

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



PRODUCCIÓN E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE SEMILLAS EN
OCHO POBLACIONES NATURALES DE *Pinus pinceana* Gordon

POR:

PAULINO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

PRODUCCIÓN E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE SEMILLAS EN OCHO
POBLACIONES NATURALES DE *Pinus pinceana* Gordon

POR:

PAULINO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:



ASESOR PRINCIPAL

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE AGRONOMÍA

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH., MÉXICO.

JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

PRODUCCIÓN E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE SEMILLAS EN OCHO
POBLACIONES NATURALES DE *Pinus pinceana* Gordon

POR

PAULINO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

TESIS

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

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

ASESOR PRINCIPAL


M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

ASESOR


M. C. SALVADOR VALENCIA MANZO

ASESOR


Ph. D. MIGUEL A. CAPÓ ARTEAGA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2006

El presente trabajo se llevó a cabo con el apoyo del Proyecto de Investigación: "Ecología, genética de poblaciones y estrategias de conservación de *Pinus pinceana* Gordon", con clave: 01-C01-01429, con el apoyo de la Secretaria de Medio Ambiente de Recursos Naturales patrocinado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SEMARNAT-CONACyT-2002) y con el apoyo de beca del Consejo Estatal Ciencia y Tecnología (COECyT-2005).

AGRADECIMIENTOS

A Dios creador del universo, por darme la oportunidad de vivir y por permitirme llegar hasta estos momentos para cumplir una meta más en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", por darme la oportunidad de ser un profesionista.

Al M.C. Celestino Flores López, por su inquebrantable apoyo durante mi estudio y el termino de este trabajo de tesis, así como su incasable orientación y consejos que siempre serán bienvenidos, además por brindarme su invaluable amistad y sobre todo por su gran interés para que uno se supere y salga adelante en la vida.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo, por su acertada asesoría y valiosos comentarios, en el desarrollo de este trabajo para concluir el presente documento, así como su valiosa aportación como académico.

Al Ph. D. Miguel A. Capó Arteaga, por brindarme su gran amistad y por su valiosa aportación al presente trabajo.

A todos los profesores del departamento forestal, que de alguna forma transmitieron sus conocimientos formando parte de mi formación académica. En especial al Ph. D. Eladio H. Cornejo Oviedo, M.C. Andrés Nájera Díaz, M.C Quiñones Morales y M.C. Armando Nájera Castro.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Por el valioso apoyo económico brindado en este trabajo de tesis, mediante el proyecto "Ecología, genética de poblaciones y estrategias de conservación de *Pinus pinceana* Gordon" SEMARNAT-CONACYT-2002-01-C01-01429.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECyT), Por el valioso apoyo de la Beca Tesis 2^{da} Etapa 2005, que me fue otorgada para llevar a cabo mi trabajo de tesis.

Al Ing. Bonifacio Flores Gonzáles Prestador de Servicios Técnicos Forestales de Chiapas, Por su valiosa amistad, por ser una persona siempre abierta a la consulta y sobre todo por su gran apoyo otorgado durante el poco tiempo que hemos convivido y trabajado juntos, así también a todo su equipo de colaboradores, por su amistad brindada.

Al Ing. Modesto Curiel Ávila por el gran apoyo y aportación brindado en la elaboración del mapa.

Al Ing. Rogelio Pérez Niño, por el apoyo incondicional y por la amistad brindada.

A mis amigos y compañeros de la generación C, Ángel Alberto Domínguez, Silas Figueroa, Alicia Yescas, Celestino Sandoval, Javier Mendoza, Jaime Pérez y Adair Figueroa, por hacer mi estancia en la Narro una de las mejores etapas de mi vida, y al resto del grupo por brindarme su amistad.

A mis compadres, Gabriel Arturo Hernández, Juan Carlos Cal y Mayor y Gerardo Molina., Por su apoyo incondicional y su valiosa amistad durante mi estancia en la Narro.

A mis amigos, Marco Antonio Hernández, Asunción Antonio Gutiérrez, Enoc Barrera, José Domingo Barrera, Sergio Luís Santos, Juan Antonio de los Santos, José Alberto Santos, Emmanuel Pérez, Edgar Cruz, Germán Cruz y a Roció Dodany Chacón, por brindarme su gran amistad.

A todas aquellas personas y amigos, que de alguna forma ayudaron a mi formación y que me apoyaron durante mi estancia en la universidad y que en este momento mi mente deja escapar.

DEDICATORIA

CON AMOR Y CARIÑO A MIS PADRES:

Isidro Hernández López y Candelaria Sánchez Pérez

A quienes gracias a Dios me dieron la vida y sobre todo por el gran esfuerzo que realizaron para que sea alguien en la vida, así mismo por el apoyo brindado a mi esposa e hijas.

A MIS QUERIDOS HERMANOS:

Alexander, Oscar Antonio y Brenda Emerenciana

Con cariño, por el apoyo incondicional, así mismo por lo momentos alegres que hemos vividos y que siempre permanezcamos unidos en las buenas y en las malas.

A MIS ABUELITOS:

Hermelindo Sánchez Pérez e Isabel Pérez Méndez

Por el gran cariño que siempre me entregaron y sobre todo por los grandes consejos para que salga adelante.

A MIS TIOS Y PRIMOS:

Que siempre estuvieron al pendiente de mis estudios y por el gran apoyo incondicional.

A MIS SUEGROS Y CUÑADOS:

Gracias por el apoyo que me brindaron, no solo a mí si no por el que les brindaron a mi esposa e hijas.

EN ESPECIAL DEDICARLE ESTE PELDAÑO A MI ESPOSA E HIJAS:

Reyna Juana

Por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas durante todo este tiempo, así mismo por el apoyo incondicional, cariño y amor, y sobre todo por la gran comprensión del distanciamiento durante estos años.

Paulina Marlen y Karen Nathaly

Por ser el estímulo que me ayudó a superar y seguir adelante en los momentos difíciles de mi vida, los amo demasiado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADRO.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
2.1 Descripción de las poblaciones de <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	7
2.2 Selección de árboles y colecta de conos.....	7
2.3 Análisis de conos y semillas.....	10
2.4 Indicadores reproductivos.....	13
2.5 Análisis estadístico.....	14
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
3.1 Producción de semillas.....	15
3.2 Indicadores reproductivos.....	20
4 CONCLUSIONES.....	25
5 RECOMENDACIONES.....	26
6 LITERATURA CITADA.....	27
7 APÉNDICE.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de localización de las ocho poblaciones naturales de <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	9
Cuadro 2. Comparación del potencial de semillas en coníferas.....	16
Cuadro 3. Comparación de la eficiencia de semillas en <i>Pinus</i> , en diferentes poblaciones y entre años de colecta.....	19
Cuadro 4. Media poblacional \pm error estándar de la media (rangos) para las características obtenidas de los conos y semillas tomadas de las ocho poblaciones naturales de <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	21
Cuadro 5. Comparación de promedios de los óvulos abortadas, semillas vanas, semillas llenas y el coeficiente de endogamia en diferentes estudios.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica de las ocho poblaciones naturales estudiadas de <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	8
Figura 2. Producción y pérdida de semillas de ocho poblaciones naturales de <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	15

RESUMEN

Pinus Pinceana es una especie con distribución geográfica restringida en México, solamente se conocen 16 poblaciones distribuidas en la Sierra Madre Oriental (Martínez, 1948; Perry, 1991; Ledig *et al.*, 2002), por tal motivo, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, cataloga a *P. pinceana* como sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2001). El presente trabajo de tesis se realizó con el objetivo de evaluar y comparar la producción de semillas en ocho poblaciones de *Pinus pinceana* Gordon para una fecha de colecta, así como, analizar los indicadores reproductivos de conos y semillas.

Las semillas utilizadas para este trabajo consistió en una colecta realizada en las ocho poblaciones naturales de esta especie, el muestreo de los árboles se llevó a cabo de manera semi sistemática considerando una distancia mayor o igual a 50 metros entre árboles para reducir la probabilidad de parentesco entre ellos. El número de árboles seleccionados fue de 25 a 30 por localidad, excepto, Cañón de las Bocas se seleccionó 8 árboles, así mismo en la colecta de conos cosechados por árbol fue variable para el caso de algunas poblaciones (de 7 a 10 conos por árbol), debido a la falta de disponibilidad. Se realizó el análisis de conos y semillas de acuerdo a la metodología de Bramlett *et al.* (1977). Se realizaron análisis de varianza con el modelo de clasificación anidada con igual número de submuestras, para detectar diferencias entre poblaciones y cuando hubo diferencias se realizó una prueba de separación de medias.

El potencial de semillas promedio fue de 50 semillas por cono, con una eficiencia de 35 % de las ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* siendo crítico para el Cañón de las Bocas. Las pérdidas de semillas (65 %) se deben principalmente a óvulos abortados, semillas vanas y solamente en la población Cañón de las Bocas por daños de insectos. La población San José Carbonerillas presentó el mayor índice de endogamia (0.74) y las que resultaron con el mejor índice fueron: Garambullo (0.30), Matehualilla (0.28) y San Cristóbal (0.25).

1 INTRODUCCIÓN

Los pinos piñoneros han evolucionado y se han diversificado en el medio seco de la parte norte-centro de México y ha cambiado la composición florística asociada (Romero y García, 2002), especialmente estos ecosistemas son muy frágiles y difíciles de restablecer una vez que se han interrumpidos (Caballero y Ávila, 1985). Generalmente los piñoneros se caracterizan por producir un tipo de semilla sin ala que es comestible conocida con el nombre de "piñón" (Caballero y Ávila, 1985), la semilla es el producto principal obtenido; secundariamente se obtienen otros productos de estas especies. Dentro de este grupo de piñoneros se encuentran: *Pinus catarinae* M-F. Robert-Passini, *P. cembroides* Zucc., *P. culminicola* Andresen et Beaman, *P. discolor* Bailey et Hawksworth, *P. edulis* Engelm., *P. johannis* M-F. Robert., *P. juarezensis* Lanner., *P. maximartinezii* Rzedowski, *P. monophylla* Torr. et Frem., *P. nelsonni* Shaw, *P. pinceana* Gordon, *P. quadrifolia* Parl. y *P. remota* (Little) Bailey et Hawksworth (Perry, 1991).

