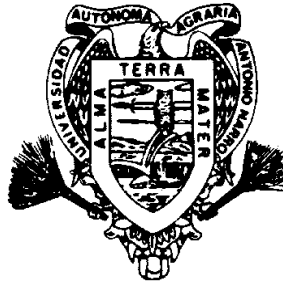


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Cronología de Producción de Semillas de *Pinus johannis* M.F. Robert para
Poblaciones del Noreste de México.

Por:

JESÚS ARISTEO JACOBO PÉREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Cronología de Producción de Semillas de *Pinus johannis* M.F. Robert para Poblaciones del Noreste de México.

Por:

JESÚS ARISTEO JACOBO PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada

M.C. Celestino Flores López

Asesor Principal

M.C. Jorge David Flores Flores
Coasesor

Dr. Miguel Angel Capó Arteaga
Coasesor

DEPARTAMENTO FORESTAL

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2012

Este proyecto de tesis ha sido apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 02-030207-2385, a cargo del profesor investigador M.C. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

CON AMOR Y CARIÑO A MIS PADRES:

Aristeo Jacobo Aguilar y Juana Pérez Darey

Por haberme dado la vida, por sus sabios consejos que hicieron de mí una persona de bien y que en momentos difíciles me hicieron tomar el camino correcto para poder superarme, porque me enseñaron a valorar lo poco o mucho que la vida me ha dado, por ser mis mejores amigos, pero sobre todo por hacerme sentir que lo más importante de la vida es el amor y la confianza. *¡¡ Mis Chaparríolos lo logramos!!*

A MI HERMANA Y COMADRE:

Francisca Guadalupe Jacobo Pérez

Por su apoyo y consejos, que me brindó en momentos difíciles para culminar mis estudios, gracias por brindarme su apoyo económico, pero sobre todo gracias por su invaluable compañía durante la niñez.

A

Aris Isaac Jacobo Salazar y Juan Arisai Hernández Jacobo

Quienes al momento que llegaron a este mundo llenaron de alegría a la familia Jacobo Pérez, Jacobo Salazar y Hernández Jacobo. Con quienes he compartido un poco de su infancia, juegos, travesuras y sus sonrisas.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, las fuerzas para vencer los obstáculos puestos en mi camino y de realizar una de mis metas en mi vida.

A mi "*Alma Mater*" Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y hacerme sentir parte de esta gran familia universitaria. Gracias por formarme profesionalmente.

Al M.C. Celestino Flores López, por compartir sus conocimientos, por convivir conmigo y por su tiempo invertido como asesor de esta tesis, pero sobre todo por brindarme su amistad que es el regalo más valioso que una persona puede ofrecer.

Al M.C. Jorge David Flores Flores y Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga por su colaboración, participación, disposición y revisión de esta tesis.

A todos los profesores del Departamento Forestal, Dr. Alejandro Zarate Lupercio, M. C. Celestino Flores López, M.C. José A. Nájera Castro, Dra. Gabriela Ramírez Fuentes, M.C José Aniseto Díaz Balderas, Dr. Jorge Méndez González, Dr. Miguel A. Capó Arteaga, Dr. Eladio H. Oviedo Cornejo, Ing. Sergio Braham, M. C. Jorge D. Flores Flores, M. C. Andrés Nájera Díaz, Ing. José A. Ramírez Díaz; que gracias a sus conocimientos y su experiencia laboral me ayudaron a culminar el proyectos más importante de mi vida.

A la Bióloga Silvia Pérez Cuellar, por sus consejos, apoyo y amistad brindada durante mi estancia en la Universidad.

A los compañeros que me apoyaron con la colecta de las muestras en campo (Angelina Cruz Hernández, Verónica García Moreno, Mirna Cruz Méndez y Carmen Zúñiga Villegas) y Alfredo Arellano Choca quien me apoyó con el trabajo en laboratorio, mis más sinceros agradecimientos ya que sin su ayuda hubiera sido más difícil la colecta y la obtención de los datos.

Al despacho Servicios Forestales Profesionales Sayula S.C. por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales, mis más sinceros agradecimientos por los la amistad de el Ing. Guillermo Ramos Pinto (Ing. Memo), Ing. Gerardo Herrera Maldonado (Pasojera), Ing. Luis Evelio Colín Resillas (Colín), Martha Leticia Alfaro Alvarado (Marta), Adriana Aguilar Cueto (Machín) y Cristo Torés Arias (Don Cristo).

A mis amigos Marco Antonio Vega Vázquez y Ángel Iván García Barradas por brindarme su amistad y hacer que la estancia en la UAAAN fuera agradable.

A mis amigos (as): Inocencia, Flor, Angelina, Verónica, Ángela, Rosy, Maybeth, Aby, Adrian, Gamaliel, Rodolfo, José Guadalupe, José Antonio, Héctor, Cecilio, Manuel, Leonardo, Horacio, Ángel Alfredo, Marcos, José Javier, Bartolomé, Martin, Saúl, Andrés y a todos mis amigos de generación que omití sin ser mi intención.

A todas aquellas personas que por el momento no vienen a mi mente pero que de alguna manera fueron parte de mi formación académica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| ÍNDICE DE CUADRO..... | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | iv |
| RESUMEN..... | v |
| ABSTRACT..... | vi |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Objetivos..... | 3 |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 Importancia de los piñoneros en México..... | 4 |
| 2.2 Descripción de la especie..... | 5 |
| 2.3 Ecología de la especie..... | 6 |
| 2.4 Formación de conos y semillas..... | 8 |
| 2.5 Análisis de conos y semillas..... | 9 |
| 2.6 Pérdida de semilla en conos..... | 9 |
| 2.7 Producción de semillas en piñoneros..... | 11 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 13 |
| 3.1 Descripción de las localidades de estudio..... | 13 |
| 3.2 Muestreo y colecta de conos..... | 14 |
| 3.3 Análisis de conos y semillas..... | 16 |
| 3.4 Análisis estadístico de producción de semillas..... | 17 |
| 3.6 Producción de semillas en tres poblaciones para tres fechas de colecta..... | 20 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 21 |
| 4.1 Producción de semilla de tres localidades para la colecta 2010..... | 21 |

