

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



**PRODUCCIÓN DE SEMILLA E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE  
*Pinus greggii* Engelm., EN ARTEAGA, COAH.**

**Por:**

**RUBIEL FROILAN VELASCO VELASCO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

**MAYO DE 2008**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**PRODUCCIÓN DE SEMILLA E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE  
*Pinus greggii* Engelm., EN ARTEAGA, COAH.**

**POR:**

**RUBIEL FROILAN VELASCO VELASCO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADA:**

**ASESOR PRINCIPAL**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
AGRONOMÍA**

---

**Ph. D. ELADIO H. CORNEJO OVIEDO**

---

**DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

**MAYO DE 2008**

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

**PRODUCCIÓN DE SEMILLA E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE**  
***Pinus greggii* Engelm., EN ARTEAGA, COAH.**

**POR:**

**RUBIEL FROILAN VELASCO VELASCO**

**TESIS**

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. COMITÉ DE TESIS COMO**  
**REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADA**

---

**Ph. D. ELADIO H. CORNEJO OVIEDO**  
**ASESOR PRINCIPAL**

---

**M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO**  
**ASESOR**

---

**M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ**  
**ASESOR**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

**MAYO DE 2008**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
<i>ÍNDICE DE CUADROS.</i> .....	<i>ii</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS.</i> .....	<i>iii</i>
<i>RESUMEN.</i> .....	<i>iv</i>
<i>INTRODUCCIÓN.</i> .....	<i>1</i>
<i>Objetivos.</i> .....	<i>4</i>
<i>Hipótesis.</i> .....	<i>4</i>
<i>MATERIALES Y MÉTODOS.</i> .....	<i>5</i>
<i>Descripción del área experimental.</i> .....	<i>5</i>
<i>Diseño experimental.</i> .....	<i>6</i>
<i>Selección de árboles y colecta de conos.</i> .....	<i>6</i>
<i>Análisis de conos y semillas.</i> .....	<i>7</i>
<i>Indicadores reproductivos.</i> .....	<i>8</i>
<i>Análisis estadísticos.</i> .....	<i>9</i>
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</i> .....	<i>10</i>
<i>Potencial y eficiencia de semillas.</i> .....	<i>10</i>
<i>Pérdida de semillas.</i> .....	<i>14</i>
<i>Indicadores reproductivos.</i> .....	<i>17</i>
<i>Endogamia.</i> .....	<i>22</i>
<i>Correlación de la producción de semilla e indicadores reproductivos.</i> .....	<i>24</i>
<i>CONCLUSIONES.</i> .....	<i>30</i>
<i>RECOMENDACIONES.</i> .....	<i>31</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i> .....	<i>32</i>
<i>APÉNDICE.</i> .....	<i>38</i>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<i>Página</i>
<i>Cuadro 1. Localización geográfica y altitud de las tres procedencias de Pinus greggii Engelm., utilizadas en el ensayo establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah. ....</i>	<i>7</i>
<i>Cuadro 2. Fórmulas para la obtención de los valores de las variables de producción de semilla e indicadores reproductivos. ....</i>	<i>9</i>
<i>Cuadro 3. Valores promedio, mínimo, máximo, error estándar (E) y el coeficiente de variación (CV) del potencial de semillas, eficiencia de semillas y pérdida de semillas de Pinus greggii Engelm. ....</i>	<i>11</i>
<i>Cuadro 4. Valores promedio, mínimo, máximo, error estándar (E) y coeficiente de variación (CV) de las características reproductivas de conos y semillas de Pinus greggii Engelm. ....</i>	<i>18</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
<i>Figura 1. Croquis del ensayo de tres procedencias de Pinus greggii Engelm., establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah. ....</i>	6
<i>Figura 2. Correlación del largo del cono con el ancho del cono (A); eficiencia de semilla (B); y peso de semilla por cono (C) de la población CAESA de Pinus greggii Engelm., Arteaga, Coah. ....</i>	25
<i>Figura 3. Correlaciones de la eficiencia de semilla con el peso seco del cono (A); el peso de semilla por cono (B) y la correlación del peso de semilla por cono y el peso seco del cono (C) de la población CAESA de Pinus greggii Engelm., Arteaga, Coah. ....</i>	27
<i>Figura 4. Correlaciones del coeficiente de endogamia con el largo del cono (A); peso seco del cono (B) y peso de semilla por cono (C) de la población CAESA de Pinus greggii Engelm., Arteaga, Coah. ....</i>	29

## **RESUMEN**

*Los objetivos del presente estudio fueron determinar si existen diferencias entre tres procedencias (Jamé y Los Lirios, Arteaga, Coah. y Cuauhtémoc, Saltillo, Coah.) de Pinus greggii var. greggii establecidas en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA), Arteaga, Coah., con respecto a la producción de semillas e indicadores reproductivos, así como determinar la asociación entre variables de la producción de semillas e indicadores reproductivos. Se colectaron diez conos de tres árboles por cada combinación de procedencia-bloque. El análisis de conos y semillas incluyó el largo y el ancho del cono, así como, el número de escamas fértiles, de semillas vanas y llenas, además el número de óvulos abortados. Se estimó el potencial y eficiencia de semillas por procedencia. No se encontraron diferencias estadísticas entre las tres procedencias con respecto al largo y ancho del cono, el número de escamas fértiles y el potencial de semilla. Se realizó un análisis considerando a las tres procedencias como una sola población. Los valores promedios fueron para el potencial de semillas de 247 semillas, para la eficiencia de semillas de 24%, para el largo del cono de 9.1 cm, para el ancho de 3.7 cm, para el aborto de óvulos de 38.7%, para el índice de endogamia de 0.28%. El potencial de semilla fue alto; sin embargo, la eficiencia de semillas fue baja. El aborto de óvulos fue alto. El índice de endogamia fue bajo. Se encontraron correlaciones altamente significativas, de forma positiva y negativa entre las variables. Las correlaciones indicaron que los conos más grandes son los mejores productores de semilla.*

*Palabras clave: Pinus greggii, producción de semilla, indicadores reproductivos, correlaciones.*

## **INTRODUCCIÓN<sup>1</sup>**

*En México la deforestación y fragmentación de bosques, selvas, vegetación de zonas áridas y semiáridas, humedales y manglares, trae consigo la pérdida de recursos genéticos forestales maderables y no maderables (CONAFOR-SEMARNAT, 2004). La deforestación ocasionada por el cambio de uso del suelo es la principal actividad que disminuye los recursos forestales en México, las regiones tropicales son las más afectadas, seguidas de los ecosistemas de clima templado, y en menor grado la región norte del país. Otras actividades que contribuyen a la destrucción de los recursos forestales son: el pastoreo, los aprovechamientos ilegales, la obtención de leña y los incendios relacionados con actividades agrícolas o pecuarias en terrenos forestales (Vargas, 2003). Los incendios que ocurrieron del 2002-2006 afectaron 223,686 ha. El 80% fue en áreas de pastizales, arbustos y matorrales y 20% en arbolado adulto y renuevo (Flores y Rodríguez, 2006). Para mitigar la deforestación es necesario el establecimiento de plantaciones forestales, con especies de buena adaptabilidad y de rápido crecimiento (Capó, 2002).*

*Pinus greggii es un árbol de 10 a 15 metros de altura, de joven la corteza es lisa y grisácea, y oscura y áspera después; ramillas flexibles, de color rojizo, con tinte grisáceo. El follaje es erguido, las hojas en fascículos de tres, los conos son oblicuos-cónicos, serotinos (Martínez, 1948; Perry, 1991). P. greggii tiene un buen potencial para el uso en reforestaciones y plantaciones, tanto en México y otros países. Por su adaptación a un amplio rango de ambientes frío-seco, calido-húmedo, crece en suelos ácidos y ligeramente alcalinos (Dvorak y Donahue 1993; Donahue y López 1995). La variedad de la región norte (greggii) es más tolerante a la sequía, adaptada a elevadas altitudes (Kietzka et al., 1996; Hernández et al., 2001), por lo que esta variedad puede ser utilizadas en sitios limitantes (Aldrete et al., 2005).*

<sup>1</sup> Tesis elaborada con base en la guía de autores de la Revista Fitotecnia Mexicana (2006)

*Los huertos semilleros son un método para la obtención de semillas para los programas de plantaciones a gran escala, y también para satisfacer la demanda de semillas a largo plazo. En los huertos están los mejores individuos, con características específicas deseables, capaces de producir cosechas de semillas en forma frecuente, abundante y de fácil recolección. En la ubicación del huerto es importante considerar, para evitar el fracaso, lo siguiente: historia de floración y clima, suelo y topografía, servicios (disponibilidad de agua, calidad adecuada, caminos de acceso, mano de obra, equipo, entre otros), ausencia de plagas, aislamiento de polen externo, aislamiento de lagos y arroyos. Además, de determinar el tamaño del huerto en función de las necesidades de semilla a largo plazo (20 – 50 años), previo al establecimiento del huerto es importante considerar los trabajos iniciales como son: eliminación de la vegetación, la preparación del suelo, la evaluación de la fertilidad del suelo, la composición genética que influye en el nivel de ganancia y diversidad genética que se logrará en el huerto (Jaquish, 2004).*

*El análisis de conos y semilla es una herramienta que proporciona información necesaria para evaluar la producción de semillas y proporciona información para el manejo que se tiene que hacer en un huerto semillero. Para ello es importante tener un conocimiento básico del desarrollo y morfología de conos y semillas. El potencial de semillas indica el número total de semillas que un cono puede producir, mientras que la eficiencia de semilla indica la productividad del cono (Bramlett et al., 1977).*

*Los valores del potencial de semillas son diferentes para cada especie, el potencial de semillas en un huerto puede ser diferente al promedio de la especie, esto depende de los árboles presentes en ella (Bramlett et al., 1977).*