Pinus pinceana es una especie leñosa que caracteriza y constituye la estructura fundamental de ciertos ecosistemas forestales que se encuentran en ambientes semiáridos a lo largo de la Sierra Madre Oriental, adaptada a extremas condiciones de aridez de los márgenes del desierto (Perry, 1991). Potencialmente tiene un valor ecológico y económico como una especie ornamental y para la práctica de la agroforestería (Caballero y Ávila 1989). Debido a su resistencia a la sequía podría ser usada en ambientes marginales para una variedad de propósitos, así como ser utilizadas para programas de reforestación con fines de protección al suelo en regiones de clima seco (Eguiluz, 1978; Niembro, 1986). A medida que la tendencia del clima global hacia el calentamiento trae condiciones de sequía más severas y duraderas, en las zonas áridas de México, *P. pinceana* será una de las pocas especies de coníferas, potencialmente capaz de sobrevivir en vastas áreas; particularmente donde la escasez del agua es un problema (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978).

Pinus pinceana es una especie con distribución geográfica limitada a México, solamente se conocen 16 poblaciones distribuidas en los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo (Martínez, 1948; Perry, 1991; Ledig *et al.*, 2002). Así mismo existen otras especies de pinos piñoneros que tienen una distribución geográfica restringida en México, encontrándose entre ellos *Pinus maximartinezii* y *P. nelsonii*, además no constituyen elementos dominantes en los bosques sino muy localmente (Rzedowski, 1978). La temperatura media de las áreas donde habita *P. pinceana* oscila entre los 17 a los 20 ° C y la precipitación se encuentra entre los 300 y los 800 mm anuales (Eguiluz, 1978; Perry, 1991). Su rango altitudinal se extiende desde los 1500 en San Luis Potosí, hasta 2700 m en Querétaro, siendo los 1900 msnm donde se encuentra con mayor abundancia principalmente en el estado de Coahuila (Eguiluz, 1978; Perry, 1991, Farjon y Styles, 1997). Los suelos donde se desarrolla son calizos, pedregosos, muy delgados y pobres en materia orgánica; sobre laderas de montaña y lomeríos (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978; Perry, 1991). Esta especie forma rodales puros abiertos, a veces en manchones; también se asocia con especies de matorrales desérticos como *Mimosa* spp, *Juniperus* sp., *Pinus cembroides.*, *Yucca* sp. y muy rara vez con *Pinus nelsonii*; en ocasiones se asocia con *Quercus crassifolia* H. et B., *Prosopis laevigata* H et B. y *Pinus teocote* Schl. et Cham. (Eguiluz, 1978).

Por otra parte, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, cataloga a *Pinus pinceana* como sujeta a protección especial, dentro de la lista de especies raras y amenazadas, por tener poblaciones muy restringidas y en pequeños rodales (SEMARNAT, 2001), ya que su regeneración se podría ver afectada en el futuro.

P. pinceana es un árbol de bajo porte (15 a 20 m) con ramas colgantes y copa redondeada (Perry, 1991), presenta conos oblongos de 6 hasta 9 cm con un pedúnculo de 20 mm de largo; simétricos, colgantes y pronto caedizos; de color rojizo o amarillento anaranjado, brillantes, relativamente pocas escamas gruesas, de umbo dorsal muy grueso e irregular de 33 mm de largo por 25 mm de ancho y apófisis poco levantada. Las aquillas son claramente marcadas, en cuyo centro se

observa una pequeña punta gruesa y caediza. Las semillas miden unos 12 mm de largo y 5 a 6 mm de ancho es de, son de color oscuro que carece de ala y además es comestible. Comúnmente se encuentra dos semillas por escama, a veces solamente se desarrolla una de los dos que corresponden a cada escama (Martínez, 1948). En un estudio realizado en *Pinus catarinae* se presentó una semilla por escama debido a que esta especie no tiene la capacidad de reproducir dos óvulos funcionales (Lemus, 1999).

Del inicio de la formación de los primordios florales hasta la caída de la semilla del cono transcurren entre 30 a 36 meses (Patiño, 1975). La mayoría de las especies de pinos difieren en cuanto a su época de maduración de los conos, que ocurren en los meses de octubre a febrero, para la gran parte de las especies de México, aunque se pueden adelantar o retrasar en función de latitud, altitud y otros factores ambientales (Patiño, 1973). En cuanto a la periodicidad en la producción de semillas, existen especies en las que se produce semilla anualmente en cantidades más o menos uniformes como es el caso del *Pinus ayacahuite* (Patiño, 1975).

El conocimiento de las características biológicas de la maduración de conos y semillas es esencial para tener buen éxito, en el manejo y así programar futuras colecta de conos (Bramlett, 1974). El análisis de conos da la información requerida para evaluar la productividad de semillas. La productividad puede expresarse en términos de eficiencia de semilla. El potencial de semilla es definido como dos veces el número de escamas fértiles de un cono, por lo tanto es el número máximo de semillas que estos frutos son capaces de producir; la eficiencia de semilla es la cantidad de semillas llenas en relación al potencial de semillas (Bramlett, 1974).

En los conos de *Pinus* existen diferencias morfológicas y anatómicas, que hacen diferir el potencial de producción de semillas, por lo tanto es necesario determinar la capacidad de producir semillas por cono y por especie (Bramlett *et al.*, 1977). Así mismo en estudios realizados para determinar el potencial de producción de semilla por cono, se encuentra que no son iguales entre especies de *Pinus* y de

igual manera varia de una región a otra, aun con la misma especie (Prieto y Martínez, 1993; Flores, 2004; Mápula, 2004; López, 2005).

En *Pinus pseudostrobus* en la localidad Quinceo, Mpio. de Paracho, Mich. Bello (1988) determinó que el potencial de semillas para esta especie que fue de 68 semillas por cono. Por su parte, Flores y Lemus (1999) encontraron un potencial de semilla de 11.07 por cono, para el bosque de *Pinus catarinae* cerca del poblado Casa Blanca, Santa Catarina, Nuevo León, la baja producción de semillas indican serios problemas reproductivos en las poblaciones estudiadas debido a presentan una distribución fragmentada. Mientras que Vázquez et al. (2004) encontraron que el potencial de semilla en una población de *Pinus oaxacana* Mirov ubicada en el municipio de Lázaro Cárdenas, Tlaxcala fue de 186 semillas por cono. A su vez, Alba-Landa et al. (2003) determinaron el potencial de semilla para el *Pinus hartwegii* Lindl. de dos poblaciones naturales, donde para la Malinche, Tlaxcala fue de 187.25 y 199.72 para el Cofre de Perote, Veracruz; sin embargo, el porcentaje de semilla desarrollada fue mayor para La Malinche (75.93%) que para el Cofre de Perote (68.89%), esto debido a que se detectaron problemas en el desarrollo de las semillas para este último sitio. En cambio, Prieto y Martínez (1993) analizaron para *Pinus cooperi* en dos localidades diferentes, “Cielito azul” y “La Tunita”, ambos de San Miguel de Cruces, Mpio. de San Dimás, Durango, y encontraron que el potencial de semilla fue de 103 y 154 semillas por cono en cada localidad.

El analisis de cono, la eficiencia de semilla y el potencial de semilla obtenido, se consideran buenos indicadores de la viabilidad reproductiva de una población y proporcionan información sobre las condiciones genéticas en que se encuentran, de acuerdo a la producción de semillas vanas por la posible autopolinización (Bramlett et al., 1977). Aunque en la actualidad se cuenta con poca información de la capacidad reproductiva de *Pinus pinceana*, los indicadores reproductivos se evalúan mediante el número de semillas llenas por cono y su proporción con respecto al número de óvulos fértiles (eficiencia de semillas), la proporción de óvulos abortados, la cantidad absoluta de semillas vanas y semillas llenas son variables de uso

cotidiano para determinar la eficiencia reproductiva, así mismo, la relación del peso de las semillas llenas sobre el peso seco del cono, han provisto información útil de la habilidad y éxito reproductivo (Bramlett *et al.*, 1977; Owens, 1995; Mosseler *et al.*, 2000), esto puede ayudar a describir la capacidad reproductiva de las poblaciones de *P. pinceana* en México. Incluso los valores bajos de producción y calidad de semilla se han relacionado a niveles bajos de variabilidad genética, mismos que pondrían en riesgo las poblaciones vegetales como este pino piñonero.

El aislamiento reducido y la ubicación marginal de las poblaciones para diferentes coníferas se ha reportado que reduce la viabilidad dentro de poblaciones, aumenta la endogamia y disminuye la capacidad reproductiva (Saccheri *et al.*, 1998; Mosseler *et al.*, 2000), como resultado de la reducida fragmentación en pequeñas poblaciones y la baja densidad de árboles adultos que ocasionan problemas como la escasa viabilidad de polen y flujo de genes entre poblaciones, y un alto grado de autofecundación (Frankham, 1998; Rajora y Mosseler, 2001). En otras coníferas se ha encontrado que la autopolinización reduce la cantidad de semillas llenas, así como su capacidad germinativa, y la tasa de crecimiento y la supervivencia de las plantas (Sorensen y Miles, 1974; Fowler y Park, 1983; Park y Fowler, 1984; Sorensen y Campbell, 1993).

El presente trabajo presenta la producción de semillas a través del análisis de conos y semillas (Bramlett *et al.*, 1977) y permite conocer las posibles causas de la pérdida de la producción de semillas y el manejo que debe darse al área, así mismo se analiza a los indicadores reproductivos como una herramienta básica para conocer principalmente las poblaciones con problemas de endogamia (Mosseler *et al.*, 2000).

Por razones anteriores, *Pinus pinceana* es una especie de gran importancia que puede presentar valores reproductivos bajos que requieren conocer como un elemento básico para dar inicio a la estrategia de conservación de la especie.

1. 1 Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Evaluar y comparar la producción de semillas en ocho poblaciones de *Pinus pinceana*.
- Estimar los valores de los indicadores reproductivos de conos y semillas.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción de las poblaciones de *Pinus pinceana* Gordon

El área de estudio se encuentra ubicada en gran parte de la Sierra Madre Oriental, con coordenadas extremas al norte 26° 27' 42", al sur 20° 37' 44" de latitud norte al este 98° 58' 51" y al oeste 101° 34' 25" de longitud oeste, con un rango altitudinal de 1800 a 2480 msnm. El presente estudio comprende ocho poblaciones que cubren el rango de distribución natural de *Pinus pinceana*. Las poblaciones evaluadas son: tres de Coahuila, tres de Zacatecas, una de San Luis Potosí y una de Hidalgo (Figura 1). Para cada localidad se registró en el campo, la altitud y pendiente; y con apoyo de cartas de información geográfica, se obtuvo el tipo de roca, tipo de suelo y tipo de vegetación (Cuadro 1).

La información climática (García, 1973; García 1988), para cada una de las poblaciones, se obtuvo de las estaciones que pasan cerca de las poblaciones evaluadas en el presente trabajo (Apéndice 1) (Apéndice 2).

