétaro	El Madroño	21°16'N y 99°10'W	1,650	Velasco, 2001	Oaxaca
	Tres lagunas	ND	ND	Velasco, 2001	Oaxaca

Hidalgo	El Piñón	20°56'N y 99°12'W	1,830	Velasco, 2001	Oaxaca
	Laguna Atezca	20°49'N y 98°46'W	1,330	Velasco, 2001	Oaxaca
	Molango	20°49'N y 98°46'W	1,200	Velasco, 2001	Oaxaca
	Xichicoatlán	20°47'N y 98°40'W	1,700	Velasco, 2001	Oaxaca
	Com. Durango	20°46'N y 99°23'W	1,850	Velasco, 2001	Oaxaca
	Laguna Seca	21°02'N y 99°10'W	1,900	Camcore,2000	Chile
	Pemuxtita	20° 48'N y 98° 44'W	1,400	López <i>et al</i> ,2004	Puebla
	Xodhé	20° 45'N y 99°22'W	1,845	López <i>et al</i> ,2004	Puebla
Puebla	Patoltecoya	20°13'N y 98°02'W	1,415	López <i>et al</i> ,2004	Puebla