*López y Donahue (1995) en un estudio de la producción de semillas de Pinus greggii, en poblaciones naturales en México encontraron valores del potencial de semillas que van de 74 a 149 semillas cono<sup>-1</sup> y un promedio de 104 semillas cono<sup>-1</sup>, incluyendo todas las poblaciones estudiadas tanto de la región norte y sur de su distribución (var. greggii y australis); Alba et al. (2005) en un estudio de la producción de semillas de Pinus greggii, var. australis en tres*

*cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan, Veracruz, México, reportaron valores del potencial de semillas que va de 152 a 170 semillas cono<sup>-1</sup>, con un promedio de 161 semillas cono<sup>-1</sup>; en especies latifoliadas, Alderete y Márquez (2004) en un estudio de variación en frutos de Cedrela odorata L., encontraron un potencial de semillas de 42.3 semillas fruto<sup>1</sup>, con base en este resultado, los autores consideran a la especie como una buena productora de semillas; De la Cruz y Mendizábal (2004) en un estudio de la variación en frutos de Swietenia macrophylla King., encontraron un potencial de semillas de 61.5 semillas fruto<sup>1</sup>, este valor es bajo comparado a los otros valores reportados.*

*La eficiencia de semillas indica como se encuentra la producción de semillas, esto es, valores de eficiencia de semillas menores al 35% indican una pérdida excesiva de semillas, valores de 35 a 54% se está perdiendo cierto potencial de semillas, valores mayores a 55% la producción es buena y se puede llegar a obtener una eficiencia de hasta el 80%, que es difícil encontrarlo en condiciones naturales (Bramlett et al., 1977).*

*López y Donahue (1995) en un estudio de la producción de semillas de P. greggii incluyendo tanto los de la región norte y sur de su distribución, encontraron una eficiencia de semillas del 66% esta eficiencia de semilla encontrada es buena; Alba et al. (2005) en un estudio de la producción de semillas de P. greggii var. australis en tres cosechas, encontraron una eficiencia de semillas de 79% con valores mínimos y máximos de 71 a 87% la cual es considerado como muy bueno. Arce e Isaza (1996) en un estudio de la producción de semillas por cono en cuatro especies del género Pinus en Colombia encontraron las siguientes promedios de eficiencias de semillas: Pinus patula Schl. et Cham. 10.1% (de 1 a 33%), Pinus oocarpa Schiede 13% (de 1 a 34%). Isaza et al. (2002) en un estudio de la producción de semillas del género Pinus en huertos y rodales semilleros de Smurfit Cartón de Colombia, reportaron eficiencias de semilla de 9 y 6% para Pinus tecunumanii Eguiluz & J.P. Perry de la finca Arcadia y Pinus oocarpa Schiede, respectivamente.*

## ***Objetivos***

*Los objetivos del presente estudio fueron determinar si existen diferencias entre tres procedencias (Jamé y Los Lirios, Arteaga, Coah. y Cuauhtémoc, Saltillo, Coah.) de Pinus greggii var. greggii establecidas en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA), Arteaga, Coah., con respecto a la producción de semillas e indicadores reproductivos, así como determinar la asociación entre variables de la producción de semillas e indicadores reproductivos.*

## ***Hipótesis***

*Las hipótesis nulas propuestas, en el presente estudio, fueron:*

Ho: No existen diferencias entre procedencias establecidas en el CAESA en la producción de semillas e indicadores reproductivos.

Ho: No existe correlación entre las variables de producción de semillas e indicadores reproductivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área experimental

*El área experimental se localiza en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Arteaga, Coah., a una distancia aproximada de 45 km de Saltillo, Coah., entre las coordenadas geográficas 25° 23' a 25° 24' Norte y 100° 36' a 100° 37' Oeste, a una altitud aproximada de 2280 msnm (INEGI, 2000).*

El área se encuentra dentro de la región hidrológica Bravo - Conchos (RH24) y la cuenca hidrológica Río Bravo - San Juan (24B) (SPP, 1983). Están presentes dos arroyos intermitentes uno en la parte Norte y otro en la parte Oeste, que nacen en la parte alta de la Sierra Rancho Nuevo (INEGI, 2000). La geología del CAESA está constituida de rocas de origen sedimentario, con depósitos de aluvión (CETENAL, 1976). Los suelos predominantes son los feozem calcáricos y en menor proporción las rendzinas, con una textura fina, que se encuentran en fase petrocálica (CETENAL, 1977).

*De acuerdo con la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., ubicada a 12 km del CAESA, el clima es templado con verano fresco y largo, con una temperatura media anual de 14.8° C; la temperatura media del mes más frío es de 9 °C y la del mes más caliente es de 19.7 °C; las temperaturas más altas se presentan en los meses de mayo a julio y las más bajas de diciembre a febrero; la precipitación media anual es de 707.1 mm; los meses con mayor precipitación son de junio a septiembre y los meses más secos son diciembre y enero, siendo julio el mes más lluvioso (CONAGUA, 2005). La fórmula climática del área de estudio es  $Cb(X')(Wo)(e)g$  (García, 1987).*

## Diseño experimental

El ensayo de procedencias fue establecido en 1992 bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres bloques perpendiculares con respecto a la pendiente del terreno, con 39 plantas por parcela (unidad experimental), 117 plantas por procedencia y 351 plantas útiles en total y se utilizaron 98 plantas de borde; la distribución de la planta se hizo en tres bolillo con un espaciamiento de 1.8 m (Figura 1). Las procedencias utilizadas fueron Jamé y Los Lirios, Arteaga, Coah. y Cuauhtémoc, Saltillo, Coah. (Cuadro 1).

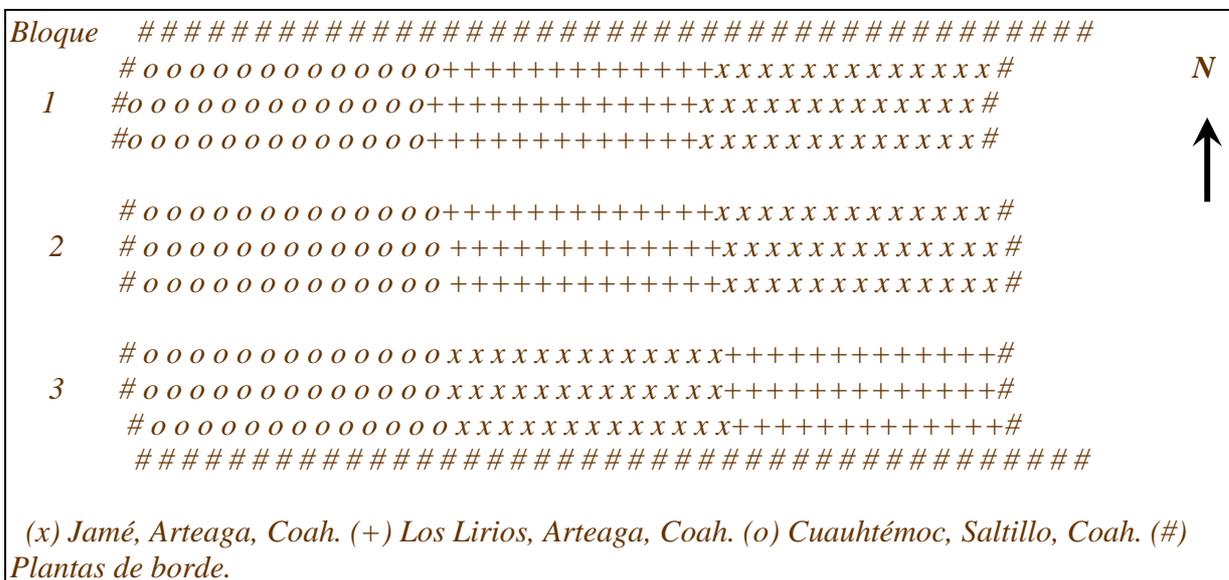


Figura 1. Croquis del ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm., establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah. (Bucio 2006).

### Selección de árboles y colecta de conos

El número de conos de cada árbol se contó el 26 de enero de 2005, posteriormente, se realizó una separación de los árboles sin conos, los árboles que tenían hasta quince conos y los árboles que tenían un número mayor de quince conos. Después se colectaron diez conos de aquellos árboles que tenían más de quince conos (Apéndice 1). Los conos colectados de cada árbol se depositaron en bolsas de papel, cada una de estas bolsas fueron identificadas con plumón de tinta

permanente, conteniendo la siguiente información: bloque, procedencia, número de árbol, número de cono y fecha de colecta. Posteriormente, las bolsas se trasladaron al Laboratorio de Ingeniería del Departamento Forestal de la UAAAN.

