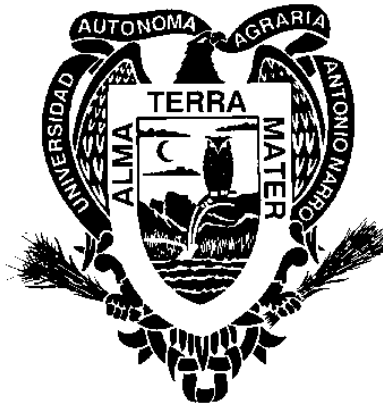


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



CRECIMIENTO DEL BROTE TERMINAL EN UN ENSAYO DE TRES
PROCEDENCIAS DE *Pinus greggii* Engelm., EN
ARTEAGA, COAHUILA

Por:
ISMAEL PLAYAS RAMOS

TESIS
Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México. Marzo, 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

CRECIMIENTO DEL BROTE TERMINAL EN UN ENSAYO DE TRES
PROCEDENCIAS DE *Pinus greggii* Engelm. EN ARTEAGA, COAHUILA

Por:


ISMAEL PLAYAS RAMOS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

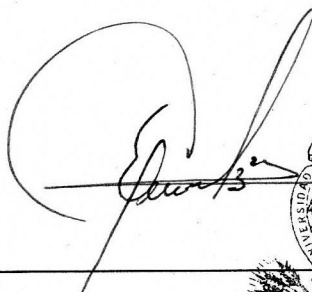
INGENIERO FORESTAL

APROBADA



Asesor principal

M.C. Salvador Valencia Manzo



Coordinador de la División de Agronomía

Dr. Mario Ernesto Vázquez Bañillo

Coordinación

División de Agronomía



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

CRECIMIENTO DEL BROTE TERMINAL EN UN ENSAYO DE TRES
PROCEDENCIAS DE *Pinus greggii* Engelm. EN ARTEAGA, COAHUILA

Por:
ISMAEL PLAYAS RAMOS

TESIS PROFESIONAL

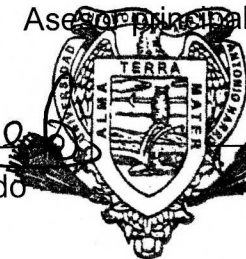
Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis como
requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO FORESTAL

APROBADA



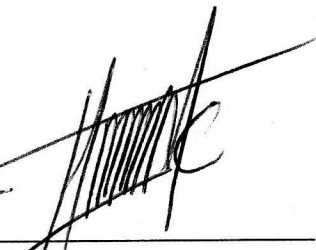
M.C. Salvador Valencia Manzo

Asesor principal



Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo

Asesor



M.C. Celestino Flores López

Asesor

DEPARTAMENTO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México. Marzo, 2010

DEDICATORIA

A mis padres:

María Eugenia Ramos Hernández (†).

Ismael Playas Rivera (†).

Con mucho respeto a la memoria de las dos personas que me dieron la vida. De todo corazón les brindo este pequeño logro, ya que sin ustedes no hubiera llegado a ser lo que como ser humano y profesional ahora soy, agradeciéndoles el haberme inculcado el deseo de perseverar, superarme y luchar por las cosas que quiero siempre e ir por el camino del bien. Gracias por su amor, gracias por ser mis padres, gracias por todo lo que me dieron en vida y lo que me siguen dando.

A mis Hermanos:

María de los Ángeles Playas Ramos.

Mario Alberto Playas Ramos.

Mis más sinceros agradecimientos por su apoyo incondicional recibido durante todo este tiempo, especialmente por darme la fuerza para seguir adelante en los momentos más difíciles que hemos pasado juntos. Para ustedes es este pequeño presente, porque saben cuánto los quiero y saben que este pequeño triunfo no es solo mío, es de los tres. Gracias por ser mis hermanos.

A mis abuelos:

Sofía Rivera Cortez .

Constantino Playas Blanco (†).

Celia Hernández Bernal.

Demetrio Ramos Hernández.

Por darme su apoyo incondicional y estar siempre al pendiente de mí, en especial para mis abuelas las cuales son parte importante de lo que hoy me han ayudado a construir. Gracias por su orientación, por su amor, por sus buenos consejos, por estar conmigo y con mis hermanos, por no dejarnos solos hoy que más los necesitamos. Asimismo un sincero agradecimiento a todos mis tíos y sus respectivas familias, por todo el apoyo incondicional brindado.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por brindarme la oportunidad de vivir, realizarme profesionalmente y como persona, permitiéndome cumplir una meta más en mi vida.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, mi *Alma Mater* por abrirme sus puertas y así darme la oportunidad de superarme y prepararme como profesionista para así ser un persona de bien para la sociedad.

AI PERSONAL DEL DEPARTAMENTO FORESTAL, por su servicio y apoyo brindado durante mi etapa de formación profesional.

AI M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO, por la oportunidad de realizar este trabajo bajo su orientación, así como por su apoyo incondicional, su buena amistad y confianza brindada hacia mi persona.

AI Dr. ELADIO E. CORNEJO OVIEDO, por su amistad y excelente colaboración con sus valiosos comentarios y observaciones que sirvieron para la mejora del contenido de este trabajo.

AI M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ, por su amistad y colaboración con sus comentarios y observaciones con el objeto de mejorar el contenido de este trabajo.

AI Sr. JULIÁN CHARLES, por su apoyo en la toma de datos de campo.

AI Ing. FELIPE N. HERNÁNDEZ SOTO, por su amistad y su apoyo en la elaboración del mapa de ubicación de este trabajo.

A mis amigos de toda la vida ARACELI Y CLAUDIA GUZMÁN, MELINA S. PACHECO, VERÓNICA DIONISIO, JUAN M. CARRASCO, ULISES VALLADARES, NAHÚM VÁZQUEZ y DIEGO O. VIGIL, por su gran amistad y apoyo brindado desde siempre, sobre todo por no dejarme solo en los momentos más difíciles y disfrutar conmigo los buenos momentos, gracias.

A mis COMPAÑEROS DE GENERACIÓN CVI, en especial a aquellos con quienes tuve la oportunidad de convivir mas y me brindaran su valioso apoyo y amistad en todo momento, ÁNGELA RAMÍREZ, MARÍA A. DE LA CRUZ, ROCÍO MARTÍNEZ, CARINA MORALES, IRIS G. SOTO, RAFAEL LOYO, DAVID HERNÁNDEZ, ISAAC RAMÍREZ, CARLOS R. PÉREZ, EMANUEL MORA, JESÚS AGUILAR, ASael DE

LEÓN Y ELMER MORALES, todos ustedes hicieron que mi estancia en la UAAAN fuera una de las mejores experiencias de mi vida, estando a mi lado tanto en las buenas como en las malas, de corazón les deseo lo mejor en todo lo que se propongan.

A todos los buenos compañeros que tuve la oportunidad conocer en mi estancia en el equipo de futbol rápido representativo de la UAAAN, en especial al Ing. JESÚS MATA MONSIVÁIS por sus valiosos consejos dentro y fuera de las canchas.

A la familia SEGOVIA MARTÍNEZ de Saltillo por su amable hospitalidad apoyo y buena amistad brindada en todos estos años de convivencia.

Y a todas las personas que me ayudaron con su amistad y orientación que de mi mente escapan en este momento.

MIL GRACIAS.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------------------------------------|
| ÍNDICE DE CUADROS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| RESUMEN | v |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Objetivos e hipótesis..... | 3 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.1. Crecimiento del brote terminal..... | 5 |
| 2.2. Factores importantes en el crecimiento de las especies forestales..... | 6 |
| 2.3. Importancia ecológica y económica del <i>Pinus greggii</i> | 7 |
| 2.4. Importancia de los ensayos de procedencias..... | 8 |
| 2.5. Ensayos de procedencia en <i>Pinus greggii</i> y estudios relacionados con el crecimiento en altura | 9 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 11 |
| 3.1. Ubicación del ensayo | 11 |
| 3.2. Descripción del área experimental | 11 |
| 3.3. Establecimiento del experimento..... | 13 |
| 3.4. Selección de las procedencias a estudiar..... | 13 |
| 3.5. Evaluación del crecimiento del brote terminal | 14 |
| 3.6. Análisis de datos | 15 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 17 |
| 4.1. Crecimiento del brote terminal durante el año | 17 |
| 4.2. Variación entre procedencias | 22 |
| 4.3. Variación dentro de procedencias | 26 |
| CONCLUSIONES..... | 333 |
| RECOMENDACIONES | 344 |

| | |
|------------------------|-----|
| LITERATURA CITADA..... | 355 |
| APÉNDICE | 399 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Localización geográfica de las procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. empleadas en el ensayo establecido en el CAESA, Arteaga. Coah. | 13 |
| Cuadro 2. Coeficientes de correlación Pearson de las variables ambientales más significativas en las procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. empleadas en el ensayo establecido en el CAESA, Arteaga. Coah. | 21 |
| Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey para el crecimiento anual en altura de tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. evaluadas en el año 2007 en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 23 |
| Cuadro 4. Valores mínimos y máximos del Coeficiente de variación encontrado para los dos años de evaluación en las tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 27 |
| Cuadro 5. Valores promedio y medidas de dispersión del crecimiento en altura en la fecha 13 de septiembre (día juliano 256), de tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 30 |
| Cuadro 6. Valores promedio y medidas de dispersión en la fecha 22 de noviembre (día juliano 327), de tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 31 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Localización del ensayo de procedencias en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) Los Lirios, Arteaga, Coah. | 12 |
| Figura 2. Semanas de evaluación durante el estudio a través del año 2007 y 2008 en una plantación experimental de <i>Pinus greggii</i> Engelm en el CAESA Arteaga, Coah. | 14 |
| Figura 3. Crecimiento en altura durante el año 2007 de tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. con sus respectivos errores estándar evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 18 |
| Figura 4. Crecimiento en altura durante el año 2008 de tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. con sus respectivos errores estándar evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 19 |
| Figura 5. Coeficiente de variación de las diferentes fechas de evaluación del año 2007 en tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 28 |
| Figura 6. Coeficiente de variación de las diferentes fechas de evaluación del año 2008 en tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah. | 29 |

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento del brote terminal a través de dos años y determinar si existen o no diferencias entre las tres procedencias de *Pinus greggii* evaluadas en el CAESA Arteaga, Coahuila.

En un ensayo de procedencias de *P. greggii* establecido en 2005 en el CAESA se evaluó de forma periódica, entre cada siete y 14 días, el crecimiento del brote terminal durante los años 2007 y 2008, en tres procedencias de la Sierra de Arteaga, Coah., las cuales fueron: Puerto Conejos, Coah., El Tarillal, N.L. y Los Lirios, Coah. Se realizaron estimaciones del crecimiento parcial y acumulado para cada fecha de evaluación. Se obtuvieron los valores promedio por procedencia y sus estadísticos de dispersión. Se realizaron análisis de varianza y cuando hubo diferencias entre procedencias se realizó la prueba Tukey de separación de medias. También se realizaron correlaciones del crecimiento parcial con variables ambientales.

Los periodos de mayor crecimiento en las tres procedencias se presentaron de junio a principios de agosto con aproximadamente un 54% del total del crecimiento en el 2007 y de finales de mayo a julio con un 72.5 % del total de crecimiento en el 2008. Las mayores tasas de crecimiento fueron entre 0.27 cm día⁻¹ y 0.28 cm día⁻¹ en mayo en 2007 y entre 0.32 cm día⁻¹ y 0.33 cm día⁻¹ en junio en 2008. Los factores ambientales que mejor se asociaron con la tasa de crecimiento en las diferentes fechas de evaluación fueron la temperatura mínima y media; promedio mensual junto con el fotoperiodo. Se encontraron diferencias estadísticas entre procedencias para el crecimiento acumulado, únicamente en ocho fechas de evaluación del año 2007. Para el resto de las fechas de evaluación de ese año y en el 2008 no se presentaron diferencias estadísticas en el crecimiento acumulado ni en el crecimiento parcial.

Palabras clave: *Pinus greggii*, ensayo de procedencias, brote terminal, crecimiento vegetativo.

1. INTRODUCCIÓN

El patrón de crecimiento en altura es el determinante primario de las diferencias en altura anual y final de los individuos (Zobel y Talbert, 1988). Las coníferas presentan un crecimiento monopódico, lo que origina un tallo principal, constituido por secciones sucesivas de formación y elongación anual; debido a la ubicación apical y la elongación anual de estas nuevas secciones se les ha denominado brote terminal o brote anual (Zavala, 1986). Lanner (1976) reconoce cuatro principales patrones de crecimiento anual en altura de las especies forestales los cuales los clasifica en crecimiento libre, crecimiento fijo, crecimiento fijo-libre y crecimiento fijo-fijo.