| | Página |
|--|--------|
| 4.1.1 Potencial de semilla | 21 |
| 4.1.2 Eficiencia de semilla..... | 23 |
| 4.2 Comparación de la producción de semillas para las colectas 1998, 2003, 2008 y 2010 en dos poblaciones. | 24 |
| 4.3 Indicadores reproductivos | 27 |
| 4.3.1 Indicadores reproductivos para tres poblaciones y dos colectas | 27 |
| 4.3.2 Indicadores reproductivos para dos poblaciones en cuatro colectas | 28 |
| | |
| 5 CONCLUSIONES..... | 31 |
| 6 RECOMENDACIONES | 32 |
| 7 LITERATURA CITADA..... | 33 |
| APÉNDICE | 40 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Principales plagas de las especies piñoneras de México. | 10 |
| Cuadro 2. Características geográficas y fisiográficas del suelo de las tres localidades de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert. | 13 |
| Cuadro 3. Potencial de semillas de coníferas en diferentes localidades. | 22 |
| Cuadro 4. Comparación de la eficiencia de semillas en diferentes localidades y especies. | 24 |
| Cuadro 5. Comparación de medias para características reproductivas de dos poblaciones naturales de <i>Pinus johannis</i> en cuatro años de colecta. | 26 |
| Cuadro 6. Medias de indicadores reproductivos de conos y semillas de <i>Pinus johannis</i> M.F. Robert para cuatro años de colecta en dos poblaciones. | 28 |
| Cuadro 7. Medias de indicadores reproductivos de conos y semillas de <i>Pinus johannis</i> para cuatro años de colecta en dos poblaciones. | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Ubicación y distribución de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.F. Robert en los estados de Nuevo León, Coahuila y Zacatecas. | 15 |
| Figura 2. Características morfológicas de conos y semillas de <i>Pinus johannis</i> M.F. Robert..... | 17 |
| Figura 3. Producción y pérdida de semilla de tres poblaciones naturales de <i>Pinus johannis</i> M.F. Robert para la colecta 2010. | 21 |

RESUMEN

En este estudio se determinaron los indicadores reproductivos, potencial y eficiencia de semillas de *Pinus johannis* en una cronología de colectas realizadas en 1998, 2003, 2008 y 2010 de las poblaciones de Laguna de Sánchez en Santiago Nuevo León, El Coahuilón en Arteaga Coahuila y Salaverna en Concepción del Oro Zacatecas.

El material se colectó de los árboles que presentaron mayor producción de conos. En la población Laguna de Sánchez se colectaron 35 árboles, para El Coahuilón 38 árboles y para Concepción del Oro 56 árboles. Se realizó un análisis de conos y semillas. Los datos obtenidos del análisis de conos y semillas fueron procesados en el paquete estadístico SAS y se realizó un el análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar con arreglo anidado utilizando el procedimiento Mixed y LSMeans.

El potencial encontrado fue de 24 semillas por cono y la población de Concepción del Oro fue la que se mantuvo la producción de semilla estable durante tres colectas 1998, 2008 y 2010. La eficiencia de semillas es de 11 % en promedio, en ambas características se presentó diferencia significativa. La población de Concepción del Oro tuvo la mayor eficiencia de semilla (26%), seguido de El Coahuilón (5%) y Laguna de Sánchez (3%). Los indicadores reproductivos de conos y semillas muestran que hay una gran pérdida de semillas por la alta frecuencia de óvulos abortados, óvulos rudimentarios y semillas vanas, y una gran pérdida por endogamia debida a que las poblaciones son muy pequeñas y por lo tanto no se presenta una adecuada polinización cruzada. La población de Concepción del Oro presentó una mejor producción de semillas, mayor potencial y eficiencia de semillas y El Coahuilón presentó las menores características reproductivas y mayor coeficiente de endogamia.

Palabras claves: *Pinus johannis*, indicadores reproductivos, potencial de semillas, eficiencia de semillas, producción de semillas.

ABSTRACT

This study determined the reproductive indicators, potential and seed efficiency of *Pinus johannis* into a chronology of collections made in 1998, 2003, 2008 and 2010 of the population of Laguna de Sánchez in Santiago Nuevo León, The Coahuilón in Arteaga, Coahuila and Salaverna, Concepción del Oro in Zacatecas.

The material was collected from trees that had higher cone production. In Laguna de Sánchez population 35 trees were collected, for the Coahuilón 38 trees were and 56 trees in Concepcion del Oro. An analysis of cones and seeds. The data obtained from the analysis of cones and seeds were processed in the statistical program SAS and conducted analysis of variance under a completely randomized design with nested arrangement and using the Mixed procedure and LSMEANS.

The potential was of 24 seeds per cone and the Concepcion del Oro population was that the production of seeds kept stable for three collections in 1998, 2008 and 2010. The efficiency of seed was 11% average in both characteristics showed significant difference. The Concepcion del Oro population had the highest seed efficiency (26%), followed by The Coahuilón (5%) and Laguna de Sanchez (3%). Reproductive indicators of cones and seeds show that there was a great loss of seeds by the high frequency of aborted ovules, ovules rudimentary and empty seeds, and a great loss due to inbreeding because populations are very small and therefore not presented adequate cross-pollination. The Concepción del Oro had a better seed production potential and seed efficiency and the Coahuilón had the lowest characteristics reproductive and highest coefficient of inbreeding.

Keywords: *Pinus johannis*, indicators reproductive, potential of seeds, efficiency seeds, production seeds.

1 INTRODUCCIÓN

México es un país privilegiado al poseer 49 especies de pino de un total aproximado de 100 existentes en el planeta, 15 de estas especies son pinos piñoneros los cuales se encuentran distribuidos principalmente en los estados del norte del país, desde Baja California Norte y Sur, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí hasta Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Tlascalá, Puebla y Veracruz (Fonseca, 2003).

De todas las especies de pinos piñoneros en México *Pinus cembroides* Zucc. es el piñonero con mayor distribución ubicándose desde la Sierra madre Oriental hasta la Sierra Madre Occidental, ya que soporta precipitaciones escasa de hasta trescientos cincuenta milímetros y siete meses de sequía al año (Robert, 1978; Fonseca, 2003).

Dentro del grupo de los piñoneros que se encuentran en riesgo a la extinción encontramos a, *Pinus monophylla* Torr. et Frem., *Pinus quadrifolia* Parl, *Pinus remota* D. K. Bailey & F. G. Hawksworth, *Pinus culminicola* Andresen et al., Beaman, *Pinus maximartinezii* Rzedowski y *Pinus pinceana* Gordon son considerados en estatus de protección especial. Mientras que *Pinus johannis* es una especie considerada en protección especial (Pr), debido a que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación de las poblaciones de especies asociadas (Semarnat, 2010; UICN, 2011).