2.2 Selección de árboles y colecta de conos

La semilla utilizada para este trabajo consistió en una colecta de conos para cada población, previo a la colecta se realizó un monitoreo de fenología reproductiva de árboles por población durante los dos primeros años, la época de floración y en la maduración de conos existió diferencias en las ocho poblaciones, posteriormente en agosto de 2003 se llevó a cabo la colecta en tres poblaciones y en agosto de 2004 se colectó en el resto de las poblaciones, como se muestra claramente en el Cuadro 1.

La selección de los árboles se realizó con base en lo siguiente: que presentaran buenas características fenotípicas, árboles adultos de mayor tamaño y con presencia de conos.

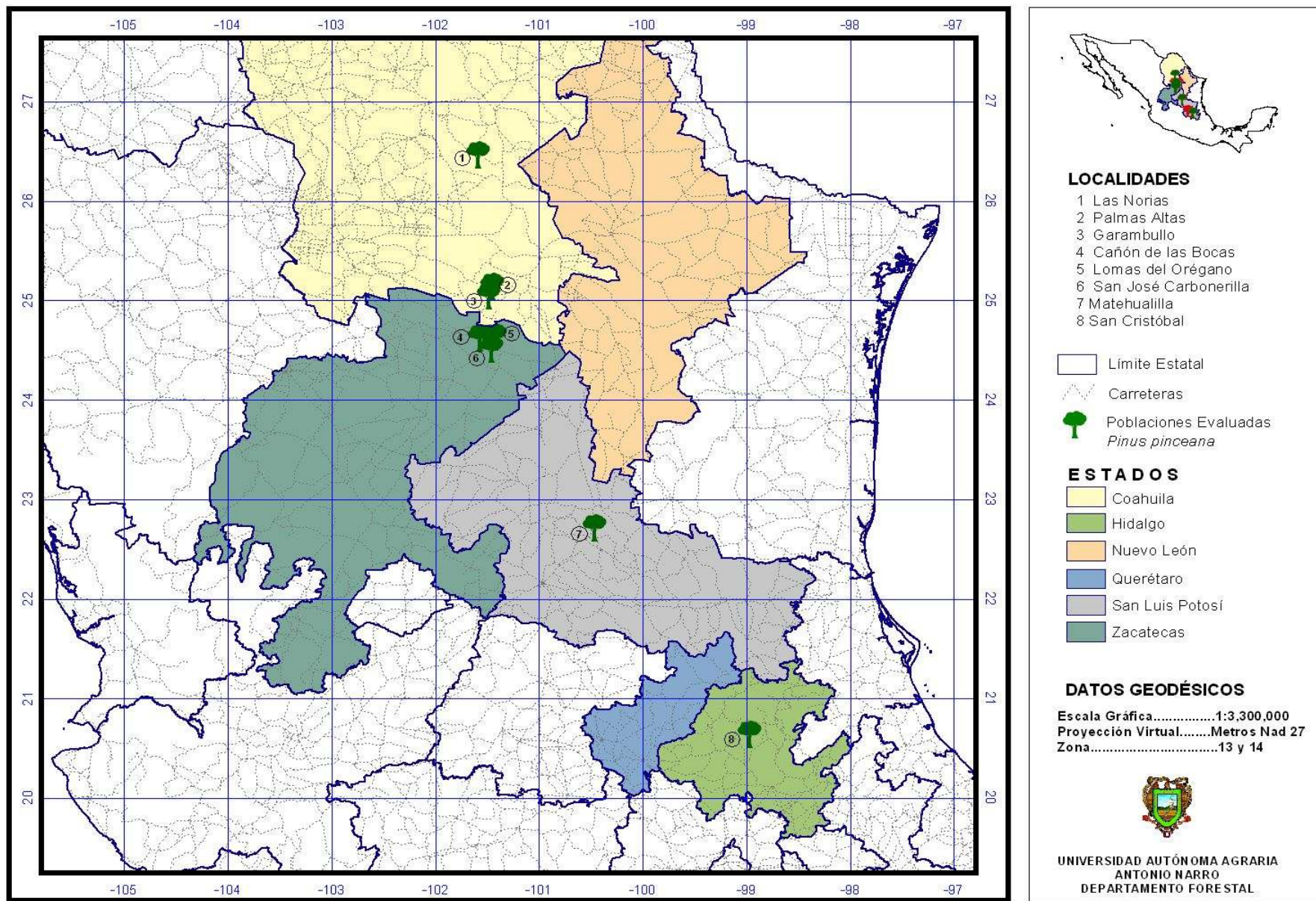


Figura 1. Ubicación geográfica de las ocho poblaciones naturales estudiadas de *Pinus pincea* Gordon.

Cuadro 1. Características de localización de ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon.

No.	Poblaciones ¶	Coordenadas ¥	Altitud ¥ Msnm	No. de árboles	Fecha de colecta	Roca †	Suelo †	Vegetación †
1	"Las Norias", Cuatro Ciénegas, Coah.	26° 27' 42.2" N 101° 34' 24.5" W	1800	30	2004	Caliza	Litosol, rendzina, regosol calcarico.	Chaparral, matorral subinorme, bosque de pino, Crasirosulifolios espinosos.
2	"Palmas Altas", Saltillo, Coah.	25° 07' 57.7" N 101° 27' 04.6" W	2312	26	2003	Caliza, conglomerado	Litosol, eutrigo, fluvisol calcarico, xerosol calcico.	Bosque de pino, crasirosulifolios espinosos.
3	"Garambullo", Saltillo, Coah.	25° 02' 08.4" N 101° 29' 0.55" W	2080	26	2004	Caliza	Litosol, regosol calcarico.	Bosque de pino, crasirosulifolios espinosos.
4	"Cañón de las Bocas", Mazapil, Zac.	24° 36' 16.6" N 101° 34' 31.7" W	2480	8	2004	Caliza-lutita	Litosol, regosol calcarico.	Bosque de pino, izotal matorral inorme, pastizal natural, crasirosulifolios espinosos.
5	"Lomas del Orégano", Mazapil, Zac.	24° 30' 19.1" N 101° 27' 48.2" W	2310	25	2004	Caliza, conglomerado	Litosol, regosol calcarico.	Bosque de pino, crasirosulifolios espinosos.
6	"San José Carbonerillas", Mazapil, Zac.	24° 28' 19.1" N 101° 26' 53.4" W	2257	26	2003	Caliza-lutita, lutita-arenizca	Litosol, regosol calcarico.	Crasirosulifolios espinosos, izotal bosque de pino, matorral inorme.
7	"Matehualilla", Guadalcázar, S.L.P.	22° 42' 32.6" N 100° 28' 05.7" W	1973	30	2004	Caliza, brecha	Litosol, eutrigo, rendzina.	Chaparral, crasirosulifolios espinosos y bosque de pino y enebro.
8	"San Cristóbal", Cardonal, Hgo.	20° 37' 44.1" N 98° 58' 51.41" W	1759	24	2003	Caliza	Litosol, eutrigo.	Bosque de pino, crasirosulifolios espinosos.

¶ Poblaciones ordenadas de mayor a menor latitud. ¥ Las Coordenadas geográficas y la altitud fueron tomadas con un receptor GPS (Trailblazer XL, con la unidad NAD27). † (Fuente: CETENAL, 1972a, 1972b, 1972c, 1972d, 1973a, 1973b, 1974a, 1974b, 1975c, 1975d, 1976, 1977 e DETENAL, 1982).

El muestreo de los árboles se llevó a cabo de manera semi sistemática considerando una distancia mayor o igual a 50 metros entre árboles para reducir la probabilidad de parentesco entre ellos. La colecta de los conos se realizó de manera manual; de diferentes exposiciones (Norte, Sur, Este y Oeste) y en diferentes partes de la copa del árbol (alta, media y baja), utilizando para ello gancho y garrocha corta conos.

Posteriormente los conos colectados de cada árbol y se depositaron en bolsas de papel estraza, cada una de estas bolsas fueron identificadas con plumón de tinta permanente, etiquetándolo con la siguiente información: localidad, número de árbol, número de cono y fecha de colecta. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio del Departamento Forestal, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

El número de árboles seleccionados fue de 25 a 30 por localidad, excepto, Cañón de las Bocas se seleccionó 8 árboles (Cuadro 1), así mismo en la colecta de conos cosechados por árbol fue variable para el caso de algunas poblaciones (de 7 a 10 conos por árbol), debido a la falta de disponibilidad del arbolado y de conos.

2.3 Análisis de conos y semillas

En el laboratorio del Departamento Forestal, los conos colectados se separaron por árbol y por localidad para dejar que se secan a temperatura ambiente, esto sin sacarlos al sol, ya que de esta forma reduce el contenido de humedad de los conos y evita la presencia de hongos o plagas.

Se procedió al registró de las variables morfológicas largo del cono (LC) y ancho del cono (AC), cuando los conos estaban todavía cerrados. La medición de estas variables se realizó con el apoyo de un vernier digital para mayor precisión con aproximación de 0.1 mm; la medición del largo del cono se realizó desde la base hasta el ápice del cono y para el caso del ancho del cono se midió en la parte más amplia.

La extracción de la semilla del cono se realizó golpeando los conos contra el piso o con el apoyo de una pinza, posteriormente se colocó en bolsas de papel estraza No. 10 para semillas. Cada bolsa se rotuló con un lápiz de cera de color rojo con los siguientes datos: localidad, número de árbol (A1,...An), número de cono (C1,...Cn) y el número de semillas desarrolladas (SD). Todas las bolsas de papel estraza con semillas se guardaron en una bolsa de plástico, posteriormente se colocaron en el refrigerador a temperaturas de 0 a 4°C.

Se procedió a separar las escamas del cono de manera sistemática, iniciando con las escamas basales, enseguida por las intermedias y por último las escamas terminales. A los conos se les extrajo las escamas manualmente, excepto para algunos en que se utilizó el apoyo de una pinza mecánica o navaja para extraer las escamas del cono.

En cada escama extraída por cono se realizó la evaluación de las siguientes características: óvulos abortados del primer año (OA1), óvulos abortados del segundo año (OA2), número de semillas llenas (SLL), número de semillas vanas (SV) y número de escamas (fértiles e infértiles), de acuerdo a la metodología de Bramlett *et al.*, (1977). Al término de cada evaluación los conos se regresaban a las bolsas.

El separado de semillas vanas y semillas llenas (eficiencia de semilla) se determinó a través del procedimiento de flotación en alcohol (Caron y Powell, 1989), para llevar acabo este procedimiento se utilizó alcohol etílico de 96° G.L. sin desnaturalizar, bolsas semilleras de papel estraza, un recipiente de plástico, un cedazo, papel periódico y bolsa de plástico.