El inicio y la terminación del crecimiento en especies forestales es influenciado por un fenómeno fisiológico denominado letargo en el cual está asociado a fotoperiodos cortos y bajas temperaturas. El patrón general para las especies de clima templado establece que en otoño entran en quiescencia o pre-letargo debido a factores ambientales; en invierno se acentúa el letargo entrando en receso debido al ambiente interno de la yema (factores fisiológicos internos y factores genéticos). En este periodo se da una baja actividad mitótica y es cuando la planta presenta la mayor resistencia a las bajas temperaturas. A finales del invierno y principios de primavera las plantas entran de nuevo en una etapa de quiescencia post-letargo (Viveros y Vargas, 2007).

Fenómeno es toda manifestación de un hecho, y fenómenos periódicos son las manifestaciones externas que se producen en los vegetales, con algunas variaciones, año tras año y en las mismas épocas: aparición de las hojas, floración y maduración entre otros. La fenología se define como el estudio de los fenómenos periódicos que presentan los organismos vivos y su reacción con el proceso meteorológico es decir, los fenómenos periódicos que presentan las plantas y su relación con las condiciones ambientales tales como temperatura, luz, humedad, entre otros (Rathcke y Lacey, 1985).

Con el propósito de estudiar la fenología en árboles se han realizado diversos tipos de estudios. Por ejemplo, se estableció un experimento de *Pinus johannis* M. F. Robert. bajo condiciones de invernadero en el cual los objetivos fueron evaluar la fenología de esta especie en cuatro etapas: a) no emergencia, b) emergencia, c) brote de hojas cotiledonares y d) presencia de hojas primarias durante seis meses (Aguilar, 1998). De igual forma en España se estudió la fenología del crecimiento de *Pinus sylvestris* L. durante dos años consecutivos en procedencias españolas con el objetivo de identificar la más adecuada para plantaciones en la región de Aragüés del Puerto, Huesca (Alía *et al.*, 1999).

En México existen 42 especies de *Pinus* que tienen potencial para ser utilizadas en plantaciones forestales comerciales en ambientes diversos dentro de estas especies se puede encontrar al *Pinus greggii* (Salazar *et al.*, 1999), que es considerada una especie de rápido crecimiento y precoz en su floración, la mayoría de sus poblaciones se encuentran seriamente amenazadas por factores naturales y antropogénicos, provocando el aislamiento y la reducción de sus poblaciones (López *et al.*, 1993).

El área de distribución natural de *Pinus greggii* Engelm. se encuentra entre los 20°13' y los 25°29' de latitud Norte, con una discontinuidad de 360 km en la parte central. Las poblaciones del norte se conocen como *P. greggii* var. *greggii* y las del sur como *P. greggii* Engelm. var. *australis* Donahue y López. El intervalo altitudinal de la especie es de 1,400 a 2,613 msnm. Las poblaciones del sur se encuentran a menor elevación, con mayor temperatura media y precipitación anual ($\pm 1,720$ m, $\pm 17.5^\circ\text{C}$ y $\pm 1,370$ mm) que las poblaciones de la región norte ($\pm 2,450$ m, $\pm 13^\circ\text{C}$ y ± 640 mm) por lo tanto, se puede afirmar que el intercambio genético entre las dos regiones es muy difícil debido a la separación entre ellas de aproximadamente 360 km (Ramírez *et al.*, 2005).

Al llevar a cabo plantaciones es necesario conocer los orígenes o procedencias adecuadas para cada sitio y es donde los ensayos de procedencias

entran como el procedimiento experimental más empleado para comparar la respuesta y la productividad de la semilla que proviene de diferentes poblaciones en sitios ambientales diferentes previamente caracterizados (Zobel y Talbert, 1988). Para determinar la procedencia más adecuada a un sitio se establecen los ensayos de procedencias que constituyen una herramienta valiosa para el silvicultor y el mejorador de árboles (Plancarte, 1990).

Ornelas (1997) a su vez evaluó un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* llevado a cabo en el CAESA Arteaga, Coah., donde estudio tres procedencias, Cañón de Jamé, Los Lirios estas dos originarias de la Sierra de Arteaga y la última del Ejido Cuauhtémoc de Saltillo, Coah. En 1997 se establecieron dos ensayos de procedencias de *Pinus greggii* una en la localidad Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca y otra en Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán, ambas de la región Mixteca Alta Oaxaqueña, a la edad de 2.5 años se evaluaron diferentes variables entre ellas la altura y el incremento en altura (Velasco, 2001). También se ha estudiado la tasa de crecimiento relativo en *Pinus greggii* en diferentes fases, a uno, dos y 12.6 años con tres procedencias esto con el objeto de identificar la posible existencia de diferencias entre procedencias (Cornejo *et al.*, 2005).

En ensayos de *Pinus greggii* llevados a cabo fuera del país, como en Brasil, Sudáfrica y Colombia con procedencias de la var. *greggii*, se ha identificado la capacidad de la especie para adaptarse a otras latitudes (Dvorak *et al.*, 1996).

1.1. Objetivos e hipótesis

Los objetivos del presente estudio fueron:

- a) Evaluar el crecimiento en altura a través de dos años en un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii*, plantadas en el Campo Agrícola Experimental Sierra Arteaga (CAESA) Arteaga, Coah.
- b) Evaluar si existen o no diferencias en el crecimiento en altura entre las tres procedencias de *Pinus greggii* evaluadas en el CAESA Arteaga, Coah.

Para el primer objetivo se tiene la hipótesis:

Ho: La tasa de crecimiento es constante a través del año en las distintas procedencias de *Pinus greggii* evaluadas en el CAESA Arteaga, Coah.

Ha: La tasa de crecimiento es diferente a través del año en las distintas procedencias de *Pinus greggii* evaluadas en el CAESA Arteaga, Coah.

Para el segundo objetivo se tiene la hipótesis:

Ho: No existen diferencias en crecimiento en altura entre las distintas procedencias de *Pinus greggii* evaluadas en el CAESA Arteaga, Coah.

Ha: Existen diferencias en crecimiento en altura al menos en una de las procedencias de *Pinus greggii* evaluadas en el CAESA Arteaga, Coah.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Crecimiento del brote terminal

El patrón de crecimiento en altura es el determinante primario de las diferencias en altura anual y final de los individuos (Zobel y Talbert, 1988). Las coníferas presentan un crecimiento monopódico, lo que origina un tallo principal, constituido por secciones sucesivas de formación y elongación anual; debido a la ubicación apical y la elongación anual de estas nuevas secciones se les ha denominado brote terminal o brote anual (Zavala, 1986).

Lanner (1976) reconoce cuatro principales patrones de crecimiento en altura de las especies forestales, éstos son los siguientes:

- a) Crecimiento libre. En este tipo de crecimiento la plántula forma y elonga todas las células que le permiten todas las condiciones locales. Es por lo tanto un crecimiento indeterminado cuya inhibición es consecuencia del ambiente y poca importancia tiene el genotipo de la planta, aunque puede existir variación genética en cuanto a la respuesta del meristemo apical aun factor ambiental particular.
- b) Crecimiento fijo. El crecimiento resultante de la elongación de las unidades, comúnmente se presenta en especies perennes de zonas templadas con invierno riguroso.
- c) Crecimiento fijo-libre. Es una combinación de los tipos de crecimiento anteriores, donde la forma de crecimiento libre es siempre posterior al crecimiento fijo. Es común en especies forestales, tropicales y subtropicales, como algunos pinos mexicanos y centroamericanos, en los que cada año se elongan varios ciclos sucesivos, formados en yemas no invernales.
- d) Crecimiento fijo-fijo. Este tipo de crecimiento es menos frecuente y ocurre generalmente en condiciones de estrés o como respuesta de la planta a este. El crecimiento libre en árboles más allá del estado de plántula, se relaciona con los climas templados.

2.2. Factores importantes en el crecimiento de las especies forestales

Un factor importante en el crecimiento de las plantas y árboles es la fenología la cual se define como el estudio de los fenómenos periódicos que presentan los organismos vivos y su reacción con el proceso meteorológico. La fenología agrícola en este caso se refiere a los fenómenos periódicos que presentan las plantas y su relación con las condiciones ambientales tales como temperatura, luz, humedad, entre otros. Fenómeno es toda manifestación de un hecho, y fenómenos periódicos son las manifestaciones externas que se producen en los vegetales, con algunas variaciones, año tras año y en las mismas épocas: aparición de las hojas, floración y maduración (Rathcke y Lacey, 1985).

Con el propósito de estudiar la fenología en árboles se han realizado diversos tipos de estudios. Por ejemplo, se estableció un experimento de *Pinus johannis* M. F. Robert. bajo condiciones de invernadero en el cual los objetivos fueron evaluar la fenología de esta especie en cuatro etapas: a) no emergencia, b) emergencia, c) brote de hojas cotiledonares y d) presencia de hojas primarias durante seis meses, las semillas estuvieron en estado de no emergencia entre 10 a 12 días después de la siembra; la etapa de emergencia inició entre los 11 y 13; días, el brote de las hojas cotiledonares se presentó entre los 14 y 16 días; y en el brote de hojas primarias se aprecia tiempos similares para la mayoría de las familias, que inició a los 24 días. (Aguilar, 1998). De igual forma en España se estudió la fenología del crecimiento de *Pinus sylvestris*, en un ensayo de procedencias alemanas y españolas, durante dos años consecutivos en procedencias españolas con el objetivo de identificar la más adecuada para plantaciones en la región de Aragüés del Puerto Huesca, donde existen diferencias significativas entre procedencias en la tasa de crecimiento diario y el crecimiento anual. Las diferencias entre las procedencias se relacionan con el fitoclima de origen. Procedencias próximas geográficamente con fitoclimas distintos presentan comportamientos claramente diferenciados. Estos resultados abogan por el papel del clima en la adaptación de la especie en España (Alía *et al.*, 1999).

2.3. Importancia ecológica y económica del *Pinus greggii*

En México existen 42 especies de *Pinus* que tienen potencial para ser utilizadas en plantaciones forestales comerciales en ambientes diversos dentro de estas especies se puede encontrar al *Pinus greggii* (Salazar *et al.*, 1999), que es considerada una especie de rápido crecimiento y precoz en su floración, la mayoría de sus poblaciones se encuentran seriamente amenazadas por factores naturales y antropogénicos, provocando el aislamiento y la reducción de sus poblaciones (López *et al.*, 1993).

Esta especie es endémica de México, es de alta plasticidad y empleada recientemente en plantaciones y reforestaciones debido a su rápido crecimiento y buena adaptación a diversos ambientes. Se han encontrado diferencias en crecimiento en diámetros de 3.7 cm y alturas de 1.8 m a los 18 meses de plantación (López *et al.*, 1999). Debido al problema del deterioro de los suelos es importante el establecimiento de plantaciones forestales de esta especie con fines de conservación de suelos erosionados y de la cubierta vegetal ya que esta es una de las demandas más importantes del norte de México (Jiménez, 2005).

El área de distribución natural de *Pinus greggii* se encuentra entre los 20°13' y los 25°29' de latitud Norte, con una discontinuidad de 360 km en la parte central. Las poblaciones del norte se conocen como *P. greggii* var. *greggii* y las del sur como *P. greggii* var. *australis*. El intervalo altitudinal de la especie es de 1,400 a 2,613 msnm. Las poblaciones del sur se encuentran a menor elevación, con mayor temperatura media y precipitación anual ($\pm 1,720$ m, $\pm 17.5^\circ\text{C}$ y $\pm 1,370$ mm) que las poblaciones de la región norte ($\pm 2,450$ m, $\pm 13^\circ\text{C}$ y ± 640 mm). En general las poblaciones en los extremos de la distribución natural presentan menor tamaño y menor densidad de arbolado maduro y regeneración. Las poblaciones del sector norte se encuentran más cercanas entre sí, pues con excepción de las distancias entre La Taponá y Las Placetas (22 km) y entre El Penitente y Jamé (26 km), ninguna sobrepasa 5 km, a diferencia de las poblaciones de la parte sur del país que se localizan a distancias

que varían generalmente de 15 a 40 km y solo tres ubicadas en los municipios de Molango y Xochicoatlán están separadas entre sí por menos de 15 km, dentro de cada región el aislamiento y la presencia de barreras orográficas deben dificultar el libre intercambio de polen, reduciendo la posibilidad del cruzamiento natural entre los rodales separados especialmente en la variedad *australis*, y por lo tanto se puede afirmar que el intercambio genético entre las dos regiones es muy difícil debido a la separación entre ellas que es de aproximadamente 360 km (Ramírez *et al.*, 2005).

Parraguirre *et al.* (2002) realizó un estudio donde evaluó las dos variedades encontrando amplia diversidad genética en la especie, pero esa diversidad es relativamente baja a nivel de poblaciones, con una proporción elevada de alelos raros (47%) y alelos privados (23%) en ellas. Aunque se encontró una alta diferenciación genética entre las poblaciones, esta diferenciación no estuvo asociada a las regiones geográficas.