También *P. johannis* lo podemos encontrar en áreas muy limitadas a altitudes de 2700 m.s.n.m. y a una temperatura de 16°C cerca de los pueblos de Concepción del Oro y Mazapil, Zacatecas; Oeste de Coahuila; Miquihuana y Aramberri, Nuevo León; y recientemente se ha reportado una población para la Sierra La Paila en las localidades de Saltillo, Coah.; Hipólito, Coah.; Nuevo Yucatán, Coah.; San Agustín, Coah. y Cedral, Coah. con una superficie de 1,134 km², considerándose como una región prioritaria para la conservación ya que incluye relictos de vegetación clímax de *P. johannis* y *P. remota* (Perry, 1991; Arriaga et al., 2000).

También *P. johannis* lo podemos observar con mayor frecuencia en laderas de las montañas con poca pendiente de suelo calizo y de escasa vegetación; y a menudo se encuentra mezclado con otras especies como *Pinus cembroides* Zucc, *Quercus* O. Schwarz, *Juniperus* Steud, *Agave* Torr, *Opuntia* F.A.C. Weber, *Arctostaphylos* Adans M, *Cercocarpus* Kunth y otros (Farjon y Brian, 1997).

La importancia de las poblaciones de *P. johannis* y otras especies de piñoneros en las zonas donde se distribuyen es la oportunidad que brinda a los miembros de las comunidades aledañas de obtener un ingreso económico al momento de hacer aprovechamiento de las semillas que sirven como alimento (Arredondo y Blanco, 1989).

En estudios ya comprobados se ha encontrado que en el género *Pinus* desde la formación de los primeros órganos florales hasta la caída de la semilla del cono transcurren entre 30 y 36 meses, y aproximadamente 12 meses para que se formen las flores masculinas y femeninas. La producción de conos y semillas inicia a la edad de tres años pero cabe destacar que dicha producción incrementa considerablemente después de ésta (Patiño, 1975; Lambeth y Vallejo, 1988).

La producción de semillas en pinos varía considerablemente de año a año debido a algunas características como la especie, localidad, las influencias ambientales y factores bióticos. Mientras que en el sureste de la Sierra Morones se observó una gran producción de piñón durante 1990 y 1995 por lo que se considera que posiblemente el año semillero es cada cinco años cuando menos, y con buenas cosechas que ocurren cada 3 a 10 años (Barnett y Haugen, 1995; Arteaga, 1999; Barnett *et al.*, 1999).

Considerando los factores que afectan la producción de semillas mencionados con anterioridad, es razón para realizar este estudio donde se desarrolló un análisis de semillas en *Pinus johannis* de tres años de colecta alternos para las poblaciones ubicadas en Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León; El Coahuilón, Arteaga, Coahuila y Salaverna, Concepción del Oro, Zacatecas y donde se incluirán los datos de los estudios de Aguilar (1998), López (2005) y Villa (2010).

Pinus johannis por encontrarse en poblaciones pequeñas y aisladas se encuentra en riesgo de desaparecer al contar con valores reproductivos bajos. El hecho que sean pequeñas aumenta la consanguinidad entre los árboles y/o repercute en problemas genéticos como la escasez o poca viabilidad de polen trayendo como

resultado un alto grado de endogamia. Además que hay poblaciones con mayor distribución que cuentan con una alta eficiencia de producción de semilla en poblaciones naturales (Alba *et al.*, 2003; Flores *et al.*, 2004; Hernández, 2006; López, 2007).

1.1 Objetivos

- Determinar el potencial y eficiencia de semillas para la colecta 2010 de tres poblaciones naturales de *Pinus johannis* M.F. Robert.
- Comparar la colecta 2010 con tres colectas anteriores (1998, 2003 y 2008) de *Pinus johannis* M.F. Robert.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de los piñoneros en México

México es considerado un centro secundario de diversidad del género *Pinus*. El género *Pinus* exhibe la variación altitudinal más grande que cualquier otro género de árboles en México. Encontrando especies casi al nivel del mar como *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. y otras especies a altitudes extremas (4000 msnm) como es el caso de *Pinus hartwegii* Lindl. Existen 46 especies de pinos, que representan más de 42% de las especies conocidas en el mundo de las cuales el 55% de estos taxa son endémicos. Comúnmente en un bosque crecen de tres a cinco especies de pinos y frecuentemente en altitudes medias o altas, en unos pocos kilómetros de distancia crecen de una a tres especies, o más. (Bermejo y Pontones, 1999; Sánchez, 2008).

De las 46 especies de pinos que podemos encontrar en México 16 de ellas son piñoneros y algunas cuentan con una gran distribución como es el caso de *Pinus cembroides* Zucc. y otras que ocupan áreas reducidas y aisladas como son *Pinus pinceana* Gordon y *Pinus nelsonii* Shaw entre otras, a este grupo se le suma *Pinus monophylla* Torr. et Frem., *P. edulis* Engelm., *P. remota* (Little) Bailey et Hawksworth, *P. caterinae* M.F. Robert-Passini, *P. cembroides* subsp. *orizabensis* Bailey, *P. discolor* Bailey et Hawksworth, *P. lagunae* M.F. Robert-Passini, *P. cuadrifolia* Parl., *P. juarezensis* Lanner, *P. culminicola* Andresen et Beaman, *P. maximartinezii* Rzedowski, y *P. rzedowskii* Madrigal et Caballero y *P. johannis* M.F. Robert (Perry, 1991).

El grupo de los piñoneros lo podemos observar en 18 Estados, de la República Mexicana desde Baja California Norte y Sur, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí hasta Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Tlascala, Puebla y Veracruz, esta abundante distribución se debe a que crecen en áreas semiáridas bajo condiciones climáticas y edáficas adversas, donde en la mayoría de los casos no se desarrolla otro tipo de vegetación. Además de destacar por habitar en zonas marginales de baja precipitación,

comúnmente de 300 a 600 mm de lluvia, aunque llega a rebasar los 1000 mm de precipitación media anual, logrando así buena adaptabilidad en hábitat diversos (Rzedowski, 1983; Caballero y Ávila, 1989; Fonseca, 2003).

Los piñoneros logran formar bosques de poca extensión, con árboles que miden de cinco a quince metros de altura o menos, y también se presentan en tipos de vegetación conocidos como pastizales y sabanas de encino o chaparral, matorrales de encino y bosques mixtos de pino y encino. La mayoría de las especies piñoneras se desarrollan sobre laderas de montaña rocosas, inclinadas y áridas, con suelos delgados (Fonseca, 2003).

Por el hecho de que los piñoneros se distribuyen en las regiones semiáridas del país juegan un importante papel como proveedores de bienes y servicios, aun y con una limitada capacidad de productividad, aportan varios tipos de productos que tienen impacto decisivo en la sobrevivencia de las comunidades rurales. Algunos ejemplos de productos son: semilla comestible, madera, resina, triplay, cajas, duelas, puntales de mina, postes, durmientes de ferrocarril y otros bienes como forraje, fauna silvestre, árboles de navidad, etc. (Rzedowski, 1983; Caballero y Ávila, 1989).