En el recipiente de plástico se depositó alcohol, posteriormente en el cedazo se depositaron en pequeñas cantidades las semillas desarrolladas, para apreciar el separado de las semillas para después sumergirla en el recipiente con alcohol y llevar a cabo la separación de las semillas, con un tiempo determinado menor a un

minuto. El criterio que se consideró como semilla llena fue aquella que se sumergió hasta el fondo del cedazo y como semilla vana las que se encontraban flotando totalmente o suspendida en el alcohol.

Después de la separación de las semillas llenas y vanas se procedió al conteo de ambas semillas, enseguida se colocaron en la mesa del laboratorio que estaban cubierta de papel periódico para agilizar la evaporación del alcohol que contenía la semilla, luego se colocó en las bolsas semilleras de papel estraza con sus respectivas etiquetas, después se colocó en bolsas de plástico y posteriormente se acomodaron en el refrigerador.

La determinación del peso seco del cono (g) se llevo a cabo con el apoyo de un horno felisa, donde se acomodaron las bolsas de escamas de cono por un periodo de 24 horas a temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm$ aproximadamente, posteriormente se sacaron las bolsas del horno para pesar las brácteas de los conos en una balanza analítica para tener mayor precisión.

Los datos de todas las variables evaluadas anteriormente fueron registrados en el formato de análisis de conos y semillas (Apéndice 3).

Para el cálculo de algunos datos utilizados para este trabajo se aplicaron las siguientes fórmulas (Bramlett *et al.*, 1977):

Potencial de semilla (PS)	= Escamas fértiles x 2
Eficiencia de semilla (ES)	= (Total de semillas llenas / PS) x 100
Escamas fértiles (EF)	= PS / 2
Semillas desarrolladas (SD)	= Semillas vanas (SV) + Semillas llenas (SLL) + Semillas dañadas por hongos e insectos (SDHI) + Semillas dañadas por varios factores (SDV)
Semillas desarrolladas (%)	= (SD / PS) x 100
Semillas llenas (%)	= (SLL / PS) x 100

Proporción de semillas vanas (PSVAN).	$= (SV / PS) \times 100$
SDHI (%)	$= (SDHI / SD) \times 100$
SDV (%)	$= (SDV / SD) \times 100$
Proporción de óvulos abortados del 1 ^{er} año (POA1).	$= (OA1 / PS) \times 100$
Proporción de óvulos abortados del 2 ^{do} año (POA2).	$= (OA2 / PS) \times 100$
Coefficiente de endogamia	$= SV / SD$

2. 4 Indicadores reproductivos

Los indicadores reproductivos que se consideraron como las variables de estudio, fueron: 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 (CEND).

Se utilizó el procedimiento de Univariate de SAS, donde se realizó un análisis exploratorio de los datos utilizando el diagrama de árbol y el diagrama de caja (Hines y Montgomery, 1996), con el propósito de conocer la presentación de forma y la variabilidad de los datos para localizar puntos aberrantes. Las variables que presentaron normalidad en los datos no requirieron transformación como el largo del cono, peso seco del cono y las escamas fértiles, mientras que las variables como proporción de óvulos abortados, proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas y el coeficiente de endogamia necesitaron de transformación de acuerdo al modelo anidado por Box-Cox (1964), la transformación se realizó en SAS, obteniendo el valor de Landa (λ) de cada una de las variables a transformar.

2.5 Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron del formato de análisis de conos y semillas para las ocho poblaciones fueron capturadas en Microsoft Excel y después se pasó la información al paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 8.0.

Se realizó el análisis de varianza en el paquete estadístico SAS. Se usó un modelo de clasificación anidada con igual número de submuestras (7 a 10 conos por árbol), para detectar diferencias entre poblaciones (Mosseler, 1992):

$$Y_{ijkl} = \mu + p_j + a_{k(j)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = es el valor de la característica.

μ = es la media poblacional.

p_j = es el efecto de la j-ésima población.

$a_{k(j)}$ = es el efecto del k-ésimo árbol dentro de población y

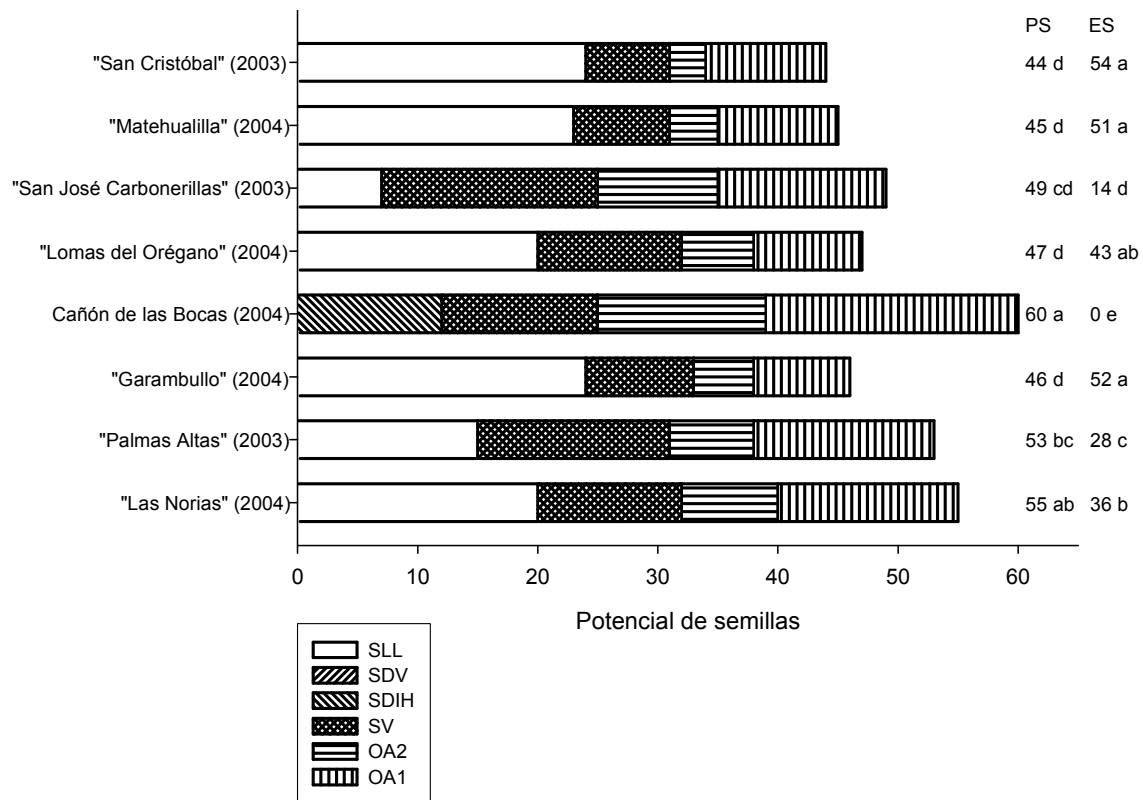
ε_{ijkl} = es el error experimental.

Se usó el paquete SAS[®] con el procedimiento Mixed y el método de Máxima Verosimilitud Restringida para obtener los componentes de varianza y fijar la significancia estadística de los factores; cuando se demostró que hubo diferencias entre poblaciones se realizó la prueba de medias, para esto se usó Lsmeans para obtener las medias ajustadas debido al desbalance en el número de árboles muestreados (25 a 30 árboles, excepto en Cañón de las Bocas que se obtuvo 8 árboles) (SAS, 1998).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Producción de semillas

La producción de semillas se expresó en base al potencial de semillas, que es el número máximo de semillas que el cono puede producir (Bramlett *et al.*, 1977). El potencial de semillas en promedio fue de 50 semillas por cono de las ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana*; donde los valores más bajos se presentó en Garambullo, Lomas del Orégano, Matehualilla y San Cristóbal con 46, 47, 45 y 44 semillas por cono, respectivamente y los valores más altos se registró para Cañón de las Bocas con 60 semillas por cono y las Norias con 55 semillas por cono, respectivamente (Figura 2) (Apéndice 4).



SLL= semillas llenas (%); SDV= semillas dañada por varios factores; SDIH= semilla dañada por insectos, hongos y bacterias; SV= semilla vana; OA2= óvulos abortados del segundo año de desarrollo y OA1= óvulos abortados del primer año de desarrollo. PS= potencial de semilla, ES= eficiencia de semillas. Los valores con letras minúsculas diferentes en PS y ES son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Figura 2. Producción y pérdida de semillas de ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon.

Este potencial de semillas por cono encontrado en las diferentes poblaciones es relativo, puede variar entre especies de coníferas, así como también varía de una población a otra para la misma especie, y también varía muy ligeramente de un año a otro (Cuadro 2), (Bramlett *et al.*, 1977; Prieto y Martínez, 1993; y Flores, 2004). Lo anterior se debe a que existen años semilleros diferentes en la misma especie (Isaza *et al.*, 2002; Flores, 2004; Alba-Landa *et al.*, 2005; López, 2005). Conocer el potencial de semillas de una especie apoya a estimar aproximadamente el número de semillas que puede producir un cono, en su caso una cápsula de caoba (*Swietenia macrophylla* King) (Niembro, 1995).

Cuadro 2. Comparación del potencial de semillas en coníferas.

Especie	Potencial de semillas (rango)	Cita
<i>Pinus catarinae</i>	11 [¶]	Lemus (1999)
<i>Pinus johannis</i>	23 (18 a 26) ^{¶‡}	López (2005)
<i>Pinus pinceana</i>	50 (44 a 66)	Trabajo actual
<i>Pseudotsuga</i>	56 [¶]	Mápula (2004)
<i>Pinus Pinceana</i>	64 (51 a 76) ^{¶‡}	Quiroz-Vazquez (s. f.)
<i>Pinus pseudostrobus</i>	68 [¶]	Bello (1988)
<i>Pinus arizonica</i>	90 (48 a 126) [¶]	Narváez (2000)
<i>Picea mexicana</i>	103 (91 a 116) ^{¶‡}	Flores (2004)
<i>Pinus tecunumanii</i>	125 (123 a 127) ^{¶‡}	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus cooperi</i>	128 (103 a 154) [‡]	Prieto y Martínez (1993)
<i>Pinus oocarpa</i>	137 ^{¶‡}	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus maximinoi</i>	140 ^{¶‡}	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus greggii</i>	161 (152 a 170) [¶]	Alba-Landa <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus oaxacana</i>	186	Vázquez <i>et al.</i> (2004)
<i>Pinus hartwegii</i>	193 (187 a 200) ^{¶‡}	Alba-Landa <i>et al.</i> (2003)

Ordenados de menor a mayor Potencial de semillas. [¶] Estudios realizados en diferentes poblaciones. [‡] Estudios realizados en diferentes años de colecta.