2.4. Importancia de los ensayos de procedencias

Al llevar a cabo plantaciones es necesario conocer los orígenes o procedencias adecuadas para cada sitio y es donde los ensayos de procedencias entran como el procedimiento experimental más empleado para comparar la respuesta y la productividad de la semilla que proviene de diferentes poblaciones en sitios ambientales diferentes previamente caracterizados. Estos ensayos 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). Para determinar la procedencia más adecuada a un sitio se establecen los ensayos de procedencias que constituyen una herramienta valiosa para el silvicultor y el mejorador de árboles, ya sean con fines de incrementar la producción de madera, para protección de

suelos o para la incorporación de tierras improductivas a la producción (Plancarte, 1990).

2.5. Ensayos de procedencia en *Pinus greggii* y estudios relacionados con el crecimiento en altura

En un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* llevado a cabo en el CAESA Arteaga, Coah., donde se estudio tres procedencias, Cañón de Jamé, Los Lirios estas dos originarias de la Sierra de Arteaga y la última del Ejido Cuauhtémoc de Saltillo, Coah. se evaluaron variables como la altura e incremento total en altura, en la variable altura se encontraron diferencias significativas, siendo superior la procedencia del Cañón de Jame, en cuanto al incremento total en altura no se encontraron diferencias significativas entre las procedencias (Ornelas, 1997). En 1997 se establecieron dos ensayos de procedencias de *P. greggii* una en la localidad Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca y otra en Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán, ambas de la región Mixteca Alta Oaxaqueña, a la edad de 2.5 años se evaluaron diferentes variables entre ellas la altura y el incremento en altura en la cual se encontró que a 2.5 años de la plantación, las medias generales del crecimiento e incremento en altura fueron estadísticamente diferentes entre localidades (Valencia, 2006). También se ha estudiado la tasa de crecimiento relativo en *Pinus greggii* en diferentes fases, a uno, dos y 12.6 años con tres procedencias esto con el objeto de identificar la posible existencia de diferencias entre procedencias y en la cual se encontraron diferencias altamente significativas en cuanto al crecimiento relativo en altura (Cornejo *et al.*, 2005).

En cuanto a ensayos realizados dentro del país en Montecillo Méx, se realizó un estudio de invernadero en poblaciones de las dos variedades donde se evaluó la variación morfológica e influencia del pH del agua de riego, en donde se confirma la separación de los dos grupos, las procedencias del norte contra y las procedencias del sur encontrándose diferencias altamente significativas entre una variedad y otra (López *et al.*, 1999). También en Huauchinango, Pué. se evaluaron las dos variedades taxonómicas de *Pinus greggii* donde la variedad *australis* se manifestó

como la mejor en las diferentes variables evaluadas entre ellas la altura, lo que refuerza la clara subdivisión taxonómica de la especie en estas dos variedades (López *et al.*, 2004).

En ensayos de *Pinus greggii* llevados a cabo fuera del país, países como Brasil, Sudáfrica y Colombia con procedencias de la var. *greggii*, se ha identificado la capacidad de la especie para adaptarse a otras latitudes (Dvorak *et al.*, 1996).

En un periodo de dos años, se registró y estudió el ritmo y la velocidad de crecimiento de la yema apical en cuatro especies de *Pinus*, *P. ayacahuite*, *P. pseudostrobus*, *P. ponderosa*, y *P. lambertiana* las dos primeras procedentes del Ejido La Encantada, Zaragoza N.L. y las dos últimas procedentes de Oregón U.S.A., el ensayo se ubico en la Sierra de Arteaga, donde se encontraron diferencias significativas en cuanto a las variables evaluadas, destacando las dos especies originarias del Ejido La Encantada, Zaragoza N.L. (Chávez, 1996).

En el centro del país también se han realizado ensayos de procedencias, en un estudio realizado en Texcoco Edo. de Mex. se evaluó durante dos años el crecimiento en *Pinus patula* Schl. *et* Cham. Al final del estudio (1992) se encontraron crecimientos durante más de 300 días, de finales del mes de febrero a finales del mes de diciembre (Gómez, 1993).

En España se realizó un estudio en *Pinus sylvestris* L. donde durante dos años se evaluaron características fenológicas como el crecimiento en altura de procedencias mediterráneas y alemanas encontrándose que existen diferencias significativas en las procedencias en las tasas de crecimiento anual (Alía *et al.*, 1999).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del ensayo

El ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* se localiza en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la UAAAN, en Los Lirios, Arteaga, Coah., ubicado a aproximadamente 45 km de la ciudad de Saltillo, Coah., entre los 25° 23' a 25° 24' de latitud norte y entre los 100° 36' a 100° 37' de longitud oeste, a una altitud de 2280 msnm (INEGI, 2000) (Figura 1).

3.2. Descripción del área experimental

El ensayo se encuentra dentro de la región hidrológica Bravo-Conchos (RH24) y la cuenca hidrológica Río Bravo-San Juan (24B) (SPP, 1983).

La geología del área está constituida por rocas de origen sedimentario, con depósitos de aluvión (CETENAL, 1976). En el área los suelos predominantes son los feozem calcáricos y en menor cantidad las rendzinas, con una textura fina que se encuentra en fase petrocálcica. La hidrología del área es caracterizada por la presencia de arroyos intermitentes, los cuales nacen en la parte alta de la Sierra Rancho Nuevo (CETENAL, 1977).

La estación meteorológica más cercana al área de estudio es la de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., que se ubica aproximadamente a 12 km del CAESA. Para esta estación se reporta una temperatura media anual de 13.6° C y una precipitación promedio anual de 521.2 mm. Los meses de mayor precipitación son de abril a septiembre y los de nula presencia de precipitación son de diciembre a febrero (CONAGUA, 2000). Se presenta la fórmula climática del área de estudio $Cb(x')(wo)(e)g$ que corresponde a un clima templado con verano fresco y largo (García, 1987). El área de la plantación se ubica en un área de pastizal y a menor altitud se aprecia un valle inter montano el cual se orienta al cultivo de la papa, el maíz, frijol, manzana y durazno, la vegetación presente en la parte más alta de la sierra consiste en un bosque de *Pinus cembroides* Zucc. (DETENAL, 1979).

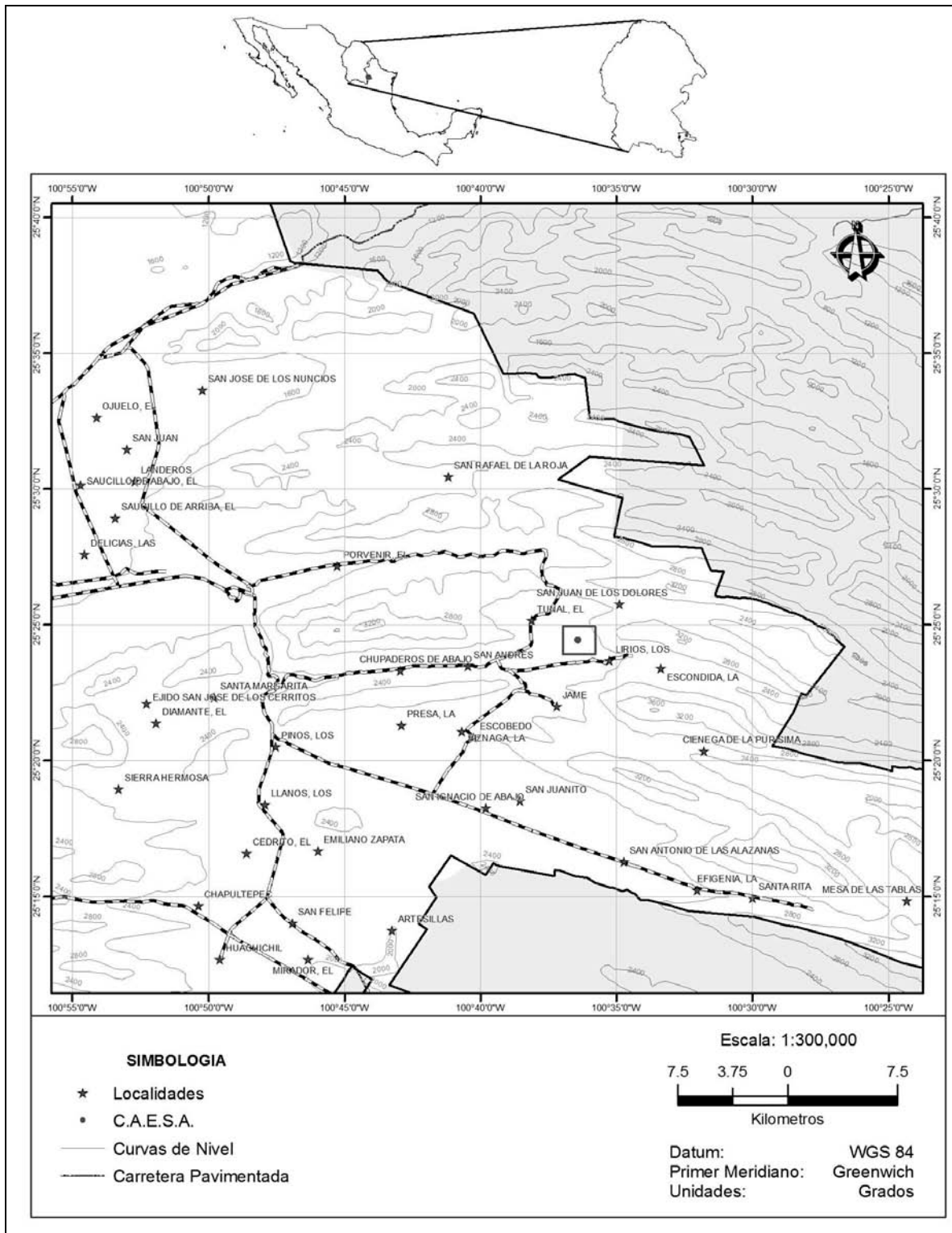


Figura 1. Localización del ensayo de procedencias en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) Los Lirios, Arteaga, Coah.

3.3. Establecimiento del experimento

Este ensayo forma parte de un grupo de plantaciones experimentales que tiene el Departamento Forestal en el CAESA y en la Sierra de Arteaga. 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.

La plantación se realizó en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco procedencias de la Sierra de Arteaga: Puerto Conejos, Santa Anita, Jamé y Los Lirios del estado de Coahuila y El Tarillal del estado de Nuevo León distribuidas en 13 bloques. En cada procedencia se usaron siete familias y se emplearon dos plantas en cada una de las parcelas a nivel familia.

3.4. Selección de las procedencias a estudiar

Para este estudio sólo se evaluaron tres procedencias (Cuadro 1). El criterio de evaluar solo tres procedencias es que se eligieron las más contrastantes en cuanto a crecimientos en altura de acuerdo con una evaluación previa realizada en el ensayo en diciembre de 2006, antes comenzar con este estudio. Las procedencias empleadas son Puerto Conejos, El Tarillal y Los Lirios.

Cuadro 1. Localización geográfica de las procedencias de *Pinus greggii* Engelm. empleadas en el ensayo establecido en el CAESA, Arteaga. Coah.

| Procedencia | Localización Geográfica | | Altitud (msnm) |
|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------|
| | Latitud Norte | Longitud Oeste | |
| Puerto Conejos, Coah. | 25° 29' 09" | 100° 34' 54" | 2500 |
| El Tarillal, N. León. | 25° 26' 10" | 100° 29' 15" | 2500 |
| Los Lirios, Coah. | 25° 22' 27" | 100° 30' 28" | 2600 |

Fuente: Curiel, 2005.

3.5. Evaluación del crecimiento del brote terminal

Para la obtención de los crecimientos en altura en cada una de las plantas seleccionadas se marco con pintura diluida en agua, el día 3 de marzo de 2007, éste se realizó en la base del tallo de las plantas la cual fue tomada como la medida cero y a partir de ella se comenzó con el registro de datos de campo con diferencias entre cada medida de una a dos semanas hasta el día 13 de septiembre de 2009 fecha de la última medición de ese año. Para el año 2008 se marcaron las plantas el día 26 de enero el cual fue realizado en la parte superior de la yema de crecimiento en la planta, que fue tomada como la medida cero de la cual a partir de este se realizó la medida semanalmente con lapsos no mayores a dos semanas entre una y otra medición hasta el último registro de datos de campo realizado el día 22 de noviembre de 2008. Las lecturas se tomaron en días julianos, los cuales se definen como una cuenta continua de días a partir de un periodo u origen inicial (Wikipedia, 2010), para este estudio los periodos iniciales fueron a partir del 1 de enero, día juliano 1 hasta el 31 de diciembre día juliano 365 y 366, en el año 2007 y 2008, respectivamente.