2.2 Descripción de la especie

A *Pinus johannis* también se le conoce como pino enano, y se encuentra dentro de la sub-especie *cembroides* Engelm. ya que por sus conos de pequeño tamaño y sus grandes semillas ápteras y comestibles lo colocan dentro de este grupo el cual comprende a *P. edulis* Engelm., *P. monophylla* Torr & Frem., *P. quadrifolia* Parl. ex Sudw., *P. culminicola* Andresen & Beama., pero también se le ha asignado estar supuestamente emparentado estrechamente con *Pinus discolor* Bailey y Hawksworth por el hecho de presentar características similares como son número de acículas por fascículo y longitud de acícula, pero lo que los hace diferentes es la distribución geográfica y algunos compuestos químicos (Robert, 1978; Bailey y Hawksworth, 1983; Zavarin y Snajberk, 1986; Perry, 1991; Zavala y Campos, 1993).

P. johannis es más arbusto que árbol, de 1 a 4 m de alto y ramificado desde la base, habitualmente más ancho que alto, copa densa de color verde claro en forma de sombrilla, sin tronco grande, la corteza es irregularmente cuadrículada. Las ramas son

retorcidas de color gris a gris oscuro, los conos bastante resinosos. Las agujas son en número de 3 (a veces 2, raramente 4), flexibles, de 3 a 5 cm de longitud y 0.9 a 1.2 mm de ancho, su sección transversal es triangular. Son de color verde azulado en la cara dorsal, y opacos y glaucos en las caras ventrales. El ápice es acicular y el borde entero. El parénquima central está reducido, no presenta estomas en la cara dorsal pero posee de 3 a 8 filas en las caras ventrales. Los canales resiníferos son en número de 2, externos y están situados hacia la cara dorsal (Robert, 1978; Perry, 1991).

Los conillos femeninos son erguidos y ovales, solitarios o por pares; longitud de 9–11 mm y de ancho 5-7 mm y de color moreno. Los conos oblongos con un corto pedúnculo (3–4 mm de largo) son dehiscentes y caedizos. Tienen una longitud de 3–4.4 cm y 2.2–3.2 cm de diámetro, son bastante resinosos. Las escamas del medio son fértiles. El apófisis de las escamas es romboides y dura, los pétalos lateralmente son ligeramente marcados. El punto de inserción del ovulo al funículo dorsal formados en la escamas es liso o ligeramente cóncavo. Las semillas son ápteras con un tegumento externo duro y de 0.15–1 mm de espesor miden de 8–13 mm de largo, la almendra comestible es blanca con un rendimiento promedio de 2,200 semillas por kilo, el embrión posee de 6–11 cotiledones y el número promedio de cotiledones calculado de un lote de 98 plántulas es de 8.7 (Robert, 1978).

2.3 Ecología de la especie

Esta especie la observamos en la localidad de Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León donde prospera en sitios con un tipo de clima (BSohw) correspondiente a clima árido, semicálido, templado entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C con lluvias de verano y con un porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (Casa, 1997).

La población ubicada en El Coahuilón, Arteaga, Coahuila cuenta con tipo de clima C(w1) y una descripción climática templado, subhúmedo, con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, y temperaturas del mes más caliente bajo 22°C., con precipitación en el mes más seco menor de 40 mm con precipitación en el mes más seco menor de 40 mm.; lluvias de

verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (Casa, 1997).

Y la población de Concepción del Oro, Zacatecas cuenta con un clima BS1k(x') descrito como semiárido, templado, con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura de mes más frío entre -3°C y 18°C., temperatura del mes más caliente menor de 22°C con Lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual (Casa, 1997).

La población de Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León pertenece a la región hidrológica Bravo-conchos, a la cuenca río Bravo-San Juan y a la subcuenca río Monterrey, río San Juan, río Ramos y río Pílon; Mientras que la población de El Coahuilón pertenece a la región hidrológica Bravo-Corchos, a la cuenca río Bravo-San Juan y Sierra Madre Oriental y a la subcuenca San Rafael, río San Miguel, río Pílon, río Monterrey, río Pesquería y río Ramos; y la población de Salaverna, Concepción del Oro, Zacatecas se encuentra dentro de la región hidrológica El Salado y Nazas-Aguanaval, a la cuenca Sierra Rodríguez, Matehuala y, L. de Mayrán y Viesca y a la subcuenca Concepción del Oro, Huertesillas, San Tiburcio y L. de Viesca (Maderey-R y Torres-Ruata,1990; CONABIO, 1998; CONAGUA- Subdirección General Técnica, 2007).

Pinus johannis en la población de Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León se distribuye en suelos Xerosol háplico (Xh), con textura media y fase física Petrocálcica. En la población de El Coahuilón, Arteaga, Coahuila se distribuye con facilidad en suelo Litosol (I) con textura media. Y para la población de Salaverna, Concepción del Oro, Zacatecas lo encontramos en un suelo Rendzina (E) con textura media y fase física petrocálcica (INIFAP-CONABIO, 1995).

Las poblaciones de Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León la podemos apreciar a una altitud de 2025 a 2085 metros sobre el nivel del mar; El Coahuilón, Arteaga, Coahuila la observamos a una altitud de 2600 a 2680 y Concepción del Oro, Zacatecas presenta una altitud de 2515 a 2755 (López, 2005).

Mientras que en El Coahuilón, Arteaga, Coahuila presenta un tipo de vegetación descrita como bosque de pino-chaparral y como vegetación asociada encontramos pastizal natural (CETENAL, 1975a).

Las poblaciones de Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León predomina la vegetación descrita como chaparral de cedro blanco, con vegetación asociada de bosque subperennifolia (CETENAL, 1975b).

Concepción del Oro, Zacatecas presentan una vegetación descrita como Bosque caducifolio (pino), con una asociación de vegetación de tipo izotal-crasi rosulifolios espinoso (CETENAL, 1975c).

2.4 Formación de conos y semillas

Los pinos producen dos tipos de estróbilos, los amentos masculinos o la producción de polen y los conos femeninos o producción de óvulos. Los primordios de los conos femeninos se inician en el verano. Las flores femeninas de la primavera emergen en una posición erecta con escamas de protección y en las puntas de los brotes nuevos. Las flores femeninas se componen de muchas escamas blanda y carnosa en espiral, unidas en ángulo recto con un eje central. Los pares de óvulos se originan como pequeñas protuberancias en la base de las escalas, no todas las escamas funcionales producen óvulos; sólo los de la región central del cono tiene el potencial de producir óvulos y nunca tienen semillas (escamas infértiles) (Bramlett *et al.*, 1977).