Sin embargo esta estimación de semillas que puede producir un cono, puede ser sobrestimada si el cono tiene la forma de una figura esférica como muchos de los piñoneros en México; por ejemplo, para *Pinus catarinae*, en Santa Catarina, Nuevo León, se encontró alta frecuencia de escamas fértiles que no tienen la capacidad de reproducir dos óvulos funcionales solamente uno, lo anterior obligó a la propuesta de una nueva fórmula para estimar el potencial de semilla, considerando que ésta sea más real y no sobrestime el potencial de semilla, debido a que con la fórmula de Bramlett *et al.*, (1977) encontró un potencial de 15 semillas por cono y con la fórmula propuesta se obtuvo un potencial de 11 semillas por cono (Lemus, 1999).

Por otra parte, la cantidad de semillas llenas que se produce en el cono generalmente es inferior al potencial de semillas, esto a causa a que durante el proceso reproductivo parte de los óvulos abortan durante el primero y segundo año, así como la incidencia de diversos factores que dañan las semillas desarrolladas (Martínez y Prieto, 1993).

La variable que mejor representa la producción de semillas, es la eficiencia de semilla definida como la cantidad de semillas llenas en relación al potencial de semillas expresadas en porcentaje (Bramlett, 1974). Para este estudio se encontró una eficiencia de semillas promedio de 35 % de las ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana*; donde el porcentaje más bajo de eficiencia se presentó en la población Cañón de las Bocas con 0%, lo que difiere para los valores de porcentaje más alto de eficiencia de las ocho poblaciones, presentándose: Garambullo 52 %, Lomas del Orégano 43 %, Matehualilla 51 % y San Cristóbal 54 % (Figura 2, Apéndice 4).

Prácticamente los resultados indican una pérdida excesiva de semillas. Sin embargo, la producción de semilla se pueden incrementar mediante la identificación de los factores que provocan las pérdidas de semilla e iniciar métodos para su control, especialmente para la población Cañón de las Bocas que fue la única que presentó un potencial de semilla alto con una eficiencia de semilla muy baja, de acuerdo a lo considerado con la clave de interpretación para los resultados según

Bramlett *et al.*, (1977). Se encontraron en promedio 17 semillas llenas por cono, lo cual representa sólo el 53 % de las semillas desarrolladas, en la población de Garambullo, Lomas del Orégano, Matehualilla y San Cristóbal se encontró 24, 20, 23 y 24 semillas llenas, siendo estas poblaciones donde se encontró mayor número de semillas llenas, por otra parte en Cañón de las Bocas no se encontraron semillas llenas (Figura 2, Apéndice 4).

Sin embargo estos valores de eficiencia de semilla encontradas en *Pinus pinceana* son semejantes a los valores encontrados en estudios de otras coníferas y en algunos casos superiores como, *Pinus maximinoi* (Isaza *et al.*, 2002), *Pinus tecunumanii* (Isaza *et al.*, 2002), *Pinus johannis* (López, 2005), *Pinus oocarpa* (Isaza *et al.*, 2002) y *Picea mexicana* (Flores, 2004) (Cuadro 3).

La existencia de bajos porcentajes de semilla llena, puede deberse a que el resto de la semilla no culminó su proceso de crecimiento y desarrollo, debido a la incidencia de factores adversos o a problemas de autopolinización (Martínez y Prieto, 1993).

En cuanto a la pérdida de semillas se encontró que el porcentaje de semillas dañadas por insectos y hongos se encontró 48 % para Cañón de las Bocas (Figura 2, Apéndice 4), siendo la única población donde se registró daño por insectos, lo cual se le atribuye a *Leptoglossus occidentales* Heidemann de acuerdo a las características que presentaron las semillas, donde las ninfas de los primeros instares provocan el aborto de conillos; en cambio cuando se alimentan de conos en crecimiento, dañan a las semillas sin matar todo el cono. Los adultos también pueden alimentarse de conillos, llegando a causar la muerte de alguno de ellos. En los que no mueren, las semillas atacadas quedan con el endospermo colapsado. Cuando los adultos se alimentan de las semillas de conos de segundo año, estas quedan vacías o con el embrión parcialmente dañado esto de acuerdo a lo determinado a la clasificación de Cibrián *et al.* (1995). Este problema se le atribuye como uno de los factores importantes en pérdida de semilla.

Cuadro 3. Comparación de la eficiencia de semillas en *Pinus*, en diferentes poblaciones y entre años de colecta.

Especie	Eficiencia de semillas (rango)	Cita
<i>Pinus maximinoi</i>	8 % [¶] ‡	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus tecunumanii</i>	8 % [¶] ‡	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus johannis</i>	8 % (4 a 12 %) [‡]	López (2005)
<i>Picea mexicana</i>	13.5 % (9 a 18%) [¶] ‡	Flores (2004)
<i>Pinus catarinae</i>	20.9 % [¶]	Lemus (1999)
<i>Pseudotsuga carr.</i>	25.5 % [¶]	Mápula (2004)
<i>Pinus pseudostrobus</i>	26.4 % [¶]	Bello (1988)
<i>Pinus pinceana</i>	35 % (0 a 54 %) [¶]	Trabajo actual
<i>Pinus oocarpa</i>	13 % [¶] ‡	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus cooperi</i>	68.8 % (65.2 a 72.4 %) [¶]	Prieto y Martínez (1993)
<i>Pinus hartwegii</i>	71.5 % (68 a 75 %) [¶]	Alba-Landa <i>et al.</i> (2003)
<i>Pinus greggii</i>	78.9 % (70.88 a 86.96 %) [‡]	Alba-Landa <i>et al.</i> (2005)

Ordenados de menor a mayor Eficiencia de semillas. [¶] Estudios realizados en diferentes poblaciones.
[‡] Estudios realizados en diferentes años de colecta.

El porcentaje de semillas vanas promedio fue de 41 % (12 semillas por cono), encontrándose valores desde 23 % al 72 % (Figura 2, Apéndice 4).

La pérdida de óvulos en el primer año para *Pinus pinceana* fue de 17 % a 35 %, que equivalen de 8 a 21 óvulos abortados por cono respectivamente, teniendo un promedio de 13 óvulos es, lo cual resulta superior al número de óvulos del segundo año con valores de 7 % a 23% (Figura 2, Apéndice 4). Las causas del aborto de los óvulos se le atribuyen principalmente a la falta de polinización, así como a la baja viabilidad de éste, lo cual es una de las causas para la pérdida de óvulos, así mismo otro tipo de daño que frecuentemente provoca el aborto en un alto porcentaje es el daño por plagas o enfermedades (Bramlett *et al.* 1977; Martínez y Prieto, 1993).

3.2 Indicadores reproductivos

La longitud promedio del cono fue de 75.39 mm para las ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana*. En Garambullo y en Las Norias tuvieron las mayores longitudes en conos fue de 84.97 y 81.00 mm, respectivamente. Sin embargo, en San José Carbonerillas, Matehualilla y San Cristóbal se encontraron los conos de menor longitud, por lo tanto esta población fue diferente a las dos mencionadas ($p \leq 0.001$) (Cuadro 4).

Para el peso seco promedio del cono fue de 16.67g, para las ocho poblaciones. El valor máximo se presentó en Garambullo fue de 22.47 g y el valor mínimo se presentó en Matehualilla y San Cristóbal con 12.18 y 10.42 g, respectivamente. Garambullo resultó superior y diferente al resto de las poblaciones (Cuadro 4).

Por otro parte, el número de escamas fértiles promedio fue de 24.91 escamas, Presentándose valores altos en Cañón de las Bocas con 29.95 escamas y las Norias con 27.37 escamas y los valores más bajos se presentó en Garambullo fue 23.17 escamas, Lomas del Orégano 23.35 escamas, Matehualilla 22.43 escamas y San Cristóbal 22.07 escamas (Cuadro 4).

La proporción de óvulos abortados promedio fue de 38 %, presentando menor proporción de óvulos abortados en Garambullo, Lomas del Orégano, Matehualilla y San Cristóbal y una de las poblaciones de mayor proporción de óvulos abortados fueron Palmas Altas, Cañón de las Bocas y San José Carbonerillas, con un rango de variabilidad de 29 % 57 % (Cuadro 4). La presencia de mayor proporción de óvulos abortados, posiblemente se deba a problemas de polinización (Bramlett *et al.*, 1977).

Cuadro 4. Media poblacional \pm error estándar de la media (rangos) para las características obtenidas de los conos y semillas tomadas de las ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon.