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

<i>Procedencia (nombre)</i>	<i>Localización geográfica</i>		<i>Altitud</i>
	<i>Latitud Norte</i>	<i>Longitud Oeste</i>	<i>(msnm)</i>
<i>Los Lirios, Arteaga, Coah.</i>	<i>25° 23' 15</i>	<i>100° 33' 00''</i>	<i>De 2300 a 2400</i>
<i>Jamé, Arteaga, Coah.</i>	<i>25° 20' 40''</i>	<i>100° 35' 25''</i>	<i>De 2500 a 2600</i>
<i>Cuauhtémoc, Saltillo, Coah.</i>	<i>25° 17' 00''</i>	<i>100° 55' 20''</i>	<i>De 2400 a 2500</i>

INEGI (1999,2000)

### *Análisis de conos y semillas*

*En el Laboratorio de Ingeniería Forestal, los conos se secaron a temperatura ambiente, para evitar la presencia de hongos o plagas. Estando los conos cerrados, el largo del cono se midió desde su base hasta su ápice, mientras que, su ancho se midió en su parte más amplia, ambas mediciones se hicieron con un pie de rey digital con aproximación al 0.1 mm. La extracción de las escamas y de las semillas se hizo de la siguiente manera, primero, se contó el número de escamas basales del cono, identificándose con un marcador permanente. Segundo, se perforó la parte central del cono con la ayuda de un taladro eléctrico. Tercero, las escamas se separaron del cono de manera sistemática, iniciando por las escamas basales, luego con las intermedias para culminar con las terminales, para ello se usaron pinzas mecánicas (Apéndice 2). En cada escama extraída por cono se evaluó el número de óvulos abortados (OA), de semillas llenas (SLL), de semillas vanas (SV) y de escamas (fértils e infértiles), de acuerdo con la metodología de Bramlett et al. (1977). Al término de cada evaluación las escamas de los conos se regresaron a las bolsas.*

*Las semillas llenas y vanas se determinaron con el siguiente procedimiento: en un recipiente de plástico transparente se depositó alcohol (125 ml), posteriormente, se depositaron las semillas desarrolladas (llenas y vanas), se observó la separación de las semillas, y en menos de un minuto las semillas fueron sacadas del recipiente y las semillas llenas fueron puestas sobre papel periódico para una rápida evaporación del alcohol y su posterior conteo, se registró en el formato y se colocaron en las bolsas de papel con su respectivas etiquetas. El criterio que se empleó para considerar como semilla llena fue aquella que se sumergió hasta el fondo del recipiente y como semilla vana las que se encontraban flotando totalmente o suspendida en el alcohol (Caron y Powell, 1989).*

*Para el secado del cono se uso una estufa Felisa, las bolsas con las escamas del cono se colocaron en la estufa, posteriormente se dejaron secar por un periodo de ocho horas a temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Después cada bolsa se sacaba de la estufa para pesar las brácteas de los conos en una balanza analítica con aproximación al gramo. Los datos de todas las variables evaluadas anteriormente fueron registrados en el formato de análisis de conos y semillas (Apéndice 3). El peso total de las semillas llenas por cono se obtuvo utilizando una balanza analítica.*

### ***Indicadores reproductivos***

*Para determinar los indicadores reproductivos se utilizaron las siguientes variables: largo del cono (LC), peso seco del cono (PSC), escamas fértiles (EF), proporción de óvulos abortados (POA), proporción de semillas vanas (PSVAN), proporción de semillas llenas (PSLL) y el coeficiente de endogamia (COEND).*

*Se determinaron las siguientes variables con las fórmulas que se presentan en el Cuadro 2 (Bramlett et al., 1977):*

*Cuadro 2. Fórmulas para la obtención de los valores de las variables de producción de semilla e indicadores reproductivos.*

---

<i>Potencial de semilla (PS)</i>	=	<i>Escamas fértiles x 2</i>
<i>Eficiencia de semilla (ES)</i>	=	<i>(Total de semillas llenas / PS) x 100</i>
<i>Semillas desarrolladas (SD)</i>	=	<i>Semillas vanas (SV) + Semillas llenas (SLL) + Semillas dañadas por hongos e insectos (SDHI)+ Semillas dañadas por varios factores (SDV)</i>
<i>Semillas desarrolladas (%)</i>	=	<i>(SD / PS) x 100</i>
<i>Semillas llenas (%)</i>	=	<i>(SLL / PS) x 100</i>
<i>Proporción de semillas vanas (PSVAN).</i>	=	<i>(SV / PS) x 100</i>
<i>SDHI (%)</i>	=	<i>(SDHI / SD) x 100</i>
<i>SDV (%)</i>	=	<i>(SDV / SD) x 100</i>
<i>Proporción de óvulos Abortados (POA) (%).</i>	=	<i>(Óvulos Abortados (OA) / PS) x 100</i>
<i>Coefficiente de endogamia (COENDO)</i>	=	<i>SV / SD</i>

---

### **Análisis estadístico**

*La captura y el procesamiento de las variables se hicieron con Excel y con el uso del Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1. Se estimó el potencial y eficiencia de semillas de cada procedencia. La eficiencia de semilla y el coeficiente de endogamia se transformaron a valores angulares con arcoseno  $\sqrt{(\text{proporción})}$ . Se hizo un análisis de varianza (ANVA) para un diseño de bloques completos al azar utilizando el PROC MIXED de SAS. Se realizó un análisis considerando a las tres procedencias como una sola población para lo cual se estimó el potencial y eficiencia de semillas, además el coeficiente de endogamia de la población, de tal forma que se obtuvieron los valores promedios, el rango, valores mínimos y máximos, así como el error estándar y el coeficiente de variación. Finalmente, se realizó un análisis de correlación entre las variables LC, AC, EF, SV, SDIH, SDV y COENDO con el PROC CORR de SAS versión 9.1.*

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Potencial y eficiencia de semillas***

*No se encontraron diferencias entre las procedencias con respecto al potencial y eficiencia de semilla, por lo que el potencial de semillas para las procedencias de Jamé y Los Lirios fue de 263 y 264 semillas  $\text{cono}^{-1}$ , respectivamente, y para la procedencia Cuauhtémoc fue de 231 semillas  $\text{cono}^{-1}$ . El promedio general de potencial de semillas de las tres procedencias fue de 252 semillas  $\text{cono}^{-1}$ . En cuanto a la eficiencia de semillas la procedencia Cuauhtémoc tuvo el valor más alto en eficiencia de semillas (20.6%), seguida de las procedencias Cañón de Jamé y Los Lirios con 16.7 y 14.9%, respectivamente.*

*En un segundo análisis donde se consideró a las tres procedencias como una población, el potencial de semillas en promedio fue de 247 semillas  $\text{cono}^{-1}$ , el valor mínimo y el máximo fueron de 181 a 339 semillas  $\text{cono}^{-1}$ , respectivamente (Cuadro 3). Con este resultado alto del potencial de semilla de este estudio, parece mostrar variación geográfica, debido a que hay diferencias en el potencial de semillas reportados en otros estudios de la misma especie para ambas variedades (greggii y australis). Estas diferencias han sido encontrado en el *Pinus silvestris* donde reportan variaciones en el potencial de semilla en diferentes huertos (Karrfalt y Belcher, 1977).*

*López y Donahue (1995) en un estudio de la producción de semillas de *Pinus greggii* en poblaciones naturales de Querétaro e Hidalgo (var. australis), Coahuila y Nuevo León (var. greggii), incluyendo los 12 sitios muestreados, encontraron un potencial de semilla de 104 semillas  $\text{cono}^{-1}$  de 74 a 149 semillas  $\text{cono}^{-1}$ . Separándolos, de la región sur de su distribución (var. australis) reportaron un potencial de semillas más alto a los de región norte (var. greggii) (117 contra 91 semillas  $\text{cono}^{-1}$ ). Alba et al. (2005) en un estudio de la producción de semillas de *Pinus greggii* var. australis encontraron un potencial de semillas de 161 semillas  $\text{cono}^{-1}$ , de 152 a 170 semillas  $\text{cono}^{-1}$ .*

*Cuadro 3. Valores promedio, mínimo, máximo, error estándar (E) y el coeficiente de variación (CV) del potencial de semillas, la eficiencia de semillas y pérdida de semillas de Pinus greggii Engelm.*

<i>Característica</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Media</i>	<i>Máximo</i>	<i>E</i>	<i>CV (%)</i>
<i>Potencial de semillas (semillas cono<sup>-1</sup>)</i>	180	247	339	4.16	14.38
<i>Eficiencia de semillas (%)</i>	8.23	24.38	46.46	0.92	32.35
<i>Proporción de semillas dañadas por insectos (%)</i>	0.0	4.3	24.4	0.63	124.7
<i>Proporción de óvulos abortados (%)</i>	0.9	38.7	99.7	3.5	77.3
<i>Proporción de semillas vanas (%)</i>	4.36	12.3	20.33	0.43	29.67

*En un estudio de la producción de semillas del género Pinus en huertos y rodales semilleros de Smurfit Cartón de Colombia, Isaza et al. (2002) encontraron que el potencial de semillas para Pinus tecunumanii Eguluz & J.P. Perry fue de 125 semillas cono<sup>-1</sup> (de 123 a 127 semillas cono<sup>-1</sup>) y para Pinus oocarpa Schiede fue de 137 semillas cono<sup>-1</sup>. Estos valores reportados para estas dos especies serotinas son menores a los encontrados en este estudio, aún cuando los valores son mayores a los encontrados en su distribución natural.*

*Para otras coníferas dentro del grupo cembroides, en un análisis de conos y semillas de Pinus catarinae M. F. Robert-Passini, Lemus (1999) encontró un potencial de semilla de 11.1 semillas cono<sup>-1</sup>; López (2005) en un estudio de la producción de semillas de Pinus johannis M. F. Robert en dos poblaciones naturales de México, encontraron que para la población El Coahuilón el potencial de semillas promedio fue de 25 semillas cono<sup>-1</sup>, para la población de Concepción del Oro fue de 23 semillas cono<sup>-1</sup>; Hernández (2006) en un estudio de la producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de Pinus pinceana Gordon., encontró que el potencial de semillas promedio fue de 50 semillas cono<sup>-1</sup>, con valores mínimos y máximos de 44 y 60 semillas cono<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos resultados más bajos a los de este estudio, se deben a diferencias en el tamaño del cono y a que se trata de coníferas de grupos diferentes.*

*En especies latífoliadas se han realizado estudios del potencial de semillas. Por ejemplo, Alderete y Márquez (2004) en un estudio de variación en frutos de Cedrela odorata L., encontraron un potencial de semillas de 42.3 semillas fruto<sup>1</sup>, con este resultado del potencial de semilla consideran a la especie como una buena productora de semillas; De la Cruz y Mendizábal (2004) en un estudio de la variación en frutos de Swietenia macrophylla King., encontraron un potencial de semillas de 61.53 semillas fruto<sup>1</sup>.*

*Con los resultados anteriores se demuestra que los valores del potencial de semillas son diferentes para cada especie y el potencial de semillas en un huerto puede ser diferente al promedio de la especie, esto depende de los árboles presentes en ella (Bramlett et al., 1997).*