En el momento de la polinización, una sola capa de células (tegumento) cubre el óvulo. La polinización se produce cuando los granos de polen son transportados por el viento de los amentos masculinos de las flores femeninas. Los granos de polen entran en el óvulo a través de una abertura (el micrópilo) en la cubierta seminal. Una vez en contacto con el óvulo, los granos de polen germinan y los tubos polínicos crecen desde la cámara de polen en el tejido (Bramlett *et al.*, 1977).

Los óvulos abortados se producen en las escamas fértiles durante la etapa de la ampliación y crecimiento del cono. El ala de la semilla se desarrolla normalmente en escamas fértiles e infértiles y los óvulos han sido llamados "alas sin semillas no funcionales". Los óvulos no funcionales no tienen la capacidad de convertirse en semillas y aparece un lugar oscuro en la base del ala. Óvulos abortados de primer año son notablemente más grandes que los óvulos rudimentarios. Algunas escamas infértiles de la base del cono producen alas sin evidencia de óvulos y las escamas más

pequeñas infértiles en la base del cono no producen alas (Lyons, 1956; Bramlett *et al.*, 1977).

La cantidad de óvulos que abortan durante la segunda temporada de crecimiento son mayores que los que abortan durante el primer año. Se ve una cubierta seminal parcialmente desarrollada. Estos óvulos son generalmente mucho más pequeños debido a que son abortados en el segundo año de desarrollo. Otros óvulos son abortados a finales de primavera o principios de verano puede ser tan grande en la escama como semillas llenas. Estos óvulos por lo general se adjuntan a la escama del cono con resina (Bramlett *et al.*, 1977).

2.5 Análisis de conos y semillas

Las técnicas para determinar la eficiencia de las semillas se utilizó por primera vez para el pino rojo *Pinus resinosa* Ait., Lyons (1956), quien ha desarrollado un procedimiento conocido como el análisis de conos para la evaluación de la eficiencia de la producción de huertos semilleros de pinos. Dicho análisis proporciona la información necesaria para evaluar la producción de semillas y manejo de huertos semilleros, rendimiento de semillas por cono individual y se compara con el rendimiento de semillas potencial. La productividad se expresa en termino de eficiencia de las semillas y de ésta manera se puede determinar en qué fases del desarrollo de la semilla se producen ciertas pérdidas, además de detectar los tipos de fallas de semillas pudiendo identificarse y cuantificarse (Bramlett *et al.*, 1977).

El método más utilizado para detectar las fallas mencionadas con anterioridad es el descrito por Bramlett *et al.*, (1977), con dicho método se puede evaluar la producción, potencial y eficiencia de semillas, y lo han aplicado para estudios de coníferas (Alba *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001; Alba *et al.*, 2005; Flores-López *et al.*, 2005; López, 2007; Villa, 2010).

2.6 Pérdida de semilla en conos

Los piñoneros cuentan con plagas que afectan la producción de conos y semillas, los principales son descortezadores, defoliadores, carpófagos, e insectos que

atacan yemas y brotes, que afectan en diferente grado la salud de los piñoneros. Otros agentes bióticos y abióticos dañinos que frecuentemente requieren control son mamíferos pequeños, pájaros, heladas, nevadas e incendios, ya que frenan su desarrollo potencial y en algunos casos amenazan la supervivencia, tal es el caso de *Pinus johannis*, *Pinus culminicola* y *Pinus remota* (Jaquish, 1995).

Entre los insectos que se encontraron dañando a los conos y semillas estuvieron varias especies nuevas de Lepidoptera, particularmente de los géneros *Apolychrosis*, *Cydia* y *Dioryctria* de las familias Tortricidae y Pyralidae.

Cuadro 1. Principales plagas de las especies piñoneras de México (Cibrián *et al.*, 1986).

| Insecto | Hospedero | Observaciones |
|--|---|--|
| <i>Conophthorus cembroides</i> Wood | <i>Pinus cembroides</i> (incluyendo la var. <i>remota</i>) <i>P. discolor</i> y <i>P. pinceana</i> . | Los adultos atacan conillos y conos, perforándolos por el pedúnculo o la base del cono. |
| <i>Contarinia</i> sp. | <i>Pinus cembroides</i> | Se presentan en conillos infestados. |
| <i>Leptoglossus occidentalis</i> Heidemann | <i>Pinus cembroides</i> | Las ninfas provocan el aborto de conillos y los adultos se alimentan de conos de segundo año, las semillas quedan vacías o con el embrión parcialmente dañado. |
| <i>Dioryctria erythropasa</i> Dyar | <i>Pinus maximartinezii</i> | Las larvas se alimentan en conillos y conos; en la superficie del cono. |
| <i>Dioryctria pinicolella</i> Amsel | <i>Pinus cembroides</i> | La alimentación de las larvas causa la muerte de los conos. |
| <i>Eucosma bobana</i> Kearfott | <i>Pinus cembroides</i> y <i>P. pinceana</i> | Las larvas barrenan el interior de los conos de segundo año. |
| <i>Argyrotaenia</i> n. sp. | <i>Pinus maximartinezii</i> | Las larvas barrenan entre las escamas y semillas de los conos de tres años. |

Las plagas conocidas de conos y semillas de las coníferas de México pertenecen a 7 órdenes de insectos, que son Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Thysanoptera. Las especies más dañinas pertenecen a los órdenes Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera. Probablemente los coleópteros del género *Conophthorus* son las plagas más

distribuidas y destructivas de las cosechas de semillas de los pinos mexicanos. Otras plagas importantes incluyen a la chinche semillera *Leptoglossus occidentalis* Heidemann del orden Hemiptera; al picudo de los conos *Conotrachelus neomexicanus* Fall del orden Coleoptera y a los barrenadores *Dioryctria*, *Eucosma* y *Cydia* del orden Lepidoptera (Cibrián-Tovar *et al.*, 1986). Las principales plagas que afectan la producción de conos y semillas en especies piñoneras se muestra en el Cuadro 1.

La productividad y la calidad de las áreas semilleras dependen de la presencia de plagas y enfermedades, la adecuada polinización, y la incidencia del aborto de embriones. El mayor daño a la semilla por insectos se debe al ataque por *Cydia latisigna* Miller y en menor escala debido a *Megastigmus albifrons* Walker. Mientras que el avanamiento de las semillas tuvo mayor incidencia debido a las chinches semilleras, siendo *Leptoglossus occidentalis* Heidemann. un factor importante de avanamiento (Bustamante-García *et al.*, 2009).