Poblaciones	Longitud del cono (mm)	Peso seco del cono (gr)	Escamas fértiles	Proporción de óvulos abortados [¶]	Proporción de semillas vanas [¶]	Proporción de [¶] semillas llenas [‡]	Coefficiente de [¶] endogamia [¥]
1. Las Norias (2004).	81.00 \pm 1.63 ab (49.60 - 114.24)	20.30 \pm 0.70 b (7.36 - 36.95)	27.37 \pm 0.68 ab (13.00 - 42.00)	0.40 \pm 0.01 bc (0.00 - 0.99)	0.23 \pm 0.01 bc (0.00 - 0.84)	0.37 \pm 0.01 b (0.00 - 0.96)	0.40 \pm 0.02 c (0.00 - 1.00)
2. Palmas Altas (2003).	76.53 \pm 1.84 bc (45.00 - 99.70)	16.86 \pm 0.79 cd (7.92 - 30.48)	26.57 \pm 0.78 bc (16.00 - 40.00)	0.41 \pm 0.02 ab (0.04 - 0.92)	0.30 \pm 0.02 ab (0.02 - 0.78)	0.29 \pm 0.02 c (0.00 - 0.93)	0.55 \pm 0.03 b (0.02 - 1.00)
3. Garambullo (2004).	84.97 \pm 1.76 a (59.50 - 119.00)	22.47 \pm 0.76 a (8.98 - 36.28)	23.17 \pm 0.73 d (11.00 - 41.00)	0.27 \pm 0.01 d (0.00 - 0.94)	0.21 \pm 0.01 cd (0.00 - 0.97)	0.52 \pm 0.02 a (0.00 - 1.00)	0.30 \pm 0.02 de (0.00 - 1.00)
4. Cañón de las Bocas (2004).	76.46 \pm 1.84 bc (49.20 - 96.10)	17.95 \pm 1.46 bcd (8.90 - 31.82)	29.95 \pm 1.44 a (20.00 - 40.00)	0.57 \pm 0.04 a (0.02 - 0.89)	0.21 \pm 0.03 bcd (0.00 - 0.64)	0.00 \pm 0.00 e (0.00 - 0.03)	0.49 \pm 0.04 bc (0.00 - 1.00)
5. Lomas del Orégano (2004).	77.66 \pm 1.79 b (49.30 - 116.20)	18.19 \pm 0.77 c (7.83 - 37.10)	23.35 \pm 0.74 d (14.00 - 37.00)	0.31 \pm 0.01 cd (0.00 - 0.94)	0.25 \pm 0.01 bc (0.00 - 0.92)	0.43 \pm 0.01 ab (0.00 - 0.94)	0.38 \pm 0.02 cd (0.00 - 1.00)
6. San José Carbonerillas (2003).	71.63 \pm 2.08 cd (43.1 - 103.60)	14.97 \pm 0.89 d (6.39 - 26.12)	24.40 \pm 0.88 cd (10.00 - 36.00)	0.49 \pm 0.03 a (0.09 - 0.96)	0.36 \pm 0.02 a (0.00 - 0.85)	0.15 \pm 0.02 d (0.00 - 0.89)	0.74 \pm 0.03 a (0.00 - 1.00)
7. Matehualilla (2004).	68.76 \pm 1.63 d (41.90 - 108.70)	12.18 \pm 0.70 e (5.39 - 31.78)	22.43 \pm 0.68 d (6.00 - 36.00)	0.31 \pm 0.01 d (0.00 - 0.90)	0.18 \pm 0.01 d (0.00 - 0.81)	0.51 \pm 0.01 a (0.00 - 0.95)	0.28 \pm 0.02 e (0.00 - 1.00)
8. San Cristóbal (2003).	66.14 \pm 1.96 d (44.90 - 91.30)	10.42 \pm 0.84 e (6.54 - 15.27)	22.07 \pm 0.83 d (11.00 - 35.00)	0.29 \pm 0.02 d (0.00 - 0.73)	0.17 \pm 0.02 d (0.00 - 0.81)	0.54 \pm 0.02 a (0.00 - 0.96)	0.25 \pm 0.03 e (0.00 - 1.00)
Promedio	75.39 \pm 1.82	16.67 \pm 0.86	24.91 \pm 0.84	0.38 \pm 0.02	0.24 \pm 0.02	0.35 \pm 0.01	0.42 \pm 0.03

Los valores con letras diferentes por columna son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). [‡] Eficiencia de semillas. [¥] Semillas vanas /semillas desarrolladas. [¶] Datos transformados.

En cuanto a la proporción de semillas vanas el promedio es de 24 %. La mayor proporción de semillas vanas se presenta en San José Carbonerillas y Palmas Altas con 36 y 30%, respectivamente y la población que representa menor proporción de semillas vanas San Cristóbal (17 %), Matehualilla (18 %), Cañón de las Bocas y Garambullo (21 %), respectivamente (Cuadro 4); Sin embargo, esta proporción de semillas vanas en el presente trabajo no es tan crítica como lo encontrado en estudios publicados para *Pinus catarinae* (Lemus, 1999) y *Picea mexicana* (Flores, 2004) (Cuadro 5). Los problemas de baja proporción de semillas vanas para las especies mencionadas anteriormente, es el resultado de la fragmentación en pequeñas poblaciones y el aislamiento (Mosseler *et al.*, 2000), además estas especies se encuentran catalogadas como especies endémicas (SEMARNAT, 2001). Sin embargo en otras especies de *Pinus* los valores de proporción de semilla vana son menores a los resultados obtenidos del presente trabajo (Cuadro 5).

En un trabajo realizado para *Pinus pinceana* en la población de San Cristóbal, en promedio se obtuvo menor proporción de óvulos abortados que lo obtenido de las ocho poblaciones de este trabajo (Cuadro 5). Este resultado de mayor número de semillas vanas se le atribuye a problemas de autopolinización que origina la degeneración del embrión (Sorensen y Miles, 1971).

La proporción de semillas llenas obtuvo un promedio de 35 %. Las poblaciones como, Garambullo, Lomas del Orégano, Matehualilla y San Cristobal presentaron un alto número de semillas llenas (entre 43 a 54 %) y la población Cañón de las Bocas presentó un mínimo valor de 0% (Cuadro 4). Lo cual indica que también existe diferencia entre poblaciones, con respecto a la proporción de semillas llenas encontradas en otros estudios (Cuadro 5).

El coeficiente de endogamia promedio de las ocho poblaciones evaluadas para este trabajo fue de 0.42; el menor índice de endogamia se presentó en Garambullo (0.03), Matehualilla (0.28) y San Cristóbal (0.25), mientras que en San José Carbonerillas se presentó el más alto índice de endogamia con 0.74 (Cuadro 5);

probablemente se deba a que esta población es una de las poblaciones menos densas (81 indiv./ ha⁻¹) en comparación del resto de las evaluadas (200 a 526 ind./ha⁻¹) (Mares, 2006).

Cuadro 5. Comparación de promedios de los óvulos abortados, semillas vanas, semillas llenas y el coeficiente de endogamia en diferentes estudios.

Especie	POA (%)	PSV (%)	PSLL (%)	CEND	Citas
<i>Pinus catarinae</i> §	9	61	23	-----	Lemus (1999)
<i>Pinus cooperi</i> §	33	31	69	-----	Prieto y Martínez (1993)
<i>Pseudotsuga carr</i> §	34	39	38	0.60	Mápula (2004)
<i>Pinus pinceana</i> §	37	13	49	0.43	Quiroz <i>et al.</i> (sin fecha)
<i>Pinus pinceana</i> §	38	24	35	0.42	Trabajo actual
<i>Picea mexicana</i> ¥	41	46	13	0.80	Flores (2004)
<i>Pinus greggii</i> §	47	16	84	-----	López <i>et al.</i> (1993)
<i>Pinus johannis</i> ¥§	75	17	18	0.54	López (2005)
<i>Pinus maximinoi</i> ¥§	-----	39	61	-----	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus oocarpa</i> ¥§	-----	40	60	-----	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus tecunumanii</i> ¥§	-----	44	56	-----	Isaza <i>et al.</i> (2002)

Nota: Datos ordenados de menor a mayor proporción de óvulo abortado (POA). ¥ Estudios realizados en diferentes años. § Estudios realizados en diferentes poblaciones. POA= Proporción de óvulos abortados; PSV= Proporción de semillas vanas; PSLL= Proporción de semillas llenas; CEND= coeficiente de endogamia; ----- = no se encontraron estos datos.

Este índice representa la proporción de semillas vanas con respecto al total de semillas desarrolladas, que refleja la endogamia, como resultado de la posible autopolinización, debido a que existe muy poca densidad del arbolado (Ledig *et al.*, 2001; Flores, 2004; Mápula, 2004), para el caso de un estudio publicado de *Picea mexicana* (Flores, 2004) se encontró valores promedios de endogamia como uno de los más altos (Cuadro 5). Por el contrario, los valores promedios más bajos se presenta en este trabajo (Cuadro 5).

Las poblaciones con una alta densidad producen una mayor cantidad de polen, esto hace que aumente la producción de semillas llenas y por lo consiguiente reducen las posibilidades de una autopolinización, por lo tanto evita el aumento de endogamia (Schemske y Lande; 1985; Miton, 1992; Flores 2004).

En general las poblaciones fragmentadas y aisladas tienden a sufrir mayores niveles de endogamia (Frankham, 1998), lo cual conduce a una menor capacidad reproductiva y por lo tanto existe mayor riesgo de extinción a un futuro no muy lejano.

Estos problemas conllevan a que se realice una conservación *ex situ*, áreas de conservación genética, programa de manejo y protección que elimine el pastoreo de las cabras (Ledig *et al.*, 2001; Flores, 2004).

4 CONCLUSIONES

1. El potencial de semillas promedio fue de 50 semillas por cono, con una eficiencia de 35 % y las pérdidas de semillas (65 %) se deben principalmente a óvulos abortados, semillas vanas y solamente en la población Cañón de las Bocas por daños de insectos.
2. Las poblaciones de Garambullo, Lomas del Orégano, Matehualilla y San Cristóbal de los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luís Potosí e Hidalgo, respectivamente, sobresalen como las de mayor eficiencia de semillas (43 a 53 %) mientras que en Cañón de las Bocas fue del 0%.
3. La población San José Carbonerillas presentó el mayor índice de endogamia (0.74) y las de menor índice fueron: Garambullo (0.30), Matehualilla (0.28) y San Cristóbal (0.25).
4. Los contrastes en los resultados reproductivos de las poblaciones pueden ser producto de factores como el aislamiento y la baja densidad del arbolado dentro de las poblaciones y el período de año semillero.

5 RECOMENDACIONES

1. Monitorear de forma continua las poblaciones para estimar mejor la producción de semillas, ya que ésta puede ser afectada por años semilleros.
2. Se requieren estudios adicionales de densidad de arbolado adulto y de regeneración en condiciones de control (sin pastoreo), así como realizar análisis de viabilidad de semillas y una evaluación de viabilidad de polen.
3. Para el caso de la población Cañón de las Bocas se requiere de evaluaciones como tabla de mortalidad de conos y semillas, debido a la presencia de insectos.

6 LITERATURA CITADA

- Alba-Landa J., A. Aparicio-Rentería y J. Márquez-Ramírez. 2003. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de dos poblaciones de México. *Foresta Veracruzana* 5 (1): 23-26.
- Alba-Landa J., J. Márquez-Ramírez y 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.
- Bello G., M. A. 1988. Potencial, eficiencia y producción de semillas en conos de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en Quinceo, Municipio de Paracho, Michoacán. *Ciencia Forestal* 13 (64): 3-29.
- Bramlett, D. L. 1974. Seed potential and seed efficiency. *In: Proceedings of seed yield from southern pine seed orchards*. Edited by John Kraus. Georgia Forest Research Council. Macon, Georgia, USA. pp. 1-7.
- Bramlett, D. L., E. W. Belcher Jr., G. L. DeBarr, J. L. Hertel, R. P. Karrfalt, C. W. Lantz, T. Miller, K. D. Ware y 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. 28 p.
- Box, G. E. P. y D. R. Cox. 1964. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (methodological)* , 26 (2): 211-252.
- Caballero D., M. y R. Ávila R. 1985. Importancia actual y potencial de los piñoneros en México. *In: Memorias del III Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros*. Flores F.J.D., J. Flores L., E. García M. y H. Liria S. (comps.). U.A.A.A.N. INIFAP. Saltillo, Coah. pp. 18-22.
- Caron, G. E., y G. R. Powell. 1989. Cone size and seed yield in young *Picea mariana* trees. *Can J. For. Res.* 19: 351-358.
- CETENAL. 1972a. Carta uso de suelo. F14A65. Guadalcázar. San Luis Potosí. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1972c. Carta Edafológica. G14C42. Sierra el Laurel. Coahuila. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1972d. Carta Geológica. G14C42. Sierra el Laurel. Coahuila. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1972e. Carta uso de Suelo. G14C42. Sierra el Laurel. Coahuila. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.