*El potencial de semillas que se encontró en este estudio fue superior comparado con lo reportado por los autores anteriores, el cual posiblemente se deba a que la producción de semilla, la producción total de semilla y el potencial de semillas aparecen más afectados por los genes que por el ambiente (Todhunter y Polk, 1981). Y en la cual en esta área se encuentran presentes tres procedencias donde hay una recombinación de genes que posiblemente contribuyó a la obtención del potencial de semillas alto en esta área.*

*Con respecto a la eficiencia de semillas y considerando a las tres procedencias como una población, el valor de la eficiencia de semilla fue de 24%, con valores mínimos y máximos de 8 a 46%, respectivamente (Cuadro 3). Este valor indica que hay una producción de semillas muy bajo (menor al 50%), e indica que hay una pérdida de semillas excesiva (Bramlett 1977). Por ejemplo, de un total de 247 semillas que el cono pudo llegar a producir (potencial biológico), en promedio sólo se desarrollaron 60 semillas llenas por cono. Estos valores tan bajos posiblemente se debieron a que los óvulos no tuvieron una buena polinización o una buena fertilización.*

*Valores de eficiencia de semillas menores al 35% indican una pérdida excesiva de semillas, valores de 35 a 54% indican que se está perdiendo cierto potencial de semillas, valores mayores*

*a 55% la producción es buena y se puede llegar a obtener una eficiencia de hasta el 80%, que es difícil encontrarlo en condiciones naturales (Bramlett et al., 1977).*

*López y Donahue (1995) encontraron una eficiencia de semillas del 61.12% incluyendo todos los sitios muestreados, haciendo una separación la var. greggii tuvo una eficiencia de 61.55 y la var. australis fue de 60.68. Alba et al. (2005) encontraron una eficiencia de semillas de 79% (71 a 87%), las eficiencias consideradas como buena y muy buena respectivamente a los de estos dos estudios e indican que hay una buena productividad (Bramlett et al., 1977).*

*Arce e Isaza (1996) en un estudio de la producción de semillas por cono en cuatro especies del género Pinus en Colombia encontraron para Pinus patula una eficiencia de semilla promedio de 10.1% (1 a 33%), para Pinus oocarpa 13% (1 a 34%); Isaza et al. (2002) encontraron las siguientes eficiencias de semilla: para Pinus tecunumanii de la finca Arcadia fue de 9% y la finca La Suiza 6%, para Pinus oocarpa fue del 13%. Los resultados de estas especies serotinas fueron aún más bajos a los que se encontraron en este estudio. Posiblemente, esto se deba a que estas especies son introducidas y no se han adaptado, quizás debido a una polinización ineficiente.*

*Para otras coníferas dentro del grupo cembroides, en un análisis de conos y semillas de P. catarinae, Lemus (1999) encontró una eficiencia de semillas de 21.3%; López (2005) en un estudio de la producción de semillas de P. johannis reportó los valores de eficiencia de semilla para la población El Coahuilón fue del 4%, para la población de Concepción del Oro fue del 12%; los valores bajos de las dos poblaciones es afectado por los años semilleros. Hernández (2006) en un estudio en ocho poblaciones naturales de P. pinceana reportó una eficiencia de semillas de 35%, con valores mínimos y máximos de 0 a 54%, respectivamente. El valor bajo de la eficiencia de semilla es debido a que su distribución de estas especies es reducido y esto afectó la producción de polen y posiblemente una mayor autopolinización entre árboles o parientes cercanos.*

*Con especies latífoliadas, en un estudio de variación en frutos de C. odorata, Alderete y Márquez (2004) encontraron una eficiencia de semillas de 56.35%, este resultado indica que hay una buena productividad; mientras que en S. macrophylla, De la Cruz y Mendizábal (2004) encontraron una eficiencia de producción de 74.5%, este valor es bueno lo cual indica que existe una buena productividad en esta especie. Estos valores contrastan con los resultados encontrados en este estudio, que fueron más bajos.*

*La eficiencia de semilla que se encontró en este estudio es baja comparado con lo que reportaron los autores antes mencionados, donde las causas posibles a esta baja eficiencia son: falla en la polinización o falla en la fertilización (sincronización), una baja viabilidad del polen por ser aun una población joven, también puede ser la mala selección de los conos, en la que no se tomo ningún criterio para la selección de los mismos, en donde algunos conos poseían pocas semillas viables que afectaron la eficiencia de semilla y quizás los factores ambientales.*

### ***Pérdida de semillas***

*No se encontraron diferencias entre las tres procedencias en cuanto al porcentaje de semillas dañadas por insectos, porcentaje de semillas vanas y el porcentaje de óvulos abortados.*

*El porcentaje de semillas dañadas por insectos y hongos fue de 4.3% con valores mínimos y máximos de 0.0 y 24.4%, respectivamente (Cuadro 3). Estos valores son bajos comparados con los encontrados en otros estudios. El daño se le atribuye a las chinches semilleras (Tetyra spp), éstas se han encontrado posadas y alimentándose sobre las semillas de conos de segundo año, en las cuales insertan su aparato bucal en forma de estelite y causan daños a las semillas (semillas vanas), las semillas se colapsan o quedan con un daño parcial y en la superficie del cono no se observan evidencias de daño (Cibrián et al., 1995).*

*Los resultados de los daños provocados por insectos reportados por los siguientes autores, son menores a los encontrados en este estudio, por lo que será necesario tomar medidas preventivas*

*para evitar problemas en el futuro, porque la incidencia de insectos contribuye a una alta pérdida en la producción de semillas (De Barr et al., 1975).*

*López y Donahue (1995) reportaron un promedio de daños por insectos del 0.4 %, donde la variedad greggii (del noreste del país) tuvo el valor más alto con respecto al de la variedad australis (del centro del país).*

*De ocho poblaciones estudiadas de P. pinceana, Hernández (2006) reporta que la población que presentó problemas de semillas dañadas por insectos y hongos fue Cañón de las Bocas, con un porcentaje de 48%, ocasionado por Leptoglossus occidentales Heidemann, las otras poblaciones no presentaron daños.*

*El porcentaje de semillas vanas promedio para la población fue de 12.3% (de 4.4 a 20.3%) (Cuadro 3). Este resultado contribuyó a la eficiencia de semillas baja encontrado en este estudio. Las causas que provocan semillas vanas son: los insectos (principal causa), hongos, alelos letales embriónicos y la baja viabilidad de polen (Bramlett et al., 1977; Bramlett, 1993).*

*En un estudio de la producción de semillas de P. greggii en poblaciones naturales en México, López y Donahue (1995) reportaron un porcentaje de semillas vanas promedio de 9.7% (de 0 a 33%), en donde este promedio es muy similar al encontrado en este estudio. Con especies serotinas, Isaza et al. (2002) en un estudio de la producción de semillas del género Pinus en huertos y rodales semilleros de Smurfit Cartón de Colombia, encontraron que el porcentaje de semillas vanas para P. tecunumanii en la finca La Arcadia (huerto semillero de plántulas) fue de 37% y para la Finca La Suiza (huerto clonal) 53% y para P. oocarpa en la Finca El Pital fue de 40%, estos porcentajes son muy altos a los encontrados en este estudio posiblemente es debido a que las especies son introducidas y mas susceptibles al ataque de insectos.*

*En un estudio en ocho poblaciones naturales de México (tres en Coahuila, tres de Zacatecas, una en San Luis Potosí y una en Hidalgo) de P. pinceana, Hernández (2006) reportó un porcentaje de semillas vanas promedio de 41% (12 semillas por cono), con valores mínimos y*

máximos de 23 y 72%, respectivamente. El porcentaje alto encontrado en dicho estudio es muy diferente y más bajo a lo encontrado en este estudio quizás es causa de alelos embriónicos letales, la autopolinización u otros factores.

En un estudio de los indicadores reproductivos en poblaciones naturales de México (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Querétaro, Veracruz, Hidalgo y Puebla) de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco, Mápula et al. (2007) encontraron que la proporción de semillas vanas total fue de 39.5%, varió de 24% en el Mohinora a 63% en Rinconada del Atajo. Este porcentaje de semillas vanas es alto comparado con este estudio, y posiblemente es debido a que las poblaciones son más pequeñas.

El factor que se le atribuye la obtención de semillas vanas para este estudio posiblemente fue una polinización ineficiente y la falta de viabilidad de polen, esto por haberse encontrado baja incidencia de insectos, comparado con la misma especie son valores similares, mientras que con las otras especies este valor es menor por las causas que señalan los respectivos autores.

El aborto de óvulos de primero y segundo año promedio para la población fue de 38.7%, el mínimo de 0.9 y el máximo de 99.7% (Cuadro 3). Estos resultados son altos, lo cual afectó la eficiencia de semillas, posiblemente por la falta de polen viable y la incidencia de insectos. Las causas de aborto de óvulos se le atribuyen a varios factores como la falta de polen viable, factores biológicos (la incidencia de insectos, animales depredadores), factores climáticos y ambientales (sequías, mucha lluvia, fuertes vientos, las granizadas, los huracanes) (Bramlett et al., 1977; Leadem et al., 1997; Jordano, 1998).

En un estudio con *P. greggii* en poblaciones naturales, López y Donahue (1995) reportaron que el promedio de semillas abortadas de primer año fue de 35.7% (0 a 59.5%) y abortadas de segundo año fue de 1.6% (0 a 10.8%), dichos estos valores son muy similares a los encontrados por este estudio.