2.7 Producción de semillas en piñoneros

La producción de semilla se puede ver afectada significativamente conforme a la elevación. En la población de Salaverna donde se distribuye *P. johannis* se ha encontrado mayor proporción de semillas llenas y como consecuencia un coeficiente de endogamia menor respecto a la población de El Coahuilón esta última población es la más pequeña en superficie, presenta valores altos en el coeficiente de endogamia así como una baja eficiencia en la producción de semillas en comparación a la primera población. Las semillas comestibles de las especies piñoneras, sobre todo de *P. cembroides* Zucc. son objeto de recolección y comercio siendo el estado de Nuevo León el principal proveedor de piñones de la Republica Mexicana (Lambeth y Vallejo, 1988; Rzedowski, 1983; López, 2007; Villa, 2010).

Hay tres razones principales para realizar estudios de la floración y la producción de semillas de bosques de coníferas; una, porque la información es necesaria para la regeneración natural de los bosques existentes; dos, para la formación de plantaciones de especies nativas y exóticas; y tres, para la crianza de nuevas variedades de árboles (Matthews, 1984).

Por lo que Alba *et al.* (2005) considera que es necesario estudiar el potencial y eficiencia de semillas a partir de correlaciones y monitoreo permanente de esta población y de otras especies, ya que el potencial y eficiencia de semillas puede variar por factores ambientales principalmente climáticos en el tiempo y espacio.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de las localidades de estudio

Las tres poblaciones que se estudiaron fueron cerro El Coahuilón, que pertenece al Ejido Mesa de las Tablas, en el Sureste de la Sierra de Arteaga, Coahuila; la segunda fue en el paraje el Dique, Concepción del Oro a Mazapil, en el estado de Zacatecas y la tercera fue en el paraje el “venadito” en Laguna de Sánchez Municipio de Santiago, Nuevo León (Cuadro 2) y (Figura 1).

Cuadro 2. Características geográficas y fisiográficas del suelo de las tres localidades de *Pinus johannis* M.F. Robert.

| Características | Población | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| | Cerro El Coahuilón, Arteaga, Coahuila | Salaverna, Concepción del Oro, Zacatecas | Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León |
| | 25° 14' 38"N | 25° 36' 44" N | 25° 21' 14"N |
| Coordenadas | 100° 23' 20" W | 100° 27' 44" W | 100° 20' 55" W |
| Altitud (msnm) | 2600 – 2680 | 2515 – 2755 | 2025 – 2085 |
| Temperatura (°C) | 16 | 17 | 15 |
| Precipitación media (mm) | 500 | 440 | 660 |
| Tipo de suelo | Litosol | Litosol | Litosol y cálcico |
| Tipo de roca | Caliza | Caliza | Lutita |
| Pendiente (%) | 10 – 70 % | 11 – 62 % | 37 – 87 % |
| Profundidad (cm) | 40 | 15 | 20 |
| Textura | Media | Media | Media |

(Fuentes: CETENAL, 1975a; Robert, 1978; García, 1988; Perry, 1991).

Las condiciones ecológicas donde se distribuye *P. johannis* son principalmente en clima de tipo (BSohw) correspondiente a árido, semicálido, templado; C(w1) descrito como templado, subhúmedo y BS1k(x') descrito como semiárido, templado y el tipo de

suelo es (Xh) descrito como Xerosol háplico; (I) descrito como Litosol y (E) descrito como Rendzina, y la vegetación con la que se encuentra asociada es Matorral y otros (INIFAP-CONABIO, 1995; Casa, 1997; CONABIO, 2011).

3.2 Muestreo y colecta de conos

La colecta de las muestras para la población de El Coahuilón fueron tomadas el 25 de Septiembre, las muestras de Concepción del Oro, Zacatecas, se colectaron el 18 de Septiembre y las muestras de Laguna de Sánchez se tomaron el 16 de Octubre, todas en el año 2010. Para la recolección de las muestras se consideró solo los árboles que presentaron conos desarrollados. Esta característica se consideró para las tres poblaciones mencionadas con anterioridad.

La cantidad de árboles muestreados varió de una población a otra y solo se colectaron árboles con una producción mayor a 10 conos, para la población de El Coahuilón se colectaron 38 árboles, en Concepción del Oro se colectaron 56 árboles y en Laguna de Sánchez se colectaron 35 árboles, todos estos distribuidos a lo largo de las mismas, en las diferentes exposiciones y condiciones del terreno, de manera que la muestra fuera representativa, además, se colectó a una distancia no menor a 50 m entre árboles. En el presente trabajo se anexaron los datos de las tesis de Aguilar (1998), López (2005) y Villa (2010). En el Cuadro 3 se muestran las cantidades de árboles considerados para los diferentes estudios.

Cuadro 3. Número de árboles evaluados en cada estudio.

| Poblaciones | Años | | | |
|--------------------|------|------|------|----------------|
| | 1998 | 2005 | 2010 | Trabajo actual |
| Concepción del Oro | 20 | 54 | 45 | 56 |
| El Coahuilón | 20 | 30 | 36 | 38 |
| Laguna de Sánchez | | | 30 | 35 |

La colecta de los conos se hizo en forma manual, los conos fueron tomados de las cuatro exposiciones (Norte, Sur, Este y Oeste) y de las tres partes (superior, media e inferior) de la copa del árbol; los conos extraídos se colocaron en bolsas (papel estraza), cada una de estas bolsas fueron identificadas con un plumón de tinta permanente con el nombre de la localidad, el número de árbol y la fecha de colecta. Y posteriormente fueron transportados al Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