- CETENAL. 1973a. Carta Edafológica. F14A65. Guadalcázar. San Luis Potosí. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1973b. Carta Geológica. F14A65. Guadalcázar. San Luis Potosí. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1974a. Carta de uso de suelo. G14C62. Concepción del Oro. Zacatecas. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1974b. Carta de uso de suelo. G14C72. Tanquecillos. Zacatecas. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1974c. Carta Geológica. G14C72. Tanquecillos. Zacatecas. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1975a. Carta Edafológica. G14C62. Concepción del Oro. Zacatecas. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1975b. Carta Geológica. G14A72. Santa Teresa. Coahuila. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1975c. Carta Geológica. G14C62. Concepción del Oro. Zacatecas. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1975d. Carta Edafológica. G14C72. Tanquecillos. Zacatecas. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1976. Carta uso de suelo. G14A72. Santa Teresa. Coahuila. Esc. 1:50,000. Secretaría de la Presidencia.
- CETENAL. 1977. Carta Edafológica. G14A72. Santa Teresa. Coahuila. Esc. 1:50,000. Secretaría de Programación y Presupuesto.
- Cibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates y J. E. Flores L. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México, México. 450 p.
- DETENAL. 1982. Carta Topográfica. F14D61. Metztlán. Hidalgo. Esc. 1:50,000. Secretaria de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el genero Pinos en México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 623 p.
- Farjon A., Ch. N. Page y N. Schellevis. 1993. A preliminary world list of threatened conifer taxa. *Biodiversity and Conservation* 2: 304-326.

- Fowler, D. P. y Y. S. Park. 1983. Population studies of white spruce. I. Effects of self-pollination. *Can J. For. Res* 13: 1133-1138.
- Flores L., C. 2004. Indicadores reproductivos en tres poblaciones de *Picea mexicana* Martínez de México. Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 46 p.
- Frankham R. 1998. Inbreeding and extinction: island populations. *Conservation Biology* 12 (3): 665-675.
- García. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 246 p.
- García. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 246 p.
- Hines W., W. y Montgomery, Douglas C. Probabilidad y estadística para ingeniería y administración. Tercera edición. México. C.E.C.S.A. 1996. 770p.
- Isaza N., W. S. Dvorak y J. López U. 2002. Producción de semillas del género *Pinus* en huertos y rodales semilleros de Smurfit Cartón de Colombia. Smurfit Cartón de Colombia. Informe de investigación No. 187. 9 p.
- Leding F., T., M. A. Capó A., P. D. Hodgskiss, H. Sbay, C. Flores L., M. T. Conkle y B. Bermejo V. 2001. Genetic diversity and the mating system of a rare Mexican piñon, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). *American Journal of botany* 88 (11): 1977 - 1987.
- Lemus S., J. L. 1999. Análisis de conos y Semillas de *Pinus catarinae* M.F. Robert-Passini. Tesis profesional. U.A.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
- Mápula L., M. 2004. Indicadores reproductivos para poblaciones naturales de *Pseudotsuga* Carr. en México. Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 41 p.
- Mares A., O. 2006. Análisis estructural, composición florística y caracterización ecológica de poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon [Inédito].

- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Editorial Botas. México. 361 p.
- Mitton, J. B. 1992. The dynamic mating systems of conifers. *New Forest* 6: 197 – 216.
- Mosseler, A. 1992. Seed yield and quality from early cone collections of black spruce and white spruce. *Seed Sci. & Technol* 20:473-482.
- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y.-S. Park, K.H. Johnsen, and O.P. Rajora. 2000. Indicators of populations viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. *Can. J. Bot* 78:928-940.
- Niembro R. A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. México. 206 p.
- Niembro A. 1995. Producción de semillas de caoba *Swietenia macrophylla* King bajo condiciones naturales en Campeche, México. *In: Memorias del Simposio sobre Avances en la producción de semillas forestales en América latina*. Rodolfo Salazar (comp.). C.A.T.I.E. Managua, Nicaragua. pp. 249-264.
- Owens, J. N. 1995. Constraints to seed production: temperate and tropical forest trees. *Tree Physiology* 15: 477-484.
- Park Y., S. y D. P. Fowler. 1984. Inbreeding in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.): self-fertility, genetic load, and performance. *Can. J. For. Res* 14: 17-21.
- Passini M., F. 1985. Algunas consideraciones acerca de los pinos piñoneros en México. *In: I Simposio Nacional sobre pinos piñoneros*. Folleto Científico N° 2. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, Linares, N.L. México. pp 130-136.
- Patiño V., F. 1973. Floración, fructificación y recolección de conos y aspectos sobre semillas de pino mexicanos. *Bosques y Fauna* 10 (4): 20-30.
- Patiño V., F. 1975. Producción de semillas forestales. *Bosques y Fauna*. 12 (4): 41-45.
- Perry J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. USA. 231p.
- Prieto R., J. A y J. Martínez A. 1993. Análisis de conos y semillas en dos áreas semilleras de *Pinus cooperi*. Folleto científico N° 1. SARH, INIFAP, Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo Experimental "Valle del Guadiana". Durango, Dgo. México. 18 p.

- Quiroz-Vázquez R., I., López-Upton, J., Cetina-Alcalá, V. M., Ángeles-Pérez, G. y Trinidad-Santos, A. [s. f.] Reproductive viability of *Pinus pinceana* Gordon in the state of Hidalgo, México. [Inédito].
- Rajora O., P. y A. Mosseler. 2001. Challenges and opportunities for conservation of forest genetics resources. *Euphytica* 118: 197-212.
- Romero-Manzanares, A. y E. García Moya. 2002. Estabilidad y elasticidad de la composición florística de los piñonares de San Luís Potosí, México. *Agrociencia* 36: 243-254.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.
- Saccheri I., M. Kuussaari, M. Kankare, P. Vikman, W. Fortelius y I. Hanski. 1998. Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation. *Nature* 392: 491-494.
- SAS institute Inc. 1998. *SAS/STAT Guide for personal computers*. Versión 8.0. SAS Institute Inc. Cary, N. C., USA. 378 p.
- Schemske D., W., y R. Lande, 1985. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants. II. Empirical observations. *Evolution* 39 : 41 – 52.
- SEMARNAT, 2001. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001), protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en Riesgo. Diario Oficial de la Federación.
- Senedecor G., W. y C. William G. *Métodos estadísticos*. México. C.E.C.S.A. 1981. 652 p.
- Sorensen, F. C., y R.S Miles. 1974. Self-pollination on Douglas-fir and ponderosa pine seeds and seedlings. *Silvae Genet.* 23 (5): 135-165.
- Sorensen, F. C., y R. K. Campbell. 1993. Seed weight-seedling size correlation in coastal Douglas-fir: Genetic and environmental components. *Can. J. For. Res* 23: 275-285.
- Vázquez C., O. G., E. O. Ramírez-García y J. Alba-Landa. 2004. Variación de conos y potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov. en una población del Estado de Tlaxcala, México. *Foresta Veracruzana* 6 (2): 31-36.

7 APÉNDICE

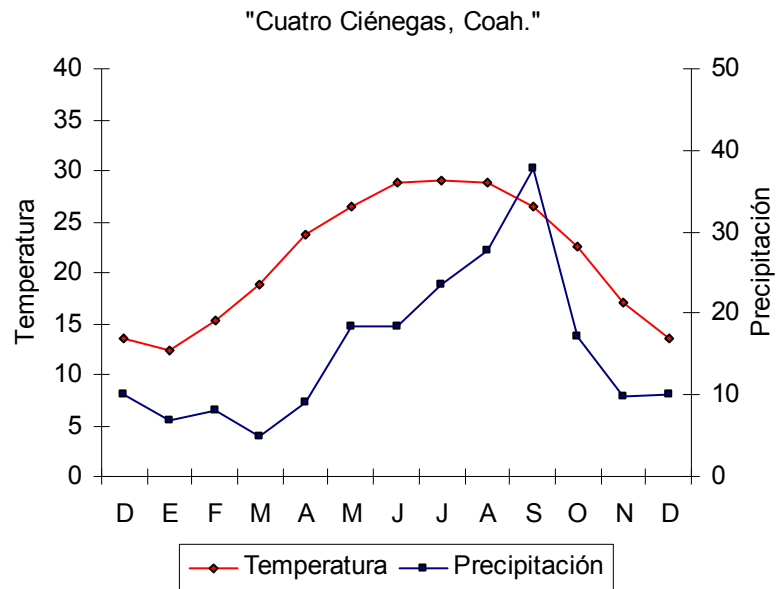
Apéndice 1. Datos de temperatura promedio mensual, precipitación mensual y tipo de clima de las Estaciones Meteorológicas más cercanas a las poblaciones evaluadas.

Mes	"Las Norias" Cuatro Ciénegas, Coah.		"Palmas Altas" y "Garambullo" Saltillo, Coah.		"C.B; L.O y S.J.C " Mazapíl, Zac.		"Núñez" Guadalcázar, S.L.P		"San Cristóbal" San Cristóbal, Hgo.	
	Temp.	Pp.	Temp.	Pp.	Temp.	Pp.	Temp.	Pp.	Temp.	Pp.
Enero	12.3	6.8	12.1	10.3	11.8	27.7	13.7	23.1	16.3	9.6
Febrero	15.3	8.1	13.5	9.9	13.0	22.0	14.5	25.0	17.9	3.2
Marzo	18.9	4.9	16.7	6.9	14.6	14.1	17.4	19.1	20.8	9.7
Abril	23.7	9.0	19.6	13.5	18.4	22.5	20.9	19.5	23.0	20.5
Mayo	26.4	18.4	21.7	24.8	20.1	51.9	22.2	62.5	23.9	36.2
Junio	28.8	18.3	22.7	41.4	21.7	81.4	21.6	98.8	23.2	74.7
Julio	29.0	23.5	22.4	51.3	21.7	83.3	20.3	127.7	22.9	53.2
Agosto	28.9	27.7	22.1	51.3	21.4	91.2	20.2	119.7	22.7	56.6
Septiembre	26.4	37.7	20.3	51.6	19.8	63.4	19.4	134.0	21.8	103.7
Octubre	22.5	17.1	17.6	23.4	17.6	67.9	17.7	41.0	20.1	44.3
Noviembre	17.1	9.8	14.5	11.7	14.8	37.0	15.9	24.1	18.3	9.9
Diciembre	13.5	10.1	12.6	13.7	11.8	22.6	14.4	27.6	17.0	6.4
Anual	21.9	191.4	17.9	309.8	17.2	585.0	18.1	722.0	20.6	428.0
Tipo de clima	BWhx'(w)(e')w''		Bsokx'(w)(e)		C(x')b(e)		(A)Ca(x')(wo)(e)gw''		Bsohw(e)gw''	