En un estudio con *P. johannis*, López (2005) encontró que el porcentaje de óvulos abortados para la población El Coahuilón fue del 69% y para la población de Concepción

*del Oro fue del 76%, valores muy altos comparados con los de este estudio. Hernández (2006) reportó para las ocho poblaciones de P. pinceana una proporción de óvulos abortados promedio de 38%, con valores mínimos y máximos de 27 a 57%, respectivamente, y menciona que estos valores tan altos puede deberse posiblemente a problemas de polinización. Estos valores son similares a los que se encontró en este estudio.*

*Los resultados del porcentaje de óvulos abortados tanto del primero y segundo año en este estudio fueron similares a los que encontraron los autores que estudiaron esta especie en su distribución natural y con los otros autores antes citados y el factor causante de esta pérdida de semilla probablemente se debió a la baja viabilidad del polen, la incidencia de insectos y quizás factores ambientales (sequía).*

### ***Indicadores reproductivos***

*No se encontraron diferencias entre las tres procedencias con respecto al largo y ancho del cono, peso seco del cono, peso de semilla por cono, escamas fértiles y proporción de semillas llenas.*

*Considerando a las tres procedencias como una población, la longitud promedio del cono fue de 9.1 cm, con valores mínimos y máximos de 6 a 12 cm, respectivamente. El ancho promedio del cono fue de 3.7 cm, con un diámetro mínimo de 2.8 cm y un máximo de 4.6 cm (Cuadro 4).*

*En un estudio sobre las características morfológicas en conos y semillas de Pinus greggii (var. greggii y australis), López et al. (1993) encontraron que el promedio de longitud del cono fue de 10.5 cm con valores mínimos y máximos de 7 a 15.1 cm; Donahue y López (1995) en un estudio de la variación geográfica en la morfología en hoja, cono y semilla de Pinus greggii en bosques naturales reportaron que la longitud del cono promedio para las poblaciones del norte fue de 11.6 cm y para las poblaciones del sur fue de 10.5 cm, en cuanto al ancho del cono para ambas poblaciones fue de 4.1 cm; en un estudio de conos, semillas y plántulas de Pinus greggii var. australis, de una población del estado de Veracruz, México, Morante et al. (2005) encontraron*

que la longitud promedio fue de 11.4 cm con valores mínimos y máximos de 7.4 a 15.1 cm, respectivamente.

Cuadro 4. Valores promedio, mínimo, máximo, error estándar (E) y el coeficiente de variación (CV) de las características reproductivas de conos y semillas de *Pinus greggii* Engelm.

Característica	Mínimo	Media	Máximo	E	CV
Longitud del cono (cm)	6	9.1	12	1.44	13.45
Ancho del cono (cm)	2.8	3.7	4.6	0.4	9.27
Peso seco del cono (gr)	21.3	29.2	37	4.87	29.76
Peso de semilla por cono (gr)	0.60	0.74	0.95	0.11	27.65
Número de escamas fértiles	90.4	123.6	169.7	2.1	14.38
Proporción de semillas llenas*	8.23	24.4	46.5	0.92	32.35
Índice de endogamia (%)	0.09	0.28	0.56	1.23	37.47

\*Eficiencia de semillas

El tamaño (largo y ancho) encontrado en este estudio fue similar a lo que reportan los autores anteriores que estudiaron con la misma especie en su distribución natural, así también el tamaño (largo y ancho) que a continuación se mencionan guarda cierto contraste, debido a que cada especie tiene un tamaño promedio, las cuales pueden ser más grandes o más pequeñas a la especie en estudio.

En un estudio de la variación en conos y semillas de *Pinus cembroides* subespecie. *Orizabensis*, Sánchez et al. (2002) encontraron una longitud promedio de 3.8 cm y un ancho promedio de 3.5 cm, estos valores están por arriba de su promedio. Por su parte, Hernández (2006) reportó para las ocho poblaciones de *P. pinceana* una longitud promedio del cono de 7.5 cm (de 6.6 a 8.5 cm).

*En un estudio de la variación en frutos de Cedrela odorata, Alderete y Márquez (2004) encontraron que la media general del largo fue de 3.4 cm, las media por familia 3.12 y 3.98 cm, el ancho de los frutos se encontró una media general de 1.97 y las medias por familia fueron de 1.73 y 2.09 cm, estos valores presentaron una alta variación entre familias. De la Cruz y Mendizábal (2004) en un estudio de la variación en frutos de Swietenia macrophylla encontraron una longitud promedio de 25.6 cm y un ancho de 15.8 presentándose mucha variación entre familias.*

*El peso seco promedio para la población de P. greggii de este estudio fue de 29.2 gr con valores mínimos y máximos de 21.3 y 37 gr, respectivamente (Cuadro 4).*

*En un estudio de la variación de características morfológicas en conos y semillas de P. greggii, López et al. (1993) reportaron un peso seco promedio de 63.4 gr. Resultado que fue superior a lo encontrado en este estudio.*

*En un estudio en ocho poblaciones naturales de P. pinceana, Hernández (2006) reportó un promedio del peso seco del cono de 16.67 gr. En las poblaciones de Matehualilla y San Cristóbal se encontraron valores mínimos de 12.2 y 10.4 gr, respectivamente y en Garambullo se encontró el valor máximo de 22.5 gr. El peso encontrado en esta especie (grupo cembroides) fue menor a lo que se encontró en este estudio, porque son especies diferentes.*

*El peso de semillas por cono promedio considerando a las tres procedencias como una población fue de 0.74 gr, el valor mínimo y máximo fueron de: 0.60 y 0.95 gr, respectivamente (Cuadro 4).*

*En un estudio de la variación de características morfológicas en conos y semillas de P. greggii, López et al. (1993) encontraron un peso promedio por semilla de 14.9 mg que dio un promedio de 67,567 semillas por kg. Este resultado es diferente porque consideraron únicamente el peso promedio de una semilla y en este estudio se tomó en cuenta el peso de todas las semillas llenas por cono.*

*En un estudio de los indicadores reproductivos en poblaciones naturales de Psedutsuga en México, Mápula et al. (2007) encontraron promedios del peso de semilla llena por cono de 58 a 290 mg, para las diferentes poblaciones. El peso de semillas es diferente a lo encontrado en este estudio, debido a que es otra especie y cada especie tiene sus propias características.*

*El número de escamas fértiles promedio considerando a las tres procedencias como una población fue de 123.6 con valores mínimos y máximos de 90.4 a 169 escamas por cono (Cuadro 4).*

*El número de escamas fértiles que se obtuvo en este estudio son superiores a lo que reportan los siguientes autores, el que favoreció la obtención del potencial de semilla alto en este estudio.*

*En un estudio de la producción de semillas de P. greggii en poblaciones naturales en México, López y Donahue (1995) reportaron un promedio de escamas fértiles por cono para todas las poblaciones (norte y sur) que fue de 54 (de 37 a 149 escamas por cono); Alba et al. (2005) en un estudio de la producción de semillas de Pinus greggii en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan, Veracruz, México, encontraron un promedio de 80.5 escamas fértiles por cono (de 76 a 86 escamas fértiles por cono).*

*En un estudio de la producción de semillas del género Pinus en huertos y rodales semilleros de Smurfit Cartón de Colombia, Isaza et al. (2002) encontraron un promedio de escamas fértiles para Pinus tecunumanii fue de 62.5 (de 61.5 a 63.5 escamas fértiles por cono) y Pinus oocarpa fue de 68.5 escamas fértiles por cono. Estos valores de escamas fértiles reportados para estas dos especies serotinas son menores a los encontrados en este estudio.*

*Otros estudios realizados que se han realizado con especies del grupo cembroides, por ejemplo, López (2005) en un estudio de la producción y viabilidad de semillas de P. johannis reportó valores promedio de las escamas fértiles para Concepción del Oro fue de 12.39 escamas y para El Coahuilón fue de 11.36 escamas. En otro estudio en ocho poblaciones naturales de P. pinceana, Hernández (2006) encontró un promedio de escamas fértiles de 24.9, en donde Cañón*

*de las Bocas y las Norias presentaron valores altos 29.9 y 27.2 escamas y valores bajos fueron encontrados en Garambullo, Lomas del Orégano, Matehualilla y San Cristóbal con 23.2, 23.3, 22.4 y 22.1, respectivamente.*

*En un estudio de los indicadores reproductivos en poblaciones naturales de P. mexicana Martínez., Flores et al. (2005) encontraron valores promedios de escamas fértiles para la población El Mohinora, El Coahuilón y La Marta de 91.5, 99.1 y 116.5 escamas fértiles, respectivamente para ambos años (1999 y 2001).*

*La proporción de semillas llenas promedio para la población fue de 24% y los valores mínimos y máximos fueron de 8 a 46%, respectivamente (Cuadro 4).*

*Los siguientes autores que han trabajado con la especie de Pinus greggii reportaron los siguientes promedios de proporción de semillas: López y Donahue (1995) 66%; Alba et al. (2005) 79% (71 a 87%), estas proporciones son más altas a lo encontrado en este estudio.*

*Con especies del grupo serotino, Arce e Isaza (1996) reportaron para P. patula una proporción de semillas llenas promedio de 10.1% (de 1 a 33%), P. oocarpa 13% (de 1 a 34%); Isaza et al. (2002) encontraron para P. tecunumanii una proporción de semillas llenas de 9 y 6% en la Finca la Arcadia y la Suiza, respectivamente, en P. oocarpa la proporción de semilla llena encontrada fue de 13%. Resultados que son más bajas a lo encontrado en este estudio.*

*Diversos estudios se han hecho con especies del grupo cembroides, dichos autores comentan considerando sus particularidades como especies per se: Lemus (1999) en un análisis de conos y semillas de P. catarinae reportó un promedio de la proporción de semilla de 21.3%; López (2005) en un estudio de la producción y viabilidad de semillas de P. johannis encontró los siguientes promedios de la proporción de semilla llena: para Concepción del oro fue de 22.6% y para El Coahuilón fue de 12.4%; Hernández (2006) en un estudio en ocho poblaciones naturales de P. pinceana con respecto a la proporción de semillas encontró un promedio para las ocho poblaciones de 35%. Las poblaciones con alto número de semillas llenas fueron: Garambullo,*

*Lomas del Orégano, Matehualilla y San Cristóbal (entre 43 a 54) y el valor mínimo (0%) se presento en Cañón de las Bocas.*

*Flores et al. (2005) en un estudio de los indicadores reproductivos en poblaciones naturales de P. mexicana encontraron que la proporción de semillas llenas para las poblaciones El Mohinora, El Coahuilón y La Marta fueron de 49, 44 y 46%, respectivamente.*