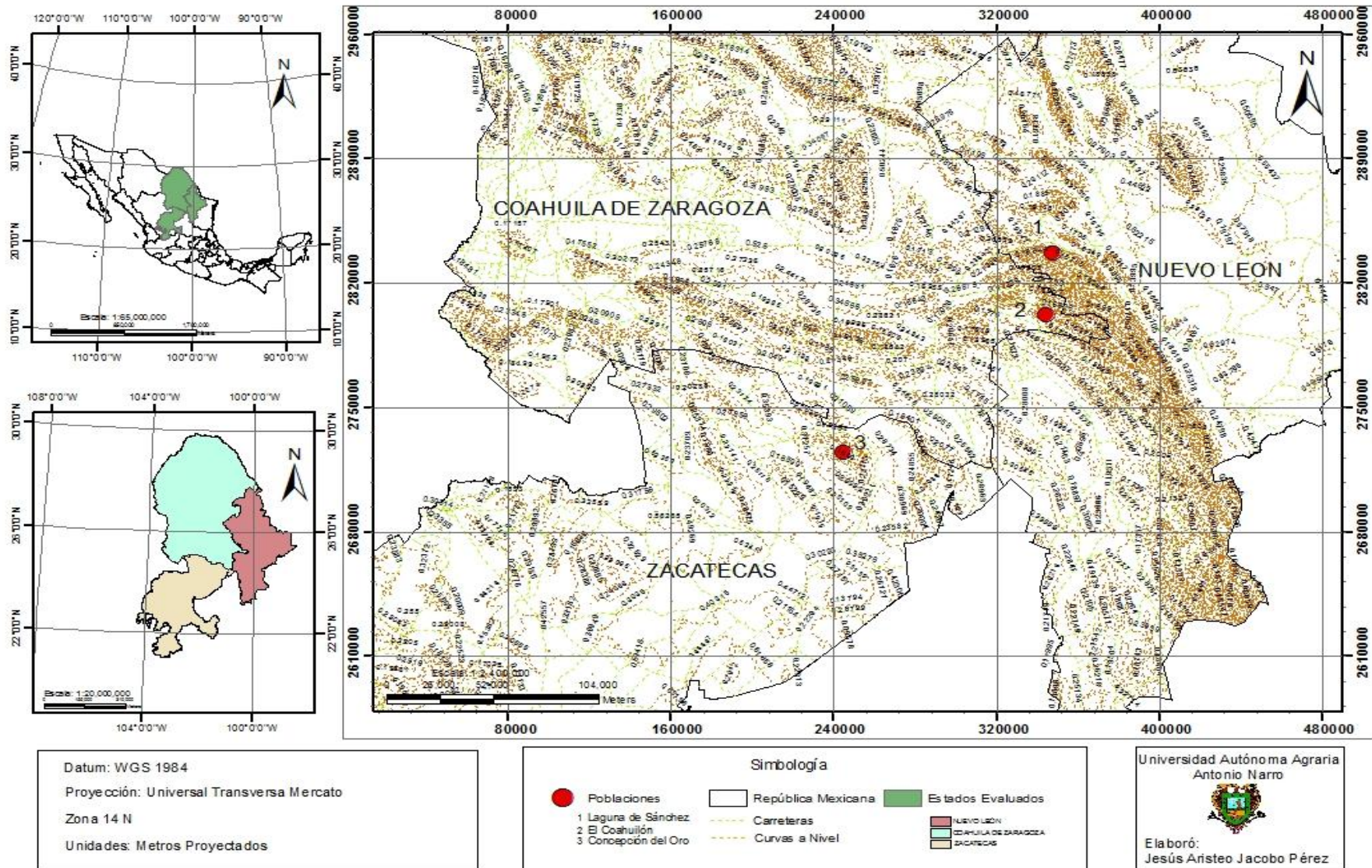


Figura 1. Ubicación y distribución de las poblaciones de *Pinus johannis* M.F. Robert en los estados de Nuevo León, Coahuila y Zacatecas.

3.3 Análisis de conos y semillas

En el laboratorio del departamento forestal (UAAAN), se desarrollo el análisis de conos y semillas. Primero se identificaron los diez conos más grandes del total por cada árbol y se colocaron en bolsa semilleras de papel estraza, cada bolsa se identificó, con el número de árbol, número de cono y la localidad. En esta actividad se perforaron las bolsas semilleras para evitar la presencia de hongos y ayudar a que el cono secase más rápido.

Posteriormente, cada uno de los conos cerrados se midió utilizando un vernier con aproximación a 0.1 mm con el cual se tomaron las medidas de los conos (largo y ancho) y una vez obtenida la medida de cada cono éstos se regresaron a las bolsas correspondientes.

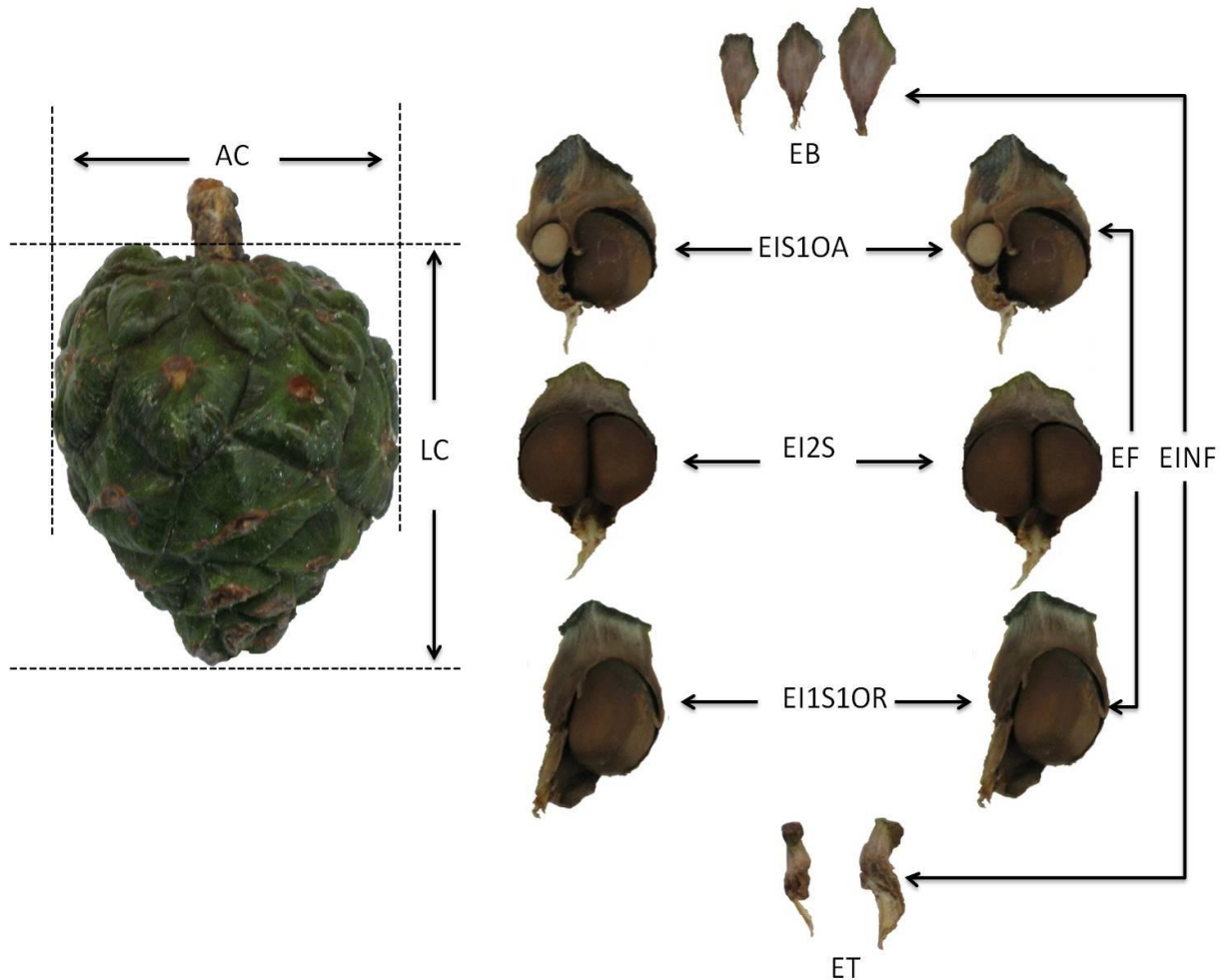
Cuando las escamas de los conos iniciaron abrirse se procedió a separar las escamas. A cada cono se le extrajo las escamas manualmente, excepto para algunos en que se utilizó una navaja. Las escamas se extrajeron de manera sistemática, comenzando por las escamas basales, luego las intermedias y por último las terminales. Al terminar la extracción se realizó la evaluación de las siguientes características: óvulos abortados (primero y segundo año), número de semillas (llenas y vanas) y escamas (fértils e infértiles) (Figura 2) (Bramlett *et al.*, 1977).