Para realización de las mediciones se utilizó una regla graduada en cm, con aproximación al mm, obteniendo incrementos en mm, resultado de las mediciones que se hicieron semanalmente o con lapsos no mayores a dos semanas (Figura 2).

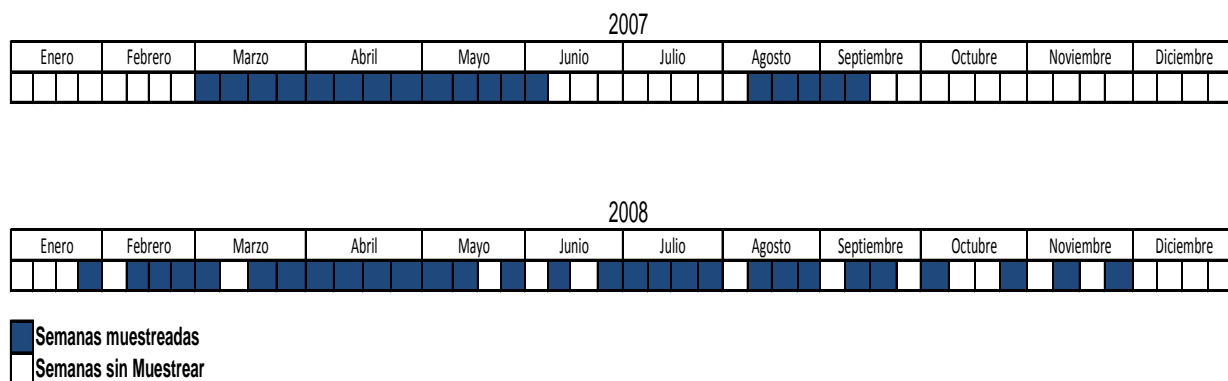


Figura 2. Semanas de evaluación durante el estudio a través del año 2007 y 2008 en una plantación experimental de *Pinus greggii* Engelm en el CAESA Arteaga, Coah.

3.6. Análisis de datos

Se elaboró una base de datos en el programa de Excel con la información de campo. Los incrementos acumulados se obtuvieron sumando las diferencias desde la medida cero hasta la última medición realizada. Los incrementos parciales son la diferencia en cm entre un incremento respecto con la medición anterior o siguiente, así con esto se pudo observar el crecimiento de las plantas de una medición a la siguiente.

El programa Sigma Plot (versión 10.0) se utilizó para realizar las gráficas. Y en el programa de SAS (versión 9.1) se realizaron análisis estadísticos para obtener la media y medidas de dispersión como la varianza, valores mínimos, máximos, coeficiente de variación y error estándar de los incrementos parciales y acumulados.

También se realizaron para cada procedencia correlaciones simples (correlaciones de Pearson) entre el crecimiento (parcial y acumulado) y las variables ambientales: temperatura mínima, máxima, media, precipitación y fotoperiodo. Debido a que los valores de temperatura y precipitación obtenidos de la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas para los años 2007 y 2008 se reportan como promedio para cada mes. Fue necesario obtener los crecimientos acumulados y parciales lo más cercano a cada mes, para hacer las correlaciones. En el caso del fotoperiodo el valor de cada mes que se usó fue el correspondiente a un día intermedio de cada mes, para la latitud del CAESA.

Así mismo se realizaron análisis de varianza para determinar si existían o no diferencias estadísticas entre las procedencias en cada fecha de evaluación. En aquellos tratamientos que presentaron diferencias estadísticamente significativas en el ANVA, se realizó la comparación de medias por el procedimiento de Tukey.

Los análisis de varianza se realizaron usando el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

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

μ = Valor del efecto presente respecto a la media general.

P_i = Efecto de la i-ésima procedencia.

B_j = Efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto de la interacción entre la i-ésima procedencia y el j-ésimo bloque (error experimental considerado).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Crecimiento del brote terminal durante el año

La elongación del brote terminal en el año 2007 (Figura 3) comenzó su crecimiento alrededor del 15 de abril (día juliano 105) en las tres procedencias. Al inicio del crecimiento (día juliano 96) se puede apreciar, que la procedencia Puerto Conejos tiene mayor crecimiento, seguida de Los Lirios, mientras que El Tarillal tiene el menor crecimiento. Al final del período de evaluación (día juliano 256) la procedencia El Tarillal se sitúa sobre las demás procedencias, con el mayor crecimiento, por encima de Los Lirios y Puerto Conejos. Los registros muestran que hasta el 13 septiembre seguía creciendo, lo que corresponde a un período de 131 días. Sin embargo, durante el año 2007 no se continuó la evaluación después de septiembre, por lo que no se tiene certeza del tiempo preciso de la finalización en ese año.

Mientras que para el crecimiento anual de las tres procedencias para el año 2008 (Figura 4) se observa como el brote terminal comienza su crecimiento alrededor del 5 de abril (día juliano 96) en las tres procedencias. El inicio del crecimiento en las tres procedencias es casi igual por lo cual no se observa una procedencia que destaque respecto de las otras. Al inicio del crecimiento (día juliano 96) la procedencia de Los Lirios tiene mayor crecimiento seguido de El Tarillal mientras que Puerto Conejos se puede apreciar por debajo de las dos anteriores con el menor crecimiento. Al final del periodo de evaluación 22 de noviembre (día juliano 327) la procedencia el Tarillal se sitúa sobre las demás procedencias, con el mayor crecimiento, por encima de Puerto Conejos y Los Lirios, debido a que El Tarillal presentó mayor tasa de crecimiento (mayor pendiente). Para este año se tiene la certeza que las procedencias dejaron de crecer hasta el día 25 de octubre (día juliano 299) lo que corresponde a un periodo de crecimiento de 203 días de crecimiento.

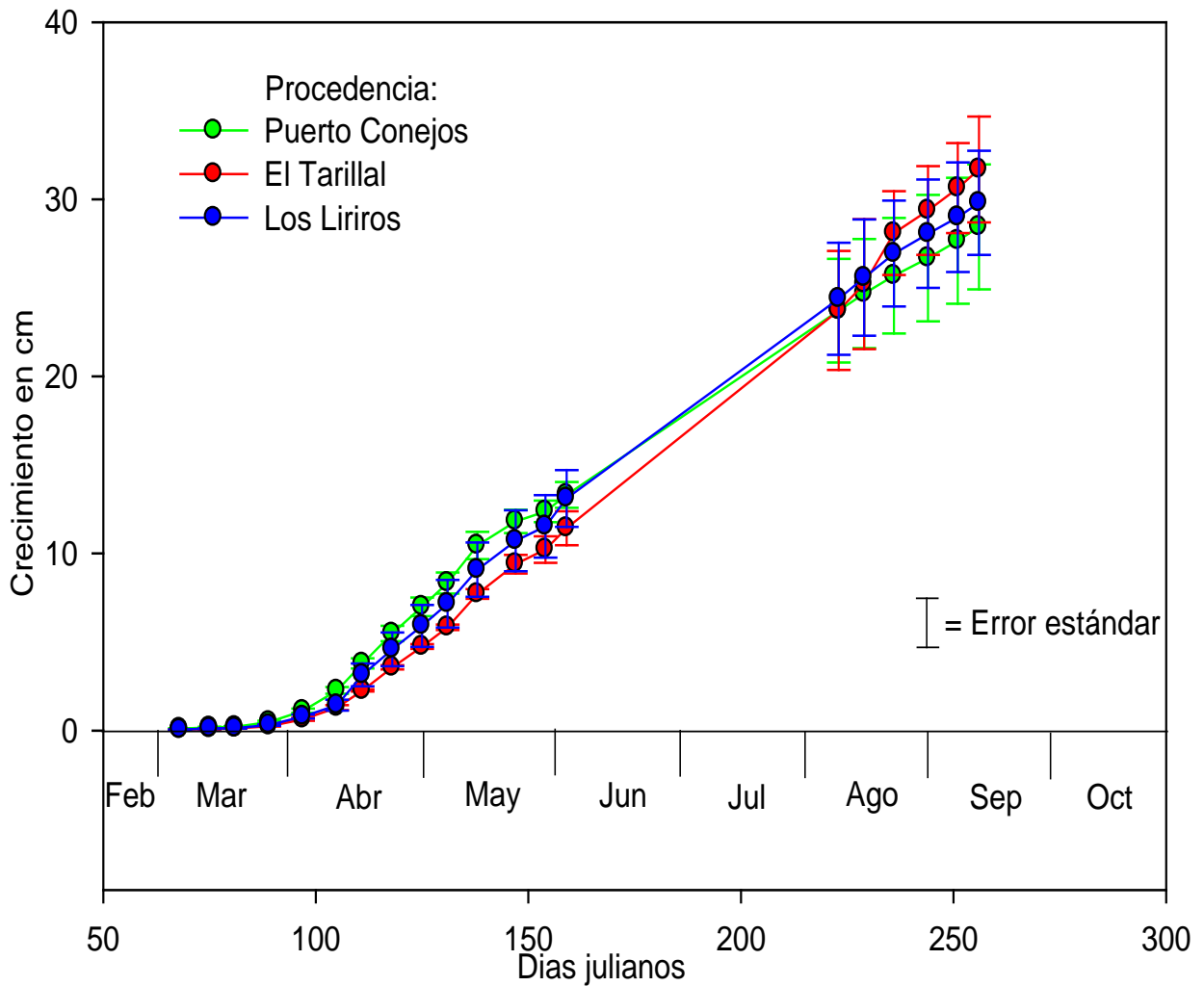


Figura 3. Crecimiento en altura durante el año 2007 de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. con sus respectivos errores estándar evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

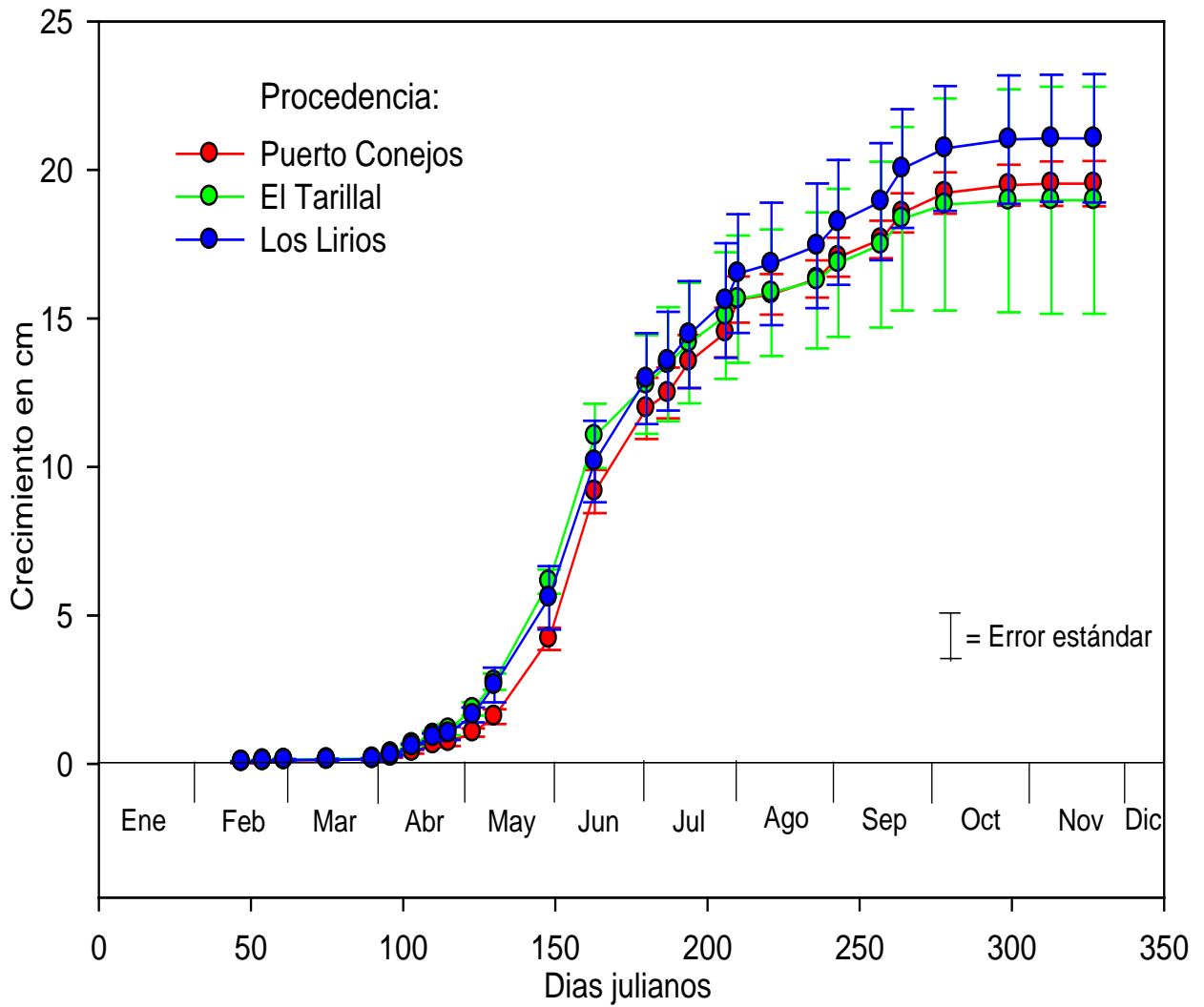


Figura 4. Crecimiento en altura durante el año 2008 de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. con sus respectivos errores estándar evaluadas en una plantación experimental en el CASA, Arteaga, Coah.