*Los resultados de la proporción de semillas llenas encontradas en esta área comparados con los autores antes mencionados, algunos son mayores, inferiores y otros son similares el cual según Hernández (2005) indica que hay variaciones entre poblaciones y quizás en el rango de polinización (Mápula et al., 2007).*

### ***Endogamia***

*No se encontraron diferencias entre las procedencias para el coeficiente de endogamia la procedencia Cuauhtémoc tuvo el valor más alto (0.28) seguida de las procedencias de Jamé y Los Lirios con 0.24 y 0.14, respectivamente.*

*Considerando a las tres procedencias como una población, el coeficiente de endogamia promedio fue de 0.28 los valores mínimos y máximos fueron de 0.09 a 0.57, respectivamente (Cuadro 4). Este resultado bajo encontrado en este estudio indica que presenta cierto grado de autofecundación, quizás problemas de insectos que provocan semillas vanas, la presencia de alelos letales, pero cabe señalar que esta población esta conformada por árboles provenientes de tres procedencias, de los que son poblaciones que no están fragmentadas, las cuales existen menos posibilidades de autofecundación entre parientes cercanos. Con los resultados obtenidos se puede beneficiar de semillas (semillas de procedencias) destinadas a la reforestación, plantaciones comerciales y restauraciones, entre otras.*

*En un estudio con P. greggii en poblaciones naturales, López y Donahue (1995) reportaron un coeficiente de endogamia promedio de 0.14 este valor es menor a lo reportado en este estudio. Estos resultados puede deberse a una baja autopolinización entre árboles y parientes cercanos o quizás a problemas de insectos, o presencia de alelos letales.*

*En un estudio de la producción de semillas de P. johannis en dos poblaciones naturales de México., López (2005) obtuvo los siguientes coeficientes de endogamia: para la población El Coahuilón fue de 0.70 y la población de Concepción del Oro fue de 0.38, el alto valor del coeficiente de endogamia es debido a que la población del Coahuilón es más pequeña, menos individuos y esto lleva a una reproducción entre los parientes.*

*Hernández (2006) reportó para las ocho poblaciones de P. pinceana un coeficiente de endogamia promedio de 0.42, las poblaciones del Garambullo, San Cristóbal y Matehualilla fueron los valores más bajos (0.03, 0.25 y 0.28) respectivamente, y San José Carbonerillas fue reportado con el más alto índice de endogamia (0.74), este resultado posiblemente es por una baja densidad de la población.*

*En un estudio de los indicadores reproductivos en poblaciones naturales de Picea mexicana, Flores et al. (2005) encontraron un coeficiente de endogamia de 0.73 a 0.84, para todas las poblaciones, estos resultados son altos y posiblemente debido al tamaño reducido de las poblaciones, donde existe alta reproducción entre parientes.*

*Los valores de este estudio son bajos que contrastan con los estudios que se han reportado por los autores anteriores esto es debido a que son poblaciones pequeñas, donde existen menos individuos que lleva a altas posibilidades de autofecundación entre si o entre parientes.*

### ***Correlación de la producción de semilla e indicadores reproductivos***

*El análisis de correlación arrojó que el largo del cono se correlacionó de forma positiva y altamente significativo, con valores regulares con el ancho del cono, la eficiencia de semilla (%)*

y el peso de semillas por cono (gr), respectivamente (Figura 2). Similarmente, el ancho del cono también se presentó correlación, altamente significativa, de forma positiva y con valores regulares,  $r = 0.51$  y  $0.64$ , con la eficiencia de semilla (%) y el peso de semillas por cono (gr), respectivamente.

*El incremento del largo del cono va acompañado del ancho del mismo. La correlación entre el tamaño del cono (largo y ancho), la eficiencia de semilla (%) y el peso de semilla por cono (gr) indica que los conos más grandes tienen más semillas llenas que contribuyen para que la eficiencia de semilla y el peso del cono se incrementen, por lo tanto es más eficiente coleccionar este tipo de conos.*

*López et al. (1993) en un estudio de la variación de características morfológicas en conos y semillas de *P. greggii* encontraron una relación significativa al 95%, positiva con el ancho del cono y el peso seco del cono con un valor de  $r = 0.78$ . Rodríguez y Capó (2005) en *Pinus arizonica* Engelm., encontraron una correlación positiva ( $r = 0.78$ ) y altamente significativa entre el largo y ancho del cono, esto indica que en las poblaciones con conos largos tienen también conos más anchos. González et al. (2006) en *Pinus cembroides* Zucc, encontraron que el diámetro ( $r = 0.60$  y  $0.68$ ) y la longitud ( $r = 0.81$  y  $0.81$ ) del cono se correlacionó en forma positiva ( $p < 0.0001$ ) con el número de semillas por cono para ambos años en que se midió (15 y 16 años de edad). En un estudio de los indicadores reproductivos en poblaciones naturales*

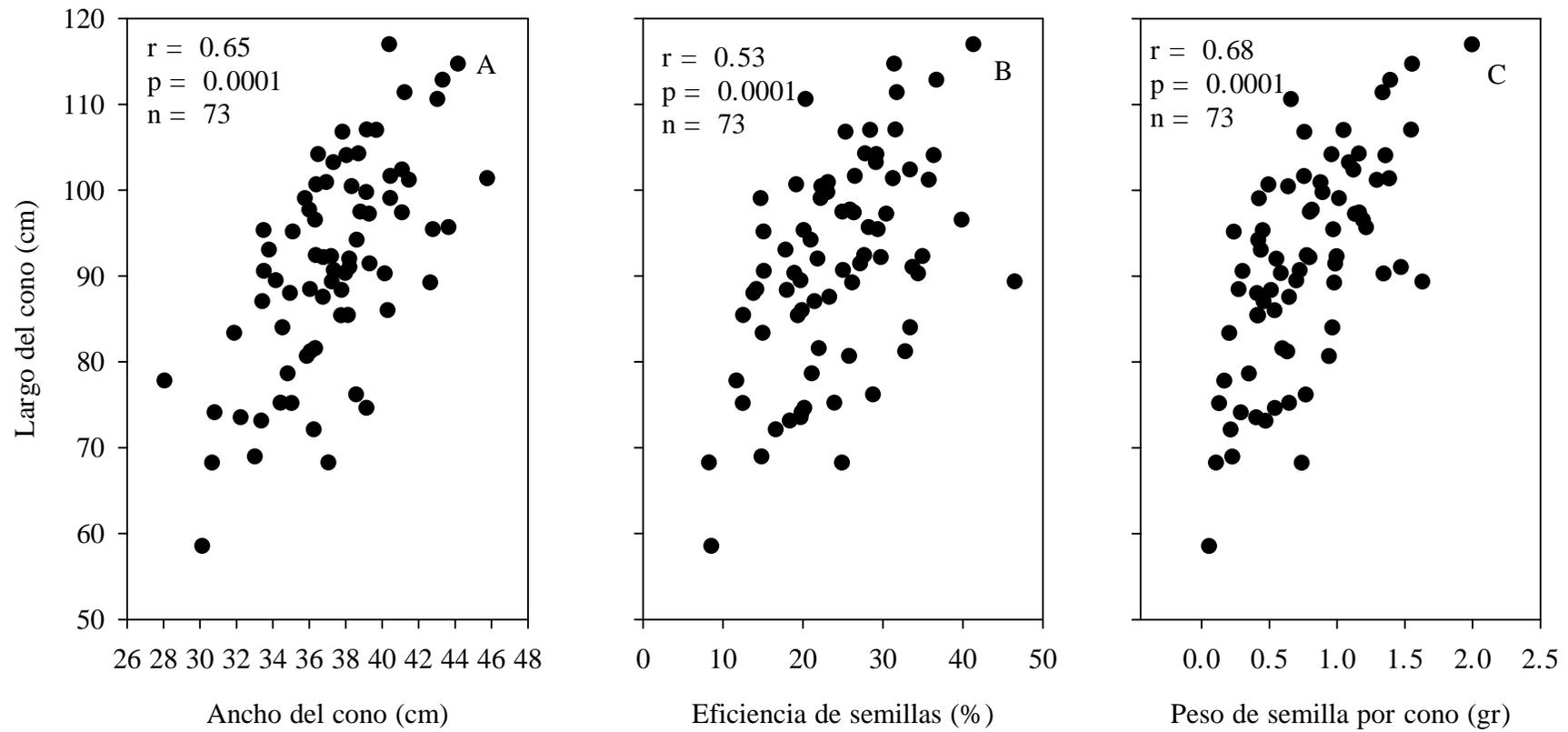


Figura 2. Correlación del largo del cono con el ancho del cono (A); eficiencia de semilla (B); y peso de semilla por cono (C) de la población CAESA de *Pinus greggii* Engelm., Arteaga, Coah.

de *Pseudotsuga* en México, Mápula et al. (2007) encontraron que el ancho del cono se correlacionó en forma positiva con el peso de la semilla ( $r= 0.76$ ,  $p<0.05$  y  $n=9$ ).

Similarmente a los anteriores autores, las dimensiones, largo y ancho del cono, se asoció positivamente con variables de producción de semilla e indicadores reproductivos con este estudio, por lo que se traduce que en la medida en que se tengan conos más largos y anchos se tendrá una producción de semilla de mejor calidad, lo cual coincide con lo encontrado por dichos autores.

La eficiencia de semilla se correlacionó, de forma positiva y altamente significativa con valores de regulares a buenos con el peso seco del cono y el peso de semilla por cono (Figura 3). También el peso de semilla por cono tuvo una correlación, altamente significativa, de forma positiva con un valor alto, con el peso seco del cono (Figura 3C).

A mayor peso de semilla por cono, el peso seco del cono se incrementó por el aumento en el número de escamas que tienen más semillas llenas (eficiencia de semilla) (Figuras 3A y 3B). Los conos más grandes producen más escamas, las cuales tienen más semillas llenas, éstas son más grandes y más pesadas (Figura 3C).