Se determinó el peso seco de cada cono colocando las bolsas con las escamas en la estufa de secado por un período de cinco días, a una temperatura constante de $102^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ luego se tomaron cinco conos de manera aleatoria con la finalidad de estar evaluando el peso hasta que se mantuviera constante.

La eficiencia de semillas se obtuvo al separar las semillas desarrolladas de las semillas vanas; esta actividad se realizó sumergiendo las semillas en alcohol etílico al 70° g.l. por un tiempo aproximado de medio minuto. Las semillas llenas se separaron del alcohol con un cedazo y fueron colocadas sobre un papel absorbente durante cinco minutos, ésto con el propósito de que se evaporara el alcohol; una vez que estuvieron secas las semillas fueron colocadas en bolsas de plástico con identificación y se guardaron en un refrigerador, a temperaturas de 0 a 4°C, el peso del total de semillas llenas por árbol se obtuvo utilizando una balanza analítica con un nivel de exactitud de 0.0001 g.

3.4 Análisis estadístico de producción de semillas

Los datos que se obtuvieron del análisis de conos y semillas de las tres poblaciones fueron capturados en Excel y después se pasó la información al programa estadístico SAS. Aparte de los datos que se tomaron en el año 2010 se anexaron otros datos de las mismas poblaciones pero de otros estudios realizados en 1998, 2008 y 2010.



Nota: LC = Largo del cono; AC = Ancho del cono; EF = Escamas fértiles; EINF = Escamas infértiles; EB = Escama basal sin óvulos abortados (óvulos rudimentarios); ET = Escama terminal sin óvulos abortados (óvulos rudimentarios); EI1S1OR = Escama intermedia con 1 semilla y sin óvulo abortado (un óvulo rudimentario); EI1S1OA = Escama intermedia con una semilla y un óvulo abortado; EI2S = Escama intermedia con 2 semillas desarrolladas.

Figura 2. Características morfológicas de conos y semillas de *Pinus johannis* M.F. Robert.

Para el cálculo de las variables utilizadas para este trabajo se utilizaron las siguientes ecuaciones (Bramlett *et al.*, 1977).

$$\text{Óvulos abortados (OA)} = \text{EI1SOA} + \text{EI1OASO} + (\text{EI2OA})^2$$

Donde:

EI1S1OA = Escama intermedia con una semilla 1 óvulo abortado.

EI1OASO = Escama intermedia con un óvulo abortado y sin óvulo (un óvulo rudimentario).

EI2OA = Escama intermedia con 2 óvulos abortados.

$$\text{Óvulos rudimentarios (OR)} = (\text{EISO})^2 + \text{EI1SSOA} + \text{EI1OASO}$$

Donde:

EISO = Escama intermedia sin óvulos (óvulos rudimentarios).

EI1SSOA = Escama intermedia con 1 semilla y sin óvulo abortado (un óvulo rudimentario).

$$\text{Potencial de semillas (PS)} = \text{OA} + \text{OR} + \text{SV} + \text{SLL}$$

Donde:

SV = Semillas vanas.

SLL = Semillas llenas.

$$\text{Eficiencia de semillas (ES)} = (\text{SLL/PS})100$$

Se utilizó el programa Sigmaplot 2001 V10.0 para la elaboración de la gráfica producción y pérdida de semillas.

Se realizó el análisis de varianza en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Se usó un modelo de clasificación anidada, para detectar diferencias entre poblaciones para la colecta 2010 (Mosseler, 1992).

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + a_{j(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = es el valor de la variable.

μ = es la media poblacional.

p_i = es el efecto de la i-ésima población.

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

ε_{ijk} = es el error experimental.

Para el análisis de varianza para los cuatro años de colecta (1998, 2003, 2008 y 2010) se usó un modelo de clasificación anidada (Flores-López *et al.*, 2005):

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

Donde:

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

μ = es la media poblacional.

f_i = es el efecto del i-ésimo año de colecta.

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

$f_i * p_j$ = es la interacción entre el i-ésimo año y la j-ésima población.

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

$a_{k(j)} * f_i$ = es la interacción entre el i-ésimo año y el k-ésimo árbol dentro de la población.

ε_{ijkl} = es el error experimental.

Se usó el paquete SAS con el procedimiento Mixed y el método de máxima verosimilitud restringida para la significancia estadística de los factores; la opción Lsmeans se usó para obtener las medias ajustadas debido al desbalance en el número de árboles muestreados (SAS, 1998).

En el subtítulo comparación de la producción en dos poblaciones para dos años de colecta, se utilizaron los datos de Aguilar (1998), López (2005) y Villa (2010),

comparación de medias para características reproductivas de conos y semillas de dos poblaciones de *Pinus johannis* evaluados en tres años de colecta.

3.5 Producción de semillas en tres poblaciones para la colecta 2010.

Dentro del paquete estadístico SAS se adecuaron las variables de la colecta. En este caso las variables en estudio fueron semillas llenas, semillas vanas, óvulos abortados, óvulos rudimentarios, potencial de semillas y eficiencia de semillas. Se utilizó el procedimiento Univariate de SAS para conocer la respuesta de las variables con respecto a una distribución normal. Las variables que no requirieron transformación fueron óvulos rudimentario y potencial de semillas; las variables semillas llenas y eficiencia de semillas se transformaron multiplicándolas por 0.5, semillas vanas por 0.4 y óvulos abortados por 0.7. La transformación se realizó en SAS de acuerdo con el procedimiento de Box y Cox (1964).

3.6 Producción de semillas en tres poblaciones para cuatro fechas de colecta.