En el año 2007 las mayores tasas de crecimiento en las tres procedencias se presentaron en los meses de junio, julio y principios de agosto con aproximadamente un 54% del total del crecimiento de todo el año. Para el año 2008 la mayor tasa de crecimiento se presentó a partir de la tercer semana del mes de mayo y los meses de junio y julio con un 72.5 % del total de crecimiento de ese año, con las mayores tasas de crecimiento entre 0.27 cm día⁻¹ y 0.28 cm día⁻¹ en mayo en el año 2007 y entre 0.32 cm día⁻¹ y 0.33 cm día⁻¹ en junio en 2008. Mientras que las menores tasas de crecimiento registradas se presentan en febrero y octubre con valores alrededor de 0.01 y 0.03 cm día⁻¹, para el año 2008 que fue el año en el que se tuvo un mejor registro (Figuras 3 y 4) (Apéndice 3 y 4).

Los factores ambientales que mejor se asociaron con la tasa de crecimiento entre las diferentes fechas de evaluación fueron las temperaturas mínima y media del promedio mensual y el fotoperiodo de un día intermedio de cada mes, con valores de correlación positiva entre 0.48 y 0.84 cuando se emplean datos por separado para cada año (Cuadro 2). Puede notarse que la temperatura mínima del promedio mensual tiene los mayores valores de correlación cuando se emplean los datos del año 2007. Sin embargo, en el año 2008 el fotoperiodo tiene valores de correlación ligeramente superiores.

Estas correlaciones muestran que al incrementarse el valor de la temperatura mínima y la cantidad de horas luz, aumenta la tasa de crecimiento, encontrando los mayores valores a mediados del año, y a medida que disminuye la temperatura y el fotoperiodo también lo hace la tasa de crecimiento. Esta misma situación la describe Hocker (1984) para diversas especies, denotando que la temperatura y el fotoperiodo son determinantes para que las yemas invernales inicien y terminen su latencia. Y podría pensarse que también tiene fuerte influencia sobre la tasa de crecimiento, dado que la cantidad de horas luz es mayor en el verano y menor en el invierno.

Cuadro 2. Correlación de Pearson entre tasa de crecimiento y la temperatura media mensual (TMeM), la temperatura mínima mensual (TMiM) y el fotoperiodo (FOT) variables ambientales para tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecidas en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Tasa de crecimiento / Procedencia | Variables ambientales en los años 2007 y 2008 | | | | | |
|--------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 2007 | | | 2008 | | |
| | TMeM | TMiM | FOT | TMeM | TMiM | FOT |
| Puerto Conejos | 0.70 | 0.84 | 0.63 | 0.53 | 0.64 | 0.64 |
| | 0.054 | 0.008 | 0.096 | 0.089 | 0.035 | 0.0260 |
| | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 12 |
| El Tarillal | 0.64 | 0.79 | 0.48 | 0.59 | 0.68 | 0.69 |
| | 0.089 | 0.008 | 0.225 | 0.054 | 0.019 | 0.013 |
| | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 12 |
| Los Lirios | 0.65 | 0.81 | 0.56 | 0.61 | 0.69 | 0.73 |
| | 0.077 | 0.013 | 0.147 | 0.045 | 0.018 | 0.006 |
| | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 12 |

^a Valor de correlación de Pearson. ^b Probabilidad de $\alpha = 0.05$ ^c n=número de pares de valores empleados para la correlación

En el presente estudio se encontró que el crecimiento tuvo una duración aproximada de 200 días en las tres procedencias evaluadas de *Pinus greggii*. Si solamente se considera el periodo entre el momento que tiene el 10 y el 90 % del crecimiento total, entonces se tendrían 145 y 197 días para el año 2007 y 2008, respectivamente. Esto es notoriamente diferente con lo reportado para *P. patula* en Texcoco, Mex., donde se registró crecimiento durante más de 300 días, desde finales del mes de febrero hasta finales del mes de diciembre (Gómez, 1993) y con lo reportado para *P. sylvestris* en Aragüés del Puerto, Huesca, España, donde se registró únicamente un crecimiento de 41 días, desde marzo hasta finales de junio, pero en dicho caso es el período entre el momento que tiene el 10 % y el 90 % del crecimiento total del año (Alía *et al.*, 1999).

Puede notarse que se trata de tres especies diferentes, las cuales crecen en latitudes diferentes. Las procedencias reportadas de *P. sylvestris* son nativas de Europa y la plantación donde se evaluó es una latitud alrededor de los 42° Norte (Alía *et al.*, 1999). Las precedencias de *P. greggii* var. *greggii* evaluadas en el presente estudio, así como el lugar donde se evaluó la plantación se encuentran en

una latitud alrededor de los 25° Norte (INEGI, 2000). Mientras que la plantación de *P. patula* que se evaluó en Texcoco se encuentra alrededor de los 19° Norte (Gómez, 1993).

Por lo que, la latitud es un factor que podría explicar en parte el resultado del número de días de crecimiento durante el año, ya que afecta a la temperatura y el fotoperiodo. A su vez estos dos factores tienen influencia directa en el inicio y terminación de la latencia, así como en el crecimiento de las plantas (Hocker, 1984). A menor latitud, es decir más cercanía al Ecuador, las temperaturas mínimas son menos restrictivas para el crecimiento de las plantas, mientras que en latitudes mayores, las temperaturas mínimas se presentan como un factor limitante para el crecimiento, ya que éstas presentan más pronto al inicio del invierno o finales del otoño y más tardíamente a finales del invierno e inicios de la primavera (Torres, 1995). Mientras que el fotoperiodo tiene mayor oscilación en latitudes mayores, de manera que en el invierno son pocas horas luz y en el verano son muchas, comparadas con latitudes menores (Torres, 1997). Así existen especies de árboles que prácticamente no dejan de crecer durante todo el año, un ejemplo son los árboles tropicales ya que sus ciclos de crecimiento rítmicos pueden ser anuales, bianuales o irregulares (Tomlinson y Longman, 1983).

Esto hace entendible que las plantaciones forestales comerciales de rápido crecimiento que se realizan en el mundo se encuentran en muchos de los casos en los trópicos, con tasas de crecimiento muy elevadas, por ejemplo en coníferas se reportan hasta de 25 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en Brasil y hasta 40 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en latifoliadas en Indonesia (Dvorak y Hodge, 1998).

4.2. Variación entre procedencias

Para el año 2007 los análisis de varianza mostraron que existen diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre las tres procedencias evaluadas para ocho fechas de evaluación (días julianos 89, 97, 105, 111, 118, 125, 131 y 138) (Apéndice 5).

Mientras que para el año 2008 no se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre las tres procedencias en ninguna de las fechas evaluadas.

Es probable que el no encontrar diferencias se deba al alto valor del error estándar (Figuras 3 y 4) lo cual se ve reflejado en el alto coeficiente de variación de los análisis de varianza de cada fecha, los cuales presentaron valores superiores al 30 %.

De los resultados obtenidos se puede observar que la procedencia de Puerto Conejos se mantiene como la procedencia con valores superiores respecto a por lo menos una de las otras dos procedencias evaluadas. Las procedencias El Tarillal y Los Lirios cambian de posición en las diferentes fechas, por ejemplo, en el día juliano 89 El Tarillal es la procedencia con menor crecimiento, mientras que en el día juliano 111 esta misma procedencia es la de crecimiento intermedio y Los Lirios es la de menor crecimiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey para el crecimiento anual en altura de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en el año 2007 en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Procedencia | Fechas de evaluación en días julianos | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 89 | 105 | 111 | 118 | 125 | 131 | 138 | 147 |
| | Media | Media | Media | Media | Media | Media | Media | Media |
| Pto Conejos | 0.48 a | 2.27 a | 3.79 a | 5.48 a | 6.99 a | 8.33 a | 10.45 a | 11.81 a |
| El Tarillal | 0.25 b | 1.29 b | 2.30 b | 3.60 b | 4.75 ab | 5.86 b | 7.73 b | 9.47 b |
| Los Lirios | 0.31ab | 1.44 b | 3.10 c | 4.53 ab | 5.91 b | 7.06 ab | 8.92 b | 10.50 b |

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p=0.05$) de acuerdo con la Prueba Tukey

Para el año 2008 no se presenta un cuadro de separación de medias, debido a que no se encontraron diferencias significativas en los análisis de varianza, como se mencionó anteriormente.

En el crecimiento de la procedencia local (Los Lirios) para el año 2007 se observó que no sobresalió en ningún momento por arriba de las otras dos procedencias evaluadas (Puerto Conejos y El Tarillal) ya que en las fechas en que se presentaron diferencias estadísticas en algunos casos fue igual que El Tarillal (días julianos 89, 118 y 131), en otros fue inferior al Tarillal (días julianos 105, 138 y 147) y en otras fechas fue la de menor crecimiento (días julianos 111 y 125). Al final del año no hubo diferencias estadísticas entre las tres procedencias. Y en el año 2008 en ninguna fecha de evaluación se presentaron diferencias estadísticas.

En otras plantaciones experimentales de *P. greggii* tampoco se encontraron diferencias entre las procedencias evaluadas. Ornelas (1997) al evaluar tres procedencias en el CAESA, una de ellas del Cañón de Jamé, otra de Los Lirios, ambas de la Sierra de Arteaga y una tercera del Ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coah., reporta que a los cuatro años siete meses de la plantación se encontró que no hay diferencias en el incremento en altura. En la misma plantación, Contreras (2005) y Cornejo *et al.* (2005) reportan que a los 12.6 años no se presentan diferencias en altura entre las procedencias; sin embargo, al evaluar el crecimiento relativo en altura a uno, dos y 12.6 años se encuentra que la procedencia Los Lirios es superior a las otras dos procedencias. Asimismo, en un ensayo de nueve procedencias de *P. greggii var greggii* establecido en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N.L. no se encontraron diferencias entre procedencias para la variable altura, entre las procedencias evaluadas se encontraban Puerto Conejos y Los Lirios (Hernández, 2005).

Sin embargo, en otras plantaciones experimentales de *P. greggii* si se han encontrado diferencias entre procedencias. Por ejemplo, En dos plantaciones establecidas en la Mixteca Alta de Oaxaca, donde se probaron 13 procedencias, seis de la var. *greggii* y siete de la var. *australis*, se reportan diferencias entre procedencias en altura total y otras variables a los 2.5 años de plantado, de la var. *greggii* sobresale la procedencia Puerto Conejos superando a Los Lirios (Valencia *et al.*, 2006). En otra plantación establecida en Patoltecoya, Puebla, se reporta que

existen diferencias entre procedencias en altura a los 2.9 años de plantado, en este caso también de las procedencias del norte la que sobresalió es Puerto Conejos por encima de Los Lirios (López *et al.*, 1999).

Fuera del país también se han realizado ensayos con *P. greggii* y se han encontrado diferencias entre procedencias, aún dentro de la var. *greggii*, en Brasil y Sudáfrica Los Lirios se ha manifestado como la de mejor crecimiento en altura, mientras que en Los Lirios también se presentan diferencias, pero la procedencia de Los Lirios no es la más sobresaliente (Dvorak *et al.*, 1996).

Lo anterior parece mostrar que en los ensayos que se establecen cerca del área de distribución de las procedencias es más difícil de detectar diferencias en algunas variables como es el crecimiento en altura, pero al establecer los ensayos en lugares más distantes donde el ambiente es diferente al de su hábitat nativo es más fácil detectar diferencias entre procedencias. Como lo señalan Zobel y Talbert (1988) que en las especies con amplia distribución es más fácil que se presenten diferencias entre procedencias.

Por otra parte, los estudios genéticos de *P. greggii* señalan que existen diferencias genéticas importantes entre procedencias y poca variación genética dentro de procedencias, debido en parte al aislamiento de las propias poblaciones (Ramírez *et al.*, 1997; Parraguirre *et al.*, 2002). Por lo que, debiera encontrarse diferencias entre procedencias para diversas variables. El no encontrar diferencias entre procedencias para la variable altura en muchos casos probablemente se debe a que es una variable que depende en gran medida del ambiente, es decir es una variable de poco control genético como lo han reportado Zobel y Van Buijtenen (1989) en diversas especies, aquí en México pocos estudios se conocen sobre heredabilidad en coníferas, uno de ellos reporta para *P. patula* una heredabilidad de 0.14 para la variable altura (Valencia *et al.*, 1996).