En un estudio con *Pseudotsuga macrolepis* Flous., Zavala y Méndez (1996) encontraron que el número de semillas desarrolladas (NSD) se asoció en forma positiva y altamente significativa con el número de escamas fértiles (NEF) ( $r=0.65$ ,  $p=0.0001$ ). Por su parte, en *Pseudotsuga*, Mápula et al. (2007) encontraron correlaciones altas positivas ( $r=0.05 \geq 0.94$ ) entre la eficiencia de semillas y el peso total de semilla por cono.

Los autores anteriores encontraron asociaciones similares a los que se encontraron en este estudio lo que significa que a una mayor eficiencia de semillas esta implícita que hay una mayor proporción de escamas y por consiguiente hay más semillas con más peso.

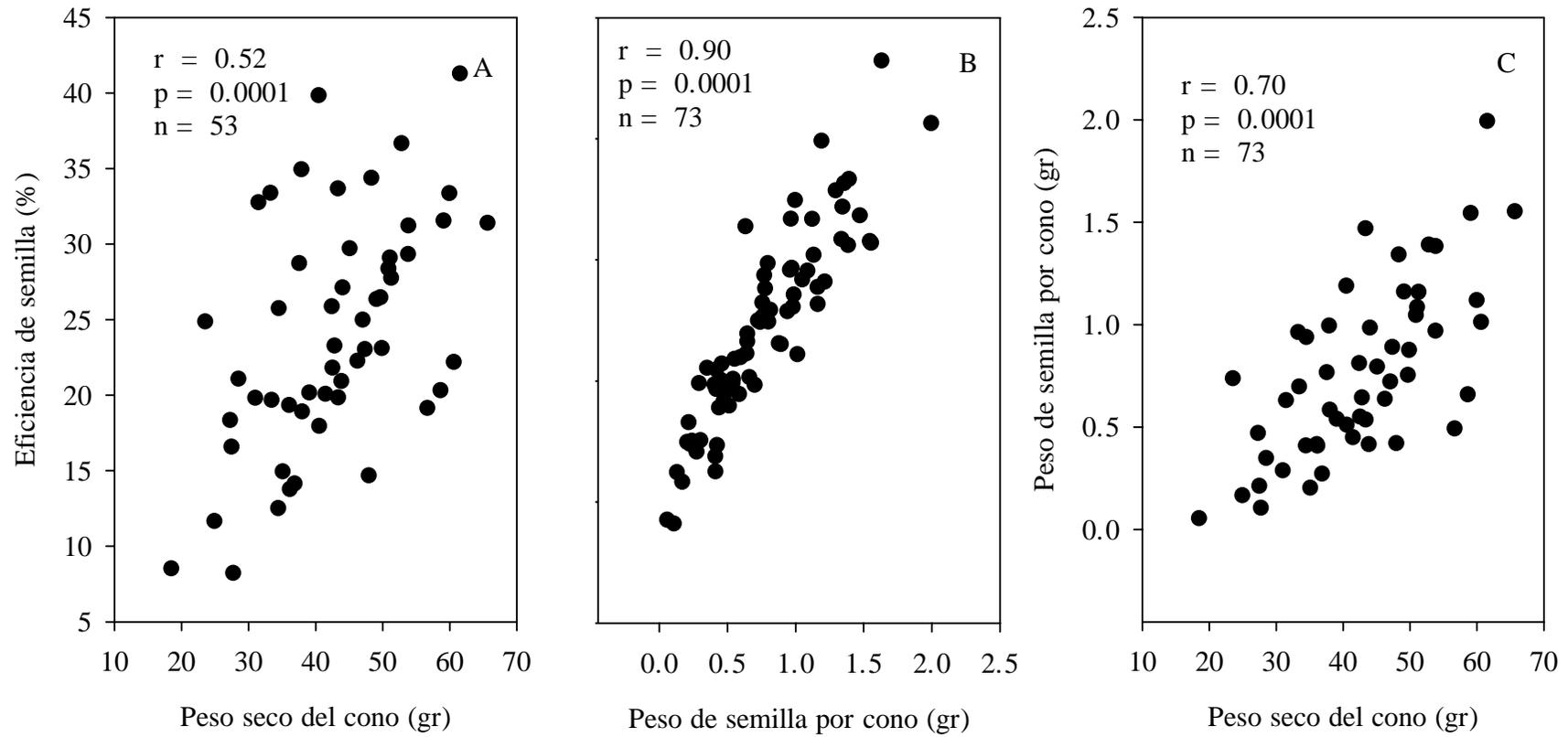


Figura 3. Correlaciones de la eficiencia de semilla con el peso seco del cono (A); el peso de semilla por cono (B) y la correlación del peso de semilla por cono y el peso seco del cono (C) de la Población CAESA de *Pinus greggii* Engelm., Arteaga, Coah.

*El coeficiente de endogamia se correlacionó, de forma negativa y altamente significativa con valores regulares con el largo del cono, el peso seco del cono y el peso de semilla por cono (Figura 4).*

*El largo del cono influyó para que el coeficiente de endogamia se redujera, esto indica que entre más grande sea el cono la proporción de semillas vanas es menor (Figura 4A); A mayor eficiencia de semilla se encontró que el peso seco del cono se incrementó por el mayor número de escamas del cono, lo contrario ocurrió con el coeficiente de endogamia que disminuyó (Figura 4B); la correlación entre el coeficiente de endogamia y peso de semilla por cono (Figura 4C).*

*En un estudio de los indicadores reproductivos, Flores et al. (2005) encontraron que el índice de endogamia se relacionó negativamente con el peso de la semilla. El peso de la semilla es importante, porque a mayor peso de la semilla, indica que el cono ha producido mayor cantidad de semilla, mas pesadas, contrariamente ocurre con la autofecundación, que reduce la producción de semillas llenas saludables y se manifiesta en las plántulas que son genéticamente inferiores (Fower y Park, 1983). Además Sorensen y Cambell (1993) mencionan que las semillas más pesadas producen plántulas más grandes que las semillas ligeras. En un estudio de la producción y viabilidad de semillas de *Pinus johannis* en dos poblaciones naturales de México, López (2005) encontró una alta correlación positiva entre la proporción de semillas vanas con el coeficiente de endogamia con valor de  $r = 0.76$ . Esta relación es lógica porque a mayor cantidad de semilla vana el coeficiente de endogamia se incrementa.*

*Los autores antes mencionados encontraron asociaciones similares a los que se encontró en este estudio, en donde el tamaño del cono es importante debido a que contribuye a que exista más semillas sanas, lo que favorece obtener un mayor peso de semillas, por lo contrario a menor peso de las semillas significa que hay más semillas vanas que contribuyen para que el coeficiente de endogamia se incremente las cuales afectaran, el porcentaje de germinación, y el vigor de la planta.*

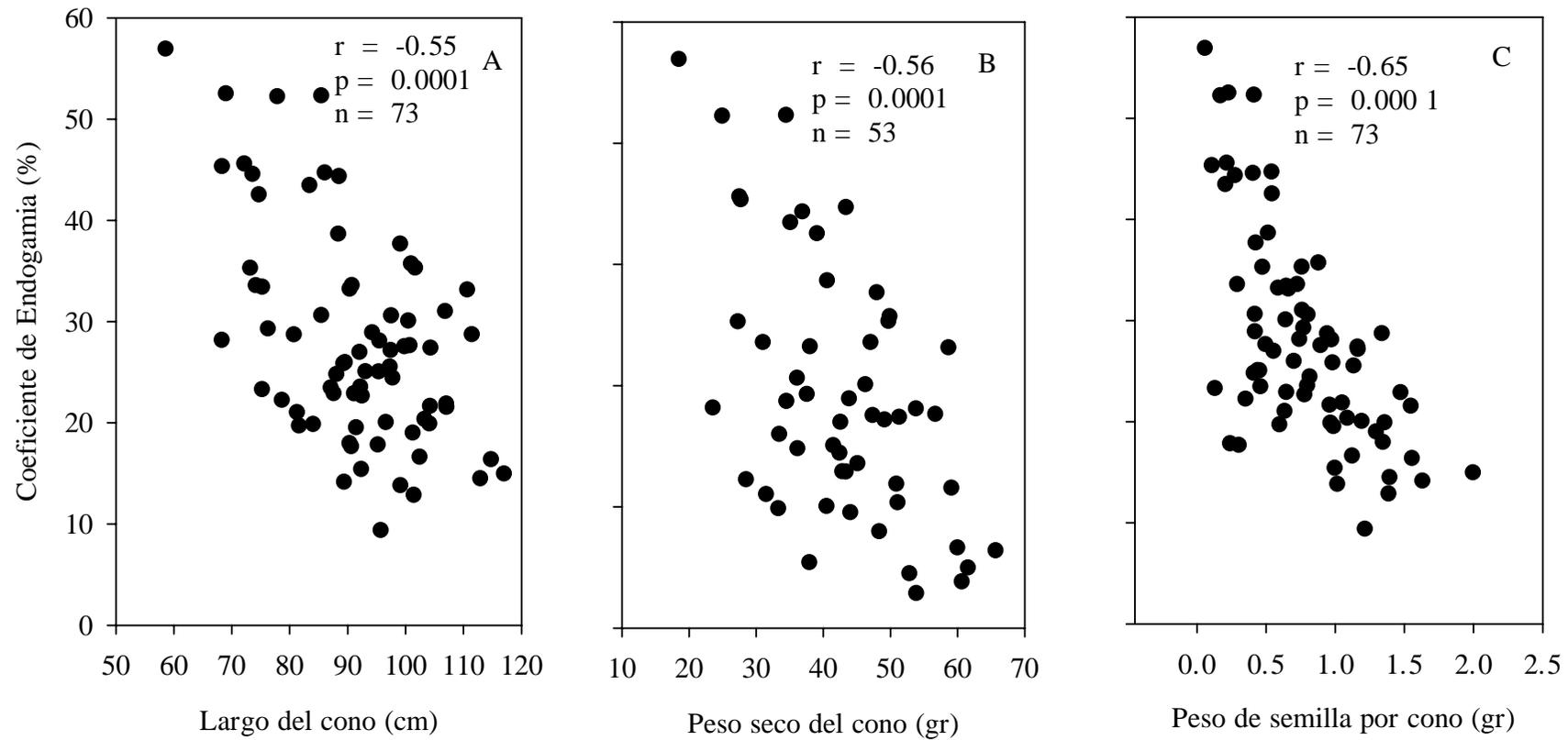


Figura 4. Correlaciones del coeficiente de endogamia con el largo del cono (A); peso seco del cono (B); y peso de semilla por cono (C) de la población CAESA de *Pinus greggii* Engelm., Arteaga, Coah.