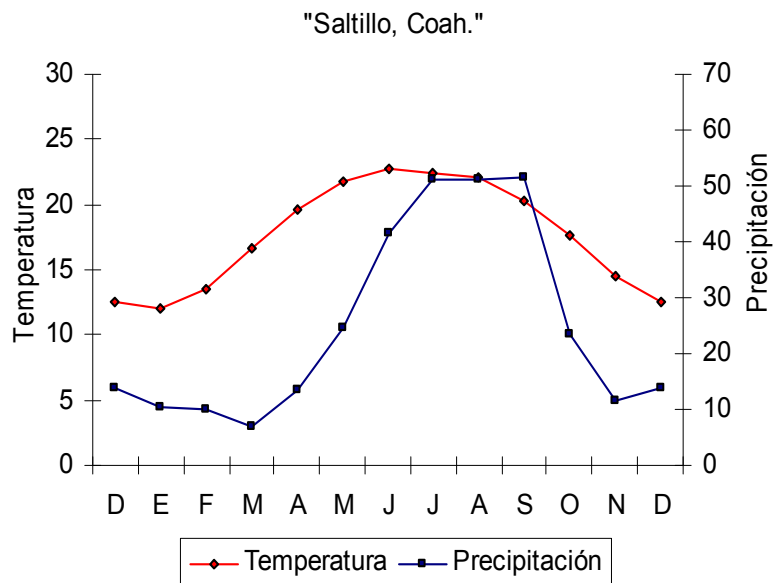
Fuente: García, (1973) y García, (1988). C.B: Cañón de las Bocas; L.O: Lomas del Orégano; S.J.C: San José Carbonerilla; Temp: Temperatura y Pp: Precipitación.

Apéndice 2. Climograma donde se dispersa las poblaciones evaluadas de *Pinus pinceana*.

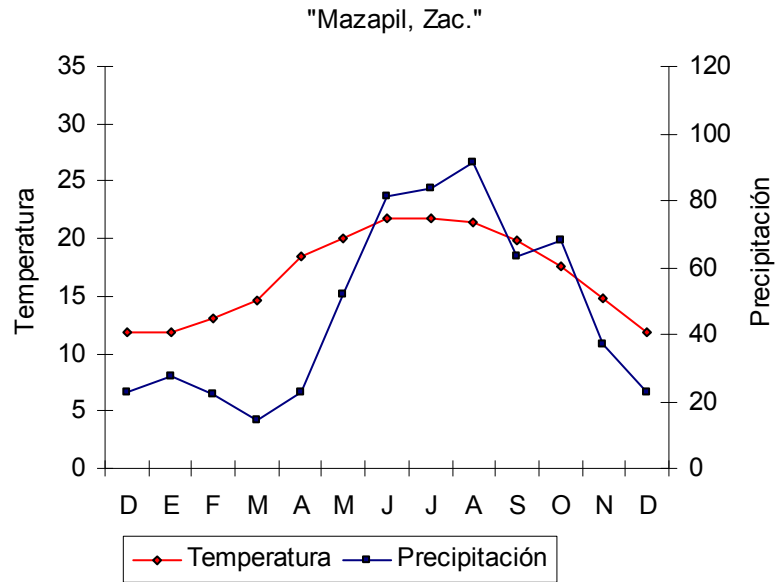
Apéndice 2a. Población de "Las Norias" con la estación Cuatro Ciénegas, Coahuila.



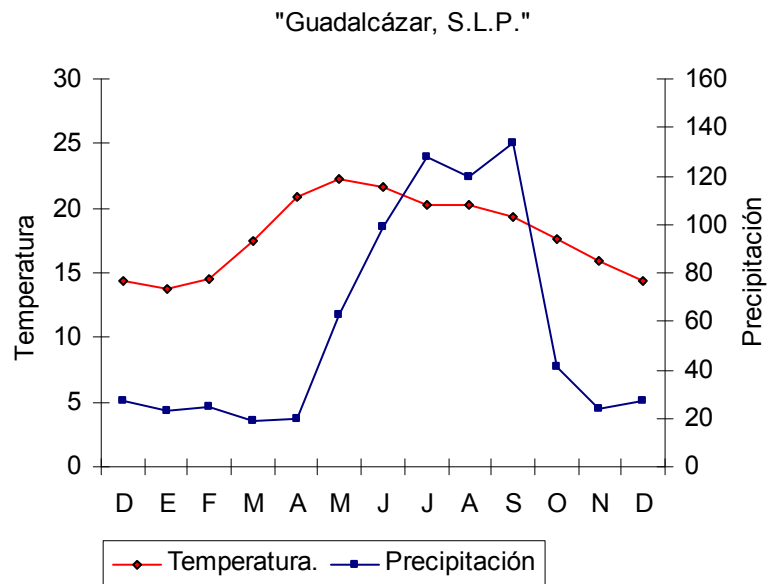
Apéndice 2b. Palmas Altas y Garambullo, Saltillo, Coahuila.



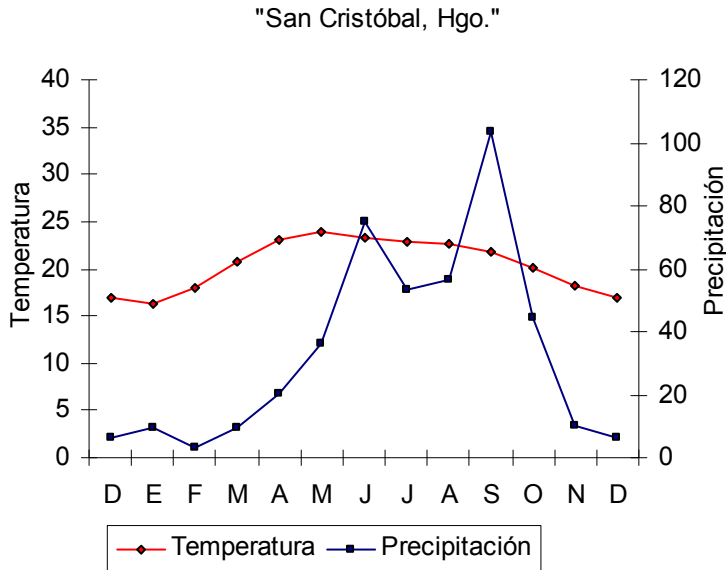
Apéndice 2c. Cañón de las Bocas, Lomas del Orégano, San José Carbonerilla, Mazapil, Zacatecas.



Apéndice 2d. "Ejido Núñez, Guadalcázar, San Luis Potosí.



Apéndice 2f. "San Cristóbal", Cardonal, Hidalgo.



Apéndice 3. Formato de análisis de conos y semillas de *Pinus pinceana* Gordon.

PROPIEDAD: _____ MUNICIPIO: _____ ESTADO: _____

LOCALIDAD: _____ FECHA DE COLECTA: _____ FECHA DE EVALUACIÓN _____

ARB	N° CON	LC	AC	OA1	OA2	SV	SLL	SDIHB	SDV	SD	E S C A M A S						TOTAL	
											ESCAMAS INFERTILES			ESCAMAS FERTILES				
											EBSOA	ETSOA	EISO	E1SSOA	E1SOA	EI2S		E1OASO
	1																	
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
	6																	
	7																	
	8																	
	9																	
	10																	

Donde: ARB=Árbol; N° CON=número de cono; LC=longitud del cono; AC= diámetro del cono; OA1= óvulo abortado el primer año; OA2=óvulo abortado el segundo año; SV= semilla vana; SLL= semilla llena; SDIHB= semilla dañada por insecto, hongos y bacteria; SDV= semilla dañada por varios factores; SD= semilla desarrollada; EBSOA= escama basal sin óvulos abortados (óvulos rudimentarios); ETSOA= escama terminal sin óvulos abortados (óvulos rudimentarios); EISO= escama intermedia sin óvulos (óvulos rudimentarios); E1SSOA= escama intermedia con 1 semilla y sin óvulo abortado (un óvulo rudimentario); E1SOA= escama intermedia con una semilla óvulo abortado (Un óvulo rudimentario); EI2S= escama intermedia con 2 semillas; E1OASO= escama intermedia con un óvulo abortado y sin óvulo (Un óvulo rudimentario); EI2OA= escama intermedia con 2 óvulos abortados.

Apéndice 4. Producción y pérdida de semillas de ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana*.

Poblaciones (año de colecta) ¶	SLL	SDIH	SV	OA2	OA1	PS	EF
1. Las Norias (2004).	20 (63 %)	0 (0 %)	12 (37 %)	8 (15 %)	15 (27 %)	55 ab	36 b
2. Palmas altas (2003).	15 (48 %)	0 (0 %)	16 (52 %)	7 (13 %)	15 (29 %)	53 bc	28 c
3. Garambullo (2004).	24 (73 %)	0 (0 %)	9 (27 %)	5 (11 %)	8 (17 %)	46 d	52 a
4. Cañón de las Bocas (2004).	0 (0 %)	12 (48 %)	13 (52 %)	14 (23 %)	21 (35 %)	60 a	0 e
5. Lomas del Orégano (2004).	20 (63 %)	0 (0 %)	12 (37 %)	6 (13 %)	9 (19 %)	47 d	43 ab
6. San José Carbonerillas (2003).	7 (28 %)	0 (0 %)	18 (72 %)	10 (20 %)	14 (29 %)	49 cd	14 d
7. Matehualilla (2004).	23 (74 %)	0 (0 %)	8 (26 %)	4 (9 %)	10 (22 %)	45 d	51 a
8. San Cristóbal (2003).	24 (77 %)	0 (0 %)	7 (23 %)	3 (7 %)	10 (23 %)	44 d	54 a
Promedio	17 (53 %)	1.5 (6 %)	12 (41 %)	7 (14 %)	13 (25 %)	50	35

¶ Poblaciones ordenadas de mayor a menor latitud. Nota: SLL= semillas llenas (%); SDV= semillas dañada por varios factores; SDIH= semilla dañada por insectos, hongos y bacterias; SV= semilla vana; OA2= óvulos abortados del segundo año de desarrollo; OA1= óvulos abortados del primer año de desarrollo; PS= potencial de semillas y EF= eficiencia de semilla. Los valores con letras diferentes por columna en PS y ES son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).