El conocimiento de este tipo de situaciones permite señalar que para incrementar la productividad de plantaciones forestales con fines comerciales se debe seleccionar la especie y procedencia más adecuada para cada sitio, ya que es la forma más fácil y rápida de obtener ganancias genéticas en el ámbito forestal, pues la procedencia local es la más adaptada, pero no necesariamente la más productiva, lo que ha dado la oportunidad de usar procedencias diferentes a la local para aumentar la producción de los bosques (Zobel y Talbert, 1988). Por ejemplo, en *Picea glauca* (Moench) Voss al evaluar 32 procedencias en Minnesota, EUA, una procedencia (Maple Leaf, de Ontario) superó en 41 % en volumen al promedio de las 32 procedencias y en 93 % a la procedencia local (Nienstaedt, 1990).

4.3. Variación dentro de procedencias

Existen diferentes formas de evaluar la variación, entre los estadísticos más empleados se encuentra la desviación estándar, el error estándar y el coeficiente de variación (Morice, 1975). El error estándar es uno de los más empleados pues permite hacer una mejor interpretación de la información ya que este valor incluye a la desviación estándar y el número de muestras (Chávez *et al.*, 2001) o en este caso el número de parcelas utilizadas en el presente trabajo. Sin embargo, en ciertas situaciones el coeficiente de variación puede ser también de utilidad, dado que permite comparar la desviación estándar, pero en relación la media (Sánchez, 1996).

Se encontró que la variación dentro de las procedencias fue mayor en año 2008 en comparación con el año 2007, ya que para el año 2007 el C.V. en las diferentes fechas estuvo entre 8 y 42 %, mientras que para el año 2008 estuvo entre 6 y 118 % (Cuadro 4), lo que indica que familias de la misma procedencia presentaron diferentes tasas de crecimiento, como también se mostró con el error estándar a través del tiempo (Figuras 3 y 4).

Cuadro 4. Valores mínimos y máximos del Coeficiente de variación encontrado para los dos años de evaluación en las tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Procedencia | 2007 | | 2008 | |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| | Mínimo % | Máximo % | Mínimo % | Máximo % |
| Puerto Conejos | 8 | 37 | 6 | 118 |
| El Tarillal | 4 | 42 | 17 | 115 |
| Los Lirios | 10 | 37 | 14 | 67 |

Los menores coeficientes de variación (CV) se encontraron entre los días julianos 89 a 159 del año 2007, y es interesante notar que los análisis de varianza donde se presentó diferencias entre procedencias, fue únicamente en el año 2007 entre los días julianos 89 y 147, lo cual confirma en cierta medida que la alta variabilidad dentro de las procedencias dificulta encontrar diferencias estadísticas entre procedencias.

Si se observa el CV a través del tiempo se puede notar que los mayores CV se presentan al inicio del período de crecimiento y disminuyen a través del tiempo en ambos años. Los valores del CV iniciales en el año 2007 se encuentran entre el 10 y 42 % y en el año 2008 entre el 14 y 118 % (Figuras 5 y 6). También se observa que no existe consistencia en que una procedencia tenga los mayores o menores valores en el CV, ya que en el año 2007 Puerto Conejos comienza con los valores más altos, disminuye en el período de mayor crecimiento y al final del período de crecimiento termina con los valores más altos. Esta misma procedencia en el año 2008 comienza con CV de valor intermedio y termina en el período de crecimiento con los menores valores de CV.

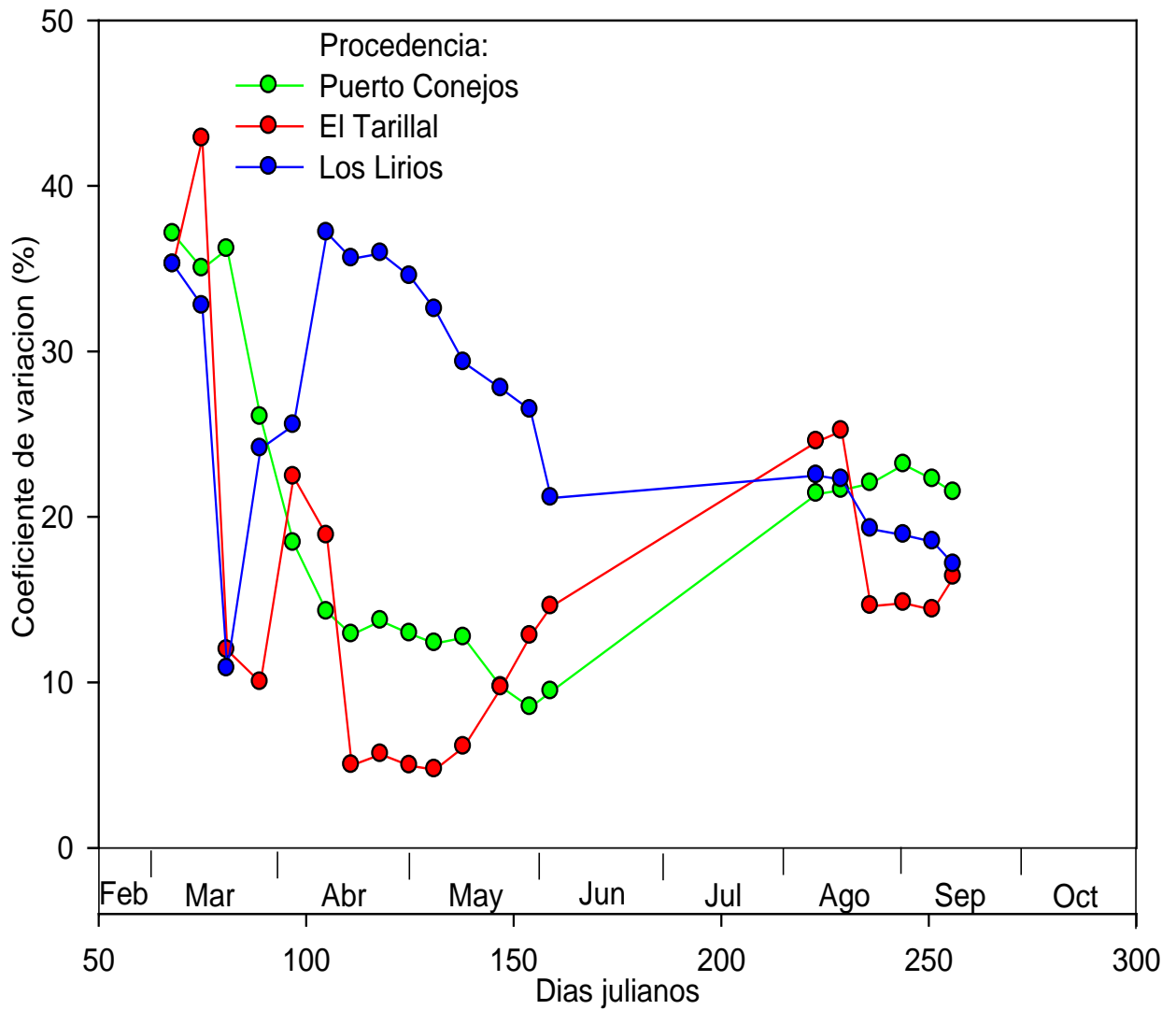


Figura 5. Coeficiente de variación (%) de las diferentes fechas de evaluación del año 2007 en tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

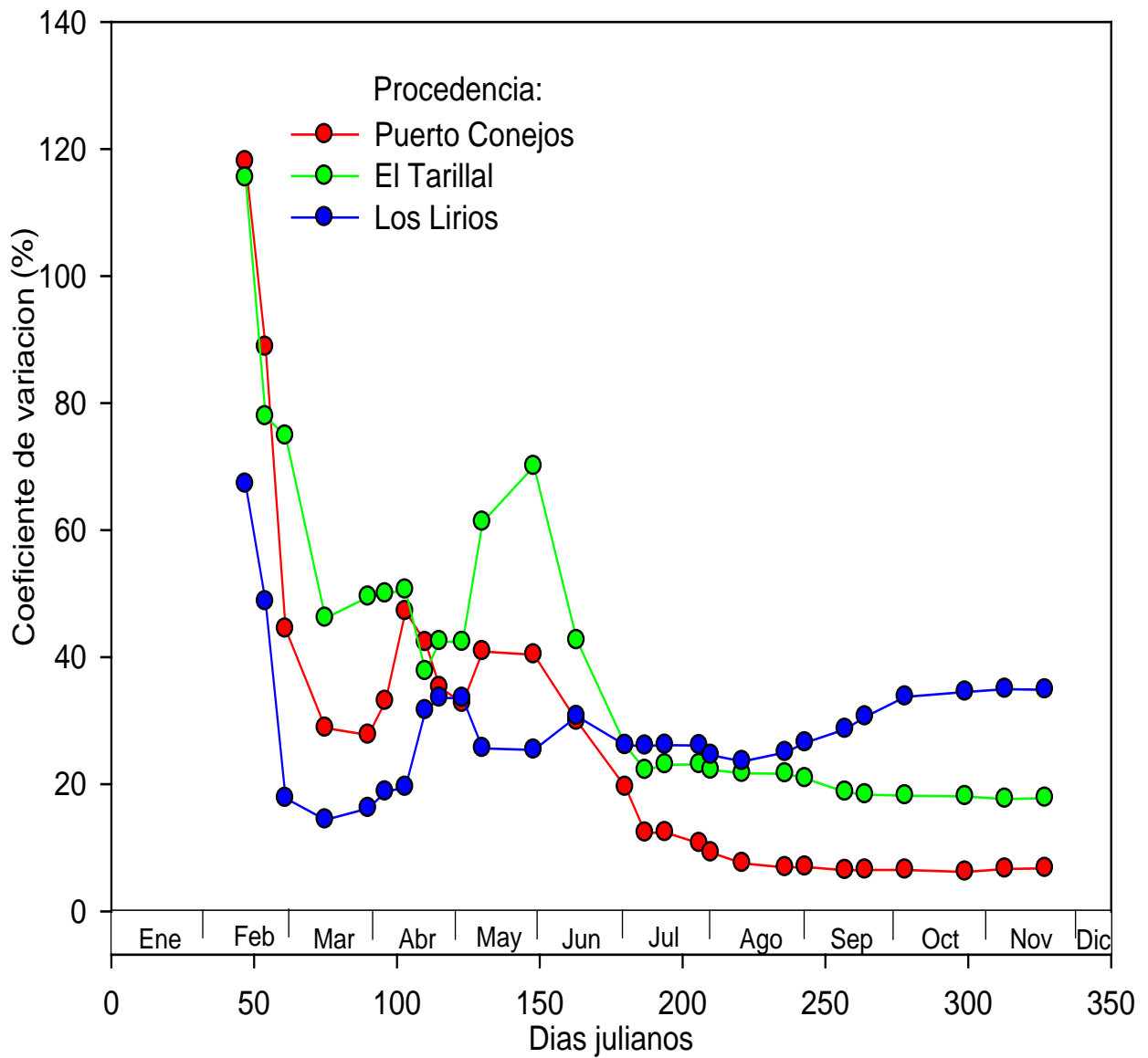


Figura 6. Coeficiente de variación (%) de las diferentes fechas de evaluación del año 2008 en tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

El encontrar respuestas diferentes en dos años de evaluación, permite reconocer que para este tipo de estudios se requiere repetir por varios años y buscar asociar la respuesta con el mayor número de variables ambientales, para encontrar la mejor explicación del fenómeno del crecimiento a través del año.