## **CONCLUSIONES**

*En la producción de semillas, el potencial de semillas fue alto y superó a los reportados en otros estudios (misma especie, especies serotinas, otras coníferas y latifoliadas); sin embargo, la eficiencia de semilla fue muy baja (menor al 50%).*

*En lo relacionado a los indicadores reproductivos, el índice de endogamia bajo que se encontró indica que en esta área, no tiene problemas importantes de autofecundación.*

*El mayor tamaño del cono (largo y ancho) se asocia con una mayor eficiencia de semillas y un bajo índice de endogamia.*

## **RECOMENDACIONES**

*Podría considerarse como una nueva población y que posiblemente sea denominada: población CAESA de Pinus greggii.*

*Evaluar plántulas para determinar si existen problemas de endogamia.*

*Realizar pruebas de viabilidad de polen, de sincronización y de la fenología de la polinización.*

*Realizar la selección de los árboles con mejores fenotipos, con una mayor producción de conos (grandes y saludables), que favorecerán en la obtención de mayores cantidades de semillas y de calidad.*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alba J, J Márquez R, H S Bárcenas C (2005)** *Potencial de producción de semillas de Pinus greggi Engelm., en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. Foresta Veracruzana 7 (2): 37-40.*
- Aldrete A, J G Mexal, J López U (2005)** *Variación entre procedencias y respuesta a la poda química en plántulas de Pinus greggii. Agrociencia 39(5): 563-574.*
- Alderete C A, J Márquez R (2004)** *Variación en frutos de Cedrela odorata L. y determinación de su potencial y eficiencia de producción de semillas en el estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana 6(1): 5-8.*
- Arce M, N Isaza (1996)** *Producción de semillas por cono en cuatro especies del género Pinus en Colombia. Informe de Investigación No. 173. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 8 p.*
- Bramlett D L, E W Belcher Jr, G L DeBarr, J L Hertel, R P Karrfalt, C W Lantz, T Miller, K D Ware, H O III Yates (1977)** *Cone analysis of Southern pines: a Guidebook. Gen. Tech. Rep. SE-13. Asheville, N.C. USDA, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, N.C. and Southeastern Area, State and Private Forestry. Atlanta, Georgia. USA. 28 p.*
- Bramlett D L (1993)** *Diagnosing low seed and cone yields from controlled pollinations of southern pines. Research plant physiologist. USDA. Forest Service. Macon, Georgia. USA. Pp. 35- 42.*
- Bucio Z E (2006)** *Selección de árboles y diseño de una área semillera de Pinus greggii Engelm. en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila. 36 p.*

- Capó A M A (2002)** *Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 207 p.
- Caron G E, G R Powell (1989)** *Cone size and seed yield in young Picea mariana trees.* *Can J. For. Res.* 19: 351-358.
- 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.
- Cibrián T D, J T Méndez M, R Campos B, H O Yates III, J Flores L (1995)** *Insectos forestales de México. Publicación No. 6. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. 453 p.*
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2001)** *Dirección Local de Coahuila. Precipitación y Temperaturas de la Estación Meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Período 2000-2005 (Documento inédito).*
- CONAFOR-SEMARNAT (2004)** *Programa Nacional para el Manejo de los Recursos Genéticos Forestales. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 35 p.*
- De Barr G L, D L Bramlett, A E Squillace (1975)** *Impact of seed insects on control-pollinated slash pine cones.* In: *Thirteenth South. Forest Tree Improvement Conference Proc.* Raleigh, NC. USA. Pp. 177-181.
- De la Cruz L N, L C Mendizábal H (2004)** *Variación en frutos de Swietenia macrophylla King y determinación de su potencial y eficiencia de producción de semillas en el Estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana 6 (1):1-4.*

**Donahue J K, J López U (1995)** *Variation in leaf, cone and seed morphology of Pinus greggii in native forests. Forest Ecology and Management 82 (1-3): 145-157.*

**Dvorak W S y D K Donahue (1993)** *Reseña de investigación de la cooperativa CAMCORE 1980-1992. CAMCORE. Raleigh, NC, USA. 94 p.*

**Flores G J G, D A Rodríguez T (2006)** *Incendios forestales. Ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades, educación y divulgación. Mundi-Prensa. CONAFOR. México 254 p.*

**Flores L C, J López U, J J Vargas H (2005)** *Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de Picea mexicana Martínez. Agrociencia 39 (001): 117-126.*

**Fowler D P, Y S Park (1983)** *Population studies of withe spruce. I. Effects of selfpollination. Can. J. For. Res. 13: 1133-1138.*

**García E (1987)** *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 245 p.*

**González J A, E García M, J J Vargas H, A Trinidad S, A Romero M, V M Cetina A (2006)** *Evaluación de la producción y análisis de conos y semillas de Pinus cembroides Zucc. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 12(2): 133-138.*

**Hernández P C, J Vargas H, C Ramírez H, A Muñoz O (2001)** *Variación geográfica en la respuesta a la sequía de plántulas de Pinus greggii Engelm. Ciencia Forestal en México 26(89): 61-79.*

**Hernández S P (2006)** *Producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de Pinus pinceana Gordon. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 38 p.*

**INEGI (1999)** *Carta topográfica. Arteaga. G14 C34. Escala 1:50,000. México.*

**INEGI (2000)** Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50,000. México.

**Isaza N, W S Dvorak, J López U (2002)** Producción de semillas del género *Pinus* en huertos y rodales semilleros de Smurfit Cartón de Colombia. Informe de investigación No. 187. Smurfit Cartón de Colombia. Cali Colombia. 9 p.

**Jaquish B C (2004)** Abasto y manejo de de semillas a partir de la recolección en rodales naturales, áreas de producción y huertos semilleros. En: Vargas H., J. J., Basilio B. V. y F. T. Ledig (eds.) Manejo de Recursos Genéticos Forestales. Segunda edición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, y Comisión Nacional Forestal, Zapopan Jalisco. Pp. 89-101.

**Jordano P (1988)** Polinización y variabilidad de la producción de semillas en *Pistacia lentiscos L.* (Anacardiaceae). *Anales Jará. Bot.* 45(1): 213-231.

**Karrfalt R F, E W Belcher (1977)** Evaluation of seed production by cone analysis 24<sup>th</sup> Northeast For. Tree Improv. Conf. Proc. College Park, Maryland Pp. 84-89.

**Kietzka J E, P Denison, W S Dvorak (1996)** *Pinus greggii* a promising new species for South África. Tree improvement For Sustainable Tropical Forestry Proc. QFRI-IUFRO Conf., Caloundra, Queensland, Australia. Pp. 42-45.

**Leadem C L, S L Gillies, H K Yearsley, V Sit, D L Spittlehouse, P J Burton (1997)** Field Studies of Seed Biology. B.C. Min. of For., Landmanage. Handb. 40. Victoria, B.C. 196 p.

**Lemus S J L (1999)** Análisis de conos y semillas de *Pinus catarinae* M.F. Robert-Passini. Tesis Profesional. U.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 130 p.

**López C Y (2005)** *Producción y viabilidad de semillas de Pinus johannis M. F. Robert en dos poblaciones naturales de México. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 42 p.*

**López U J, J Jasso M, J J Vargas H y J C Ayala S (1993)** *Variación de características morfológicas en conos y semillas de Pinus greggii. Agrociencia serie de Recursos Naturales Renovables 3(1): 81-95.*

**López U J, J K Donahue (1995)** *Seed production of Pinus greggii Engelm. in natural stands in México. Tree Planters' Notes 46 (3): 1-10.*

**Mápula L M, J López U, J J Vargas H, A Hernández L (2007)** *Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in México. Biodiversity and Conservation 16:727-742.*

**Martínez M (1948)** *Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas México. 431 p.*

**Morante C J, J Alba L, L Mendizábal H (2005)** *Estudio de conos, semillas y plántulas de Pinus greggii Engelm., de una población del estado de Veracruz, México. Foresta Veracruzana 7 (2):23-31.*

**Perry J P (1991)** *The pines of México and Central America. Timber Press, Inc Portland, Oregon, USA. 231 p.*

**Rodríguez R L, M A Capó A (2005)** *Morfología de acículas y conos en poblaciones naturales de Pinus arizonica Engelm. Ra Ximhai (1):1 pp. 131-152*

**Sánchez T V, L C Mendizábal H, V Rebolledo C (2002)** *Variación en conos y semillas de Pinus cembroides Subs. orizabensis D.K. Bailey De Las Cuevas, Alzayanca, Tlaxcala. Foresta Veracruzana 4 (1):25-30.*

**Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) (1983).** *Carta Hidrológica de Aguas Superficiales. G14 7. Escala 1:250000. México.*

**Sorensen F C, R K Campbell (1993)** *Seed weight-seedling size correlation in coastal Douglas-fir: genetic and environmental components. Can. J. For. Res. 23: 275-285.*

**Todhunter M N, R B Polk (1981)** *Seed and cone production in a clonal orchard of jack pine (Pinus banksiana). Can. J For. Res. 11 512-516*

**Vargas H J J (2003)** *Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Norte de México. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/60S. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (Inédito).*

**Zavala C F, J T Méndez M (1996)** *Factores que afectan la producción de semillas en Pseudotsuga macrolepis Flous en el estado de Hidalgo, México. Acta Botánica Mexicana 36:1-13.*