Para el año 2007 se obtuvieron medidas de dispersión para cada procedencia durante las diferentes fechas de evaluación del crecimiento en el año 2007 (Apéndice 1). A la última fecha de evaluación de ese año (13 de septiembre 2007) que corresponde al día juliano 256, se puede notar que la procedencia Puerto Conejos presenta la mayor variabilidad, en cuanto al error estándar. Por su parte, la procedencia Los Lirios presenta la menor variabilidad en el mismo estadístico aun cuando su coeficiente de variación se presenta como un valor intermedio (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores promedio y medidas de dispersión del crecimiento en altura en la fecha 13 de septiembre (día juliano 256), de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Procedencia | Media (cm) | E.E (cm) | C.V. (%) | Mín. (cm) | Máx. (cm) | Rango (cm) |
|--------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Pto. Conejos | 28.45 | 3.53 | 21.48 | 23.74 | 35.35 | 11.61 |
| El Tarillal | 31.69 | 2.99 | 16.36 | 26.80 | 37.12 | 10.32 |
| Los Lirios | 29.80 | 2.95 | 17.12 | 25.20 | 35.29 | 10.09 |

E. E= Error estándar; D.E.= Desviación estándar; C.V.= Coeficiente de variación; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo

De igual forma se obtuvieron las medidas de dispersión para cada procedencia del crecimiento en el año 2008 (Apéndice 2). A última fecha de evaluación de ese año (22 de noviembre 2008) que corresponde al día juliano 327, se puede notar que la procedencia de Los Lirios presenta la mayor variabilidad, con un error estándar (E.E.) de 3.82 cm mientras que la menor variabilidad la presenta Puerto Conejos con un error estándar (E.E.) de 0.76 cm (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores promedio y medidas de dispersión en la fecha 22 de noviembre (día juliano 327), de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Procedencia | Media (cm) | E.E (cm) | C.V. (%) | Mín. (cm) | Máx. (cm) | Rango (cm) |
|--------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Pto. Conejos | 19.53 | 0.76 | 6.780 | 18.06 | 20.62 | 2.56 |
| El Tarillal | 21.06 | 2.16 | 17.83 | 16.84 | 24.03 | 7.19 |
| Los Lirios | 18.98 | 3.82 | 34.88 | 13.07 | 26.14 | 13.07 |

E. E= Error estándar D.E.= Desviación estándar C.V.= Coeficiente de variación Mín.= Mínimo Máx.= Máximo

El error estándar que se presenta para cada una de las procedencias en ambos años puede compararse con el error estándar del incremento anual en altura de otros trabajos. Así por ejemplo en *Pinus greggii* se reporta un error estándar de 9.21 cm en edades de 4.5 años en una plantación que encuentran establecida en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N.L. (Hernández, 2005).

El coeficiente de variación (C.V.) de la última fecha de evaluación de cada año en el presente trabajo varió de 6.7 a 34.88 % entre las diferentes procedencias (Cuadros 4 y 5). Estos valores se encuentran por debajo y por encima de los reportados en otros trabajos, por ejemplo, para una prueba de progenie de *Pinus patula* de seis años de edad, localizada en Zacualpan, Ver., se reporta un C.V. de 12.5 % para la variable altura (Valencia, 1994).

Lo anterior, muestra que las tres procedencias presentan variabilidad fenotípica que bien pudiera ser reflejo de la existencia de variabilidad genética, considerando que el ambiente en el que se encuentra la plantación es relativamente uniforme. Sin embargo, Ramírez *et al.* (1997) y Parraguirre *et al.* (2002) a través de estudios con isoenzimas han encontrado para *P. greggii* un amplia diversidad genética en la especie, con alta diferenciación genética entre poblaciones o procedencias, pero con relativamente baja variabilidad dentro de poblaciones. Lo anterior lleva a pensar que puede haber diferencias ambientales importantes que no se detectan fácilmente, o bien que la variabilidad genética reportada con los sistemas isoenzimáticos usados no tienen que ver con la variable de crecimiento.

De una u otra forma, el hecho de existir cierto nivel de variación permite considerarlo como un potencial, ya que puede emplearse en los programas de mejoramiento genético a través de la selección a nivel de familias, recordado que la variación constituye la base del mejoramiento genético (Zobel y Talbert, 1988).

CONCLUSIONES

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

El inicio y la terminación del crecimiento están fuertemente influenciados por factores ambientales, las variables que más se asociaron en el presente estudio fueron la temperatura media, la temperatura mínima y el fotoperiodo.

En el transcurso de 145 y 197 días se presenta alrededor del 90% del crecimiento total para el año 2007 y 2008 respectivamente, éste ocurre con condiciones favorables de temperatura y fotoperiodo que se presentan en la estación del verano.

Existen diferencias entre procedencias en el crecimiento del brote terminal que sólo se detectaron en algunas fechas de evaluación del año 2007

No se detectó un patrón en la variación dentro de procedencias a través del tiempo ni entre los años evaluados.

RECOMENDACIONES

Continuar este estudio y elevar el tamaño de muestra, ya que se considera como posible causa de que se den errores estándar tan altos y por lo tanto no se encuentren diferencias estadísticas entre las procedencias.

Diseñar una mejor metodología de medición, para ver si de esta forma se disminuyen los errores estándar y se favorece a la disminución de los altos valores encontrados en los análisis de varianza.

Llevar a cabo este estudio a nivel de familias, para así identificar las posibles diferencias en crecimiento que no se pueden observar a nivel procedencia.

LITERATURA CITADA

- Aguilar B., A. 1998. Fenología y heredabilidades de emergencia y de características morfológicas en plántulas de *Pinus johannis* M. F. Robert. de Zacatecas. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. 71 p.
- Alía, R., R. Galera., D. Agúndez y J. De Miguel. 1999. Variación genética y recomendación de uso de procedencias de *Pinus sylvestris* en España. Aplicación de los modelos diagnóstico e idoneidad. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie n° 1: 207-224.
- Tomlinson P. B., K. A. Longman. 1983. Crecimiento fenológico de árboles tropicales en relación a la actividad del cámbium. En: Bormann, F. H. y G. Berlyn (Editores) Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Nuevos enfoques para la investigación. CECOSA. México. Pp. 6-19.
- CETENAL. 1976. Carta Geológica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50 000. México.
- CETENAL. 1977. Carta Edafológica. Arteaga G14 C34. Escala 1:50 000. México.
- 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. En: Resultados de Proyectos de Investigación 2004. Dirección de Investigación. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. ISBN 968-844-041-8. (Versión digital). Pp. 293-295.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2000. Departamento de Hidrología Operativa. Precipitación y temperaturas de la Estación Meteorológica de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coahuila. s/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.
- Curiel A., M. 2005. Descripción de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*. en el Sureste de Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 63 p.
- DETENAL. 1979. Carta de Uso Potencial. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50 000. México.

- Dvorak, W. S., J. E. Kietzka y J. K. Donahue. 1996. Three-year survival and growth of provenances of *Pinus greggii* in the tropics and subtropics. *Forest Ecology and Management* 83: 123-131.
- Dvorak, W. S. y G. R. Hodge. 1998. Wood supply strategies in countries with fast growing plantations. *International Short Course in Forest Genetics and Tree Improvement*. North Carolina State University Raleigh, NC. Pp. 1-8.
- Chávez V., F. 1996. Periodicidad de crecimiento apical en cuatro especies de *Pinus*, en una plantación de 10 años de establecida, Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. 51 p.
- Chávez R., A., D. Cobarrubias M., H. Galán H., N. López S., J. Méndez M., E. Menéndez A. 2001. Estadística. Serie textos de bachillerato. 2^{da} Edición. UAG Chilpancingo, Guerrero, México. 178 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen Cuarta Edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 217 p.
- Gómez C., M. 1993. Patrón de elongación del brote terminal en familias de *Pinus patula* Schl. et Cham contrastantes en potencial de crecimiento en altura. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 101 p.
- Hernández B., E. 2005. Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 53 p.
- Hocker, H. W., Jr. 1984. Introducción a la biología forestal. A.G.T. Editor. México. 446 p.
- INEGI. 2000. Carta Topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50000. México.
- Jiménez G., G. 2005. Retos de la conservación de los recursos naturales en la región Lagunera, Coahuila y Durango. *Revista Serie Zonas Áridas* 4(2): 11-20.
- Lanner, R. M. 1976. Patterns of shoot development in *Pinus* and their relationship to growth potential in: Canell, M. G. R. y F. T. Last (eds) *Tree physiology and yield improvement*. Academic Press. New York. pp. 223-243.

- López U., J., J. Jasso M., J. J. Vargas H. y C. Ayala S. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 3(1): 81-84.
- López A., J. L., J. J. Vargas H., C. Ramírez H. y J. López U. 1999. Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 5(2):133-140.
- 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.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2° edición. Botas. México. 361 p.
- Morice, E. 1975. Diccionario de estadística. España-Continental. España. 219 p.
- Nienstaedt, H. 1990. Selección de especies y procedencias. En: Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores) Memoria mejoramiento y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal. Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp. 34-41.
- Ornelas H., G. 1997. Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el CAESA., Arteaga Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. 56 p.
- Parraguirre L., C., J. J. Vargas H., P. Ramírez V., H. S. Azpiroz R., y J. Jasso M. 2002. Estructura de la diversidad genética en poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 279-287.
- Plancarte B., A. 1990. Manual para el establecimiento y evaluación de ensayos de especies y procedencias. Boletín Técnico No.4. Centro de Genética Forestal A.C. Chapingo, México. 36 p.
- Ramírez H., C., J. J. Vargas H., J. Jasso M.G. Carrillo C. y H. Guillén A. 1997. Variación isoenzimática en diez poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia* 31(2): 223-229.
- 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.

- Rathcke, B. y E. Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Reviews Ecol. Syst.* 16: 179-214.
- Sánchez O. 1996. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México. 150 p.
- Salazar G., J.G., J. J. Vargas H., J. Jasso M., J. D. Molina G., C. Ramírez H. y J. López U. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. *Madera y Bosques* 5(2): 19-34.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1983. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales. G14-7. Escala 1:250000. México.
- Torres R., E. 1995. Agro-Meteorología. México. Trillas. UAAAN. 154 p.
- Torres R., E. 1997. Prácticas de Agro-Meteorología. México. Trillas. UAAAN. 100 p.
- Valencia M., S., J. J. Vargas H. J. D. Molina G. y J. Jasso M. 1996. Control genético de la velocidad de crecimiento y características de la madera en *Pinus patula*. *Agrociencia* 30:265-273.
- Valencia M., S., M. V. Velasco G., M. Gómez C., M. Ruiz 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(1):27-32.
- Viveros V., H. y J. J. Vargas H. 2007. Dormancia en yemas de especies forestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13 (2): 131-135.
- Zavala Ch., F. 1986. Estudio de la primera etapa de desarrollo de conos femeninos de *Pinus cembroides* Zucc. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 113 p.
- Wikipedia. 2010. Días julianos. http://es.wikipedia.org/wiki/Fecha_juliana (20 de enero de 2010).
- Zobel, B. J. y J. T. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles Forestales. Limusa. México. 545 p.
- Zobel, B. J. y J. P. Van Buijtenen. 1989. Wood variation causes and control. Springer-Verlag. Alemania. 363 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Valores de estadísticos básicos para el crecimiento anual de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en al año 2007 en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Fechas en días Julianos | Puerto Conejos | | | El Tarillal | | | Los Lirios | | |
|----------------------------|----------------|-------|--------|-------------|-------|--------|------------|-------|--------|
| | \bar{x} | E.E | C.V | \bar{x} | E.E | C.V | \bar{x} | E.E | C.V |
| 68 | 0.108 | 0.023 | 37.091 | 0.054 | 0.011 | 35.250 | 0.054 | 0.011 | 35.250 |
| 75 | 0.183 | 0.037 | 34.988 | 0.087 | 0.021 | 42.857 | 0.116 | 0.022 | 32.732 |
| 81 | 0.208 | 0.043 | 36.166 | 0.120 | 0.008 | 11.945 | 0.133 | 0.008 | 10.825 |
| 89 | 0.487 | 0.073 | 26.022 | 0.250 | 0.014 | 10.000 | 0.316 | 0.044 | 24.118 |
| 97 | 1.120 | 0.119 | 18.404 | 0.641 | 0.083 | 22.409 | 0.795 | 0.117 | 25.536 |
| 105 | 2.270 | 0.186 | 14.251 | 1.295 | 0.141 | 18.861 | 1.441 | 0.309 | 37.155 |
| 111 | 3.795 | 0.282 | 12.878 | 2.270 | 0.065 | 4.994 | 3.145 | 0.646 | 35.596 |
| 118 | 5.483 | 0.433 | 13.705 | 3.569 | 0.116 | 5.653 | 4.583 | 0.950 | 35.919 |
| 125 | 6.991 | 0.522 | 12.933 | 4.747 | 0.136 | 4.962 | 5.912 | 1.178 | 34.532 |
| 131 | 8.333 | 0.594 | 12.356 | 5.833 | 0.159 | 4.725 | 7.162 | 1.345 | 32.528 |
| 138 | 10.454 | 0.766 | 12.702 | 7.713 | 0.271 | 6.088 | 9.087 | 1.538 | 29.322 |
| 147 | 11.812 | 0.662 | 9.714 | 9.400 | 0.525 | 9.673 | 10.72 | 1.717 | 27.749 |
| 154 | 12.375 | 0.606 | 8.486 | 10.223 | 0.755 | 12.793 | 11.533 | 1.761 | 26.452 |
| 159 | 13.308 | 0.724 | 9.433 | 11.429 | 0.961 | 14.569 | 13.108 | 1.600 | 21.143 |
| 223 | 23.716 | 2.926 | 21.372 | 23.726 | 3.361 | 24.538 | 24.379 | 3.165 | 22.491 |
| 229 | 24.683 | 3.079 | 21.609 | 25.212 | 3.666 | 25.186 | 25.579 | 3.287 | 22.261 |
| 236 | 25.683 | 3.265 | 22.024 | 28.095 | 2.368 | 14.602 | 26.937 | 2.994 | 19.256 |
| 244 | 26.683 | 3.567 | 23.155 | 29.366 | 2.505 | 14.778 | 28.052 | 3.060 | 18.897 |
| 251 | 27.658 | 3.554 | 22.259 | 30.63 | 2.541 | 14.372 | 28.991 | 3.094 | 18.489 |
| 256 | 28.445 | 3.527 | 21.479 | 31.687 | 2.993 | 16.361 | 29.800 | 2.945 | 17.121 |

\bar{x} = Media aritmética; E. E= Error estándar; C.V.= Coeficiente de variación

Apéndice 2. Valores de estadísticos básicos para el crecimiento anual de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en al año 2008 en una plantación experimental en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Fechas en días Julianos | Puerto Conejos | | | Tarillal | | | Los Lirios | | |
|----------------------------|----------------|-------|---------|-----------|-------|---------|------------|-------|--------|
| | \bar{x} | E.E | C.V | \bar{x} | E.E | C.V | \bar{x} | E.E | C.V |
| 47 | 0.056 | 0.031 | 118.019 | 0.063 | 0.020 | 115.470 | 0.082 | 0.029 | 67.267 |
| 54 | 0.090 | 0.029 | 88.822 | 0.096 | 0.028 | 77.888 | 0.125 | 0.023 | 48.768 |
| 61 | 0.120 | 0.023 | 44.444 | 0.130 | 0.041 | 74.836 | 0.139 | 0.012 | 17.807 |
| 75 | 0.130 | 0.020 | 28.868 | 0.143 | 0.034 | 46.154 | 0.162 | 0.011 | 14.409 |
| 90 | 0.160 | 0.020 | 27.735 | 0.160 | 0.040 | 49.497 | 0.186 | 0.015 | 16.209 |
| 96 | 0.233 | 0.030 | 33.072 | 0.296 | 0.046 | 50.000 | 0.363 | 0.020 | 18.814 |
| 103 | 0.406 | 0.063 | 47.208 | 0.586 | 0.086 | 50.599 | 0.665 | 0.040 | 19.526 |
| 110 | 0.656 | 0.099 | 42.330 | 0.900 | 0.127 | 37.745 | 0.982 | 0.121 | 31.606 |
| 115 | 0.736 | 0.133 | 35.267 | 1.026 | 0.220 | 42.470 | 1.160 | 0.190 | 33.591 |
| 123 | 1.060 | 0.139 | 32.758 | 1.650 | 0.250 | 42.338 | 1.851 | 0.224 | 33.547 |
| 130 | 1.596 | 0.250 | 40.894 | 2.660 | 0.583 | 61.284 | 2.773 | 0.274 | 25.646 |
| 148 | 4.213 | 0.372 | 40.397 | 5.596 | 1.070 | 70.053 | 6.138 | 0.406 | 25.408 |
| 163 | 9.173 | 0.727 | 29.924 | 10.183 | 1.370 | 42.623 | 11.045 | 1.080 | 30.680 |
| 180 | 11.973 | 1.030 | 19.543 | 12.973 | 1.530 | 26.086 | 12.777 | 1.660 | 26.138 |
| 187 | 12.490 | 0.853 | 12.351 | 13.563 | 1.660 | 22.204 | 13.460 | 1.920 | 26.039 |
| 194 | 13.546 | 0.893 | 12.393 | 14.460 | 1.800 | 23.073 | 14.172 | 2.030 | 26.158 |
| 206 | 14.530 | 0.836 | 10.692 | 15.603 | 1.930 | 23.128 | 15.095 | 2.130 | 26.096 |
| 210 | 15.633 | 0.776 | 9.253 | 16.513 | 2.000 | 22.271 | 15.650 | 2.140 | 24.579 |
| 221 | 15.813 | 0.681 | 7.556 | 16.840 | 2.060 | 21.707 | 15.868 | 2.130 | 23.580 |
| 236 | 16.330 | 0.629 | 6.899 | 17.446 | 2.100 | 21.669 | 16.279 | 2.290 | 25.021 |
| 243 | 17.063 | 0.658 | 6.989 | 18.236 | 2.100 | 20.908 | 16.871 | 2.490 | 26.546 |
| 257 | 17.660 | 0.633 | 6.433 | 18.936 | 1.970 | 18.760 | 17.486 | 2.790 | 28.658 |
| 264 | 18.556 | 0.662 | 6.499 | 20.046 | 2.000 | 18.367 | 18.358 | 3.090 | 30.619 |
| 278 | 19.226 | 0.697 | 6.509 | 20.723 | 2.100 | 18.204 | 18.836 | 3.570 | 33.770 |
| 299 | 19.486 | 0.687 | 6.192 | 21.026 | 2.160 | 18.089 | 18.963 | 3.750 | 34.535 |
| 313 | 19.536 | 0.750 | 6.673 | 21.066 | 2.140 | 17.679 | 18.981 | 3.820 | 34.959 |
| 327 | 19.536 | 0.764 | 6.780 | 21.066 | 2.160 | 17.838 | 18.981 | 3.820 | 34.885 |

\bar{x} = Media aritmética; E. E= Error estándar; C.V.= Coeficiente de variación

Apéndice 3. Valores correspondientes a los crecimientos acumulados e incremento parcial anual de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en el año 2007 en una plantación experimenta en el CAESA, Arteaga, Coah.

| D. Julianos. | Crecimiento acumulado en cm | | | Incremento parcial en % | | |
|-----------------|-----------------------------|-------------|---------------|-------------------------|-------------|---------------|
| | Pto. Conejos | El Tarillal | Los Lirios | Pto. Conejos | El Tarillal | Los Lirios |
| 68 | 0.10 | 0.05 | 0.054 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 75 | 0.18 | 0.08 | 0.11 | 0.264 | 0.105 | 0.210 |
| 81 | 0.20 | 0.12 | 0.13 | 0.088 | 0.105 | 0.056 |
| 89 | 0.48 | 0.25 | 0.31 | 0.981 | 0.408 | 0.615 |
| 97 | 1.12 | 0.64 | 0.79 | 2.226 | 1.236 | 1.608 |
| 105 | 2.27 | 1.29 | 1.44 | 4.043 | 2.064 | 2.167 |
| 111 | 3.79 | 2.27 | 3.14 | 5.361 | 2.770 | 5.369 |
| 118 | 5.48 | 3.56 | 4.58 | 5.932 | 4.098 | 4.824 |
| 125 | 6.99 | 4.74 | 5.91 | 5.302 | 3.717 | 4.460 |
| 131 | 8.33 | 5.83 | 7.16 | 4.717 | 3.428 | 4.195 |
| 138 | 10.45 | 7.71 | 9.08 | 7.456 | 5.935 | 6.460 |
| 147 | 11.81 | 9.40 | 10.72 | 4.775 | 5.321 | 5.481 |
| 154 | 12.37 | 10.22 | 11.53 | 1.977 | 2.599 | 2.727 |
| 159 | 13.30 | 11.42 | 13.10 | 3.281 | 3.805 | 5.285 |
| 223 | 23.71 | 23.72 | 24.37 | 36.590 | 38.808 | 37.822 |
| 229 | 24.68 | 25.21 | 25.57 | 3.398 | 4.690 | 4.027 |
| 236 | 25.68 | 28.09 | 26.93 | 6.914 | 8.582 | 8.585 |
| 244 | 26.68 | 29.36 | 28.05 | 3.515 | 4.011 | 3.747 |
| 251 | 27.65 | 30.63 | 28.99 | 3.428 | 3.989 | 3.146 |
| 256 | 28.44 | 31.68 | 29.80 | 2.768 | 3.195 | 2.671 |

Apéndice 4. Valores correspondientes a los crecimientos acumulados e incremento parcial anual de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en el año 2008 en una plantación experimenta en el CAESA, Arteaga, Coah.

| D. Julianos. | Crecimiento Acumulado en cm | | | Incremento Parcial en % | | |
|-----------------|-----------------------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------|---------------|
| | Pto. Conejos | El Tarillal | Los Lirios | Pto. Conejos | El Tarillal | Los Lirios |
| 40 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 47 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.15 | 0.03 |
| 54 | 0.09 | 0.09 | 0.12 | 0.17 | 0.15 | 0.22 |
| 61 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.07 |
| 75 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.05 | 0.06 | 0.12 |
| 90 | 0.16 | 0.16 | 0.18 | 0.15 | 0.07 | 0.12 |
| 96 | 0.23 | 0.29 | 0.36 | 0.37 | 0.64 | 0.93 |
| 103 | 0.41 | 0.58 | 0.66 | 0.88 | 1.37 | 1.58 |
| 110 | 0.65 | 0.9 | 0.98 | 1.27 | 1.48 | 1.67 |
| 115 | 0.73 | 1.02 | 1.16 | 0.40 | 0.60 | 0.93 |
| 123 | 1.06 | 1.65 | 1.85 | 1.65 | 2.95 | 3.63 |
| 130 | 1.59 | 2.66 | 2.77 | 2.74 | 4.79 | 4.85 |
| 148 | 4.21 | 5.59 | 6.13 | 13.39 | 13.93 | 17.72 |
| 163 | 9.17 | 10.18 | 11.04 | 25.38 | 21.77 | 25.84 |
| 180 | 11.97 | 12.97 | 12.77 | 14.33 | 13.24 | 9.12 |
| 187 | 12.49 | 13.56 | 13.46 | 2.64 | 2.80 | 3.59 |
| 194 | 13.54 | 14.46 | 14.17 | 5.40 | 4.25 | 3.74 |
| 206 | 14.53 | 15.60 | 15.09 | 5.03 | 5.42 | 4.85 |
| 210 | 15.63 | 16.51 | 15.65 | 5.64 | 4.31 | 2.92 |
| 221 | 15.81 | 16.84 | 15.86 | 0.92 | 1.55 | 1.14 |
| 236 | 16.33 | 17.44 | 16.27 | 2.64 | 2.87 | 2.16 |
| 243 | 17.06 | 18.23 | 16.87 | 3.75 | 3.75 | 3.12 |
| 257 | 17.66 | 18.93 | 17.48 | 3.05 | 3.32 | 3.23 |
| 264 | 18.55 | 20.04 | 18.35 | 4.58 | 5.26 | 4.59 |
| 278 | 19.22 | 20.72 | 18.83 | 3.42 | 3.21 | 2.51 |
| 299 | 19.48 | 21.02 | 18.96 | 1.33 | 1.43 | 0.66 |
| 313 | 19.53 | 21.06 | 18.98 | 0.25 | 0.18 | 0.09 |
| 327 | 19.53 | 21.06 | 18.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Apéndice 5. Análisis de varianza para las variables evaluadas en un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. evaluadas en el año 2007 en una plantación experimenta en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Día juliano | F.V. | g.l. | C.M. | F calc | Pr >F | C.V. (%) |
|----------------|-------------|------|------------|--------|--------|-------------|
| 89 | Bloque | 4 | 0.00216187 | | | 22.20 |
| | Procedencia | 2 | 0.04611772 | 7.57 | 0.0307 | |
| | Error | 5 | 0.00608995 | | | |
| 97 | Bloque | 4 | 0.05041336 | | | 9.59 |
| | Procedencia | 2 | 0.18156746 | 27.11 | 0.0021 | |
| | Error | 5 | 0.00669709 | | | |
| 105 | Bloque | 4 | 0.13511409 | | | 10.57 |
| | Procedencia | 2 | 0.90071429 | 28.91 | 0.0018 | |
| | Error | 5 | 0.03115873 | | | |
| 111 | Bloque | 4 | 0.97670790 | | | 7.95 |
| | Procedencia | 2 | 1.32742090 | 22.30 | 0.0032 | |
| | Error | 5 | 0.05951534 | | | |
| 118 | Bloque | 4 | 0.98995453 | | | 9.34 |
| | Procedencia | 2 | 2.06811508 | 11.49 | 0.0135 | |
| | Error | 5 | 0.17996693 | | | |
| 125 | Bloque | 4 | 1.22717649 | | | 9.77 |
| | Procedencia | 2 | 2.88193677 | 8.74 | 0.0233 | |
| | Error | 5 | 0.32974048 | | | |
| 131 | Bloque | 4 | 2.44112804 | | | 9.22 |
| | Procedencia | 2 | 2.87436534 | 6.71 | 0.0384 | |
| | Error | 5 | 0.42849312 | | | |
| 138 | Bloque | 4 | 5.12609230 | | | 6.17 |
| | Procedencia | 2 | 2.98028935 | 9.57 | 0.0195 | |
| | Error | 5 | 0.31131713 | | | |

Donde:

F.V.= Fuente de Variación

gl= Grados de libertad

CM = Cuadrado medio

F calc. = F calculada

Pr > F = Probabilidad de cometer el error tipo I (α)

C.V.= Coeficiente de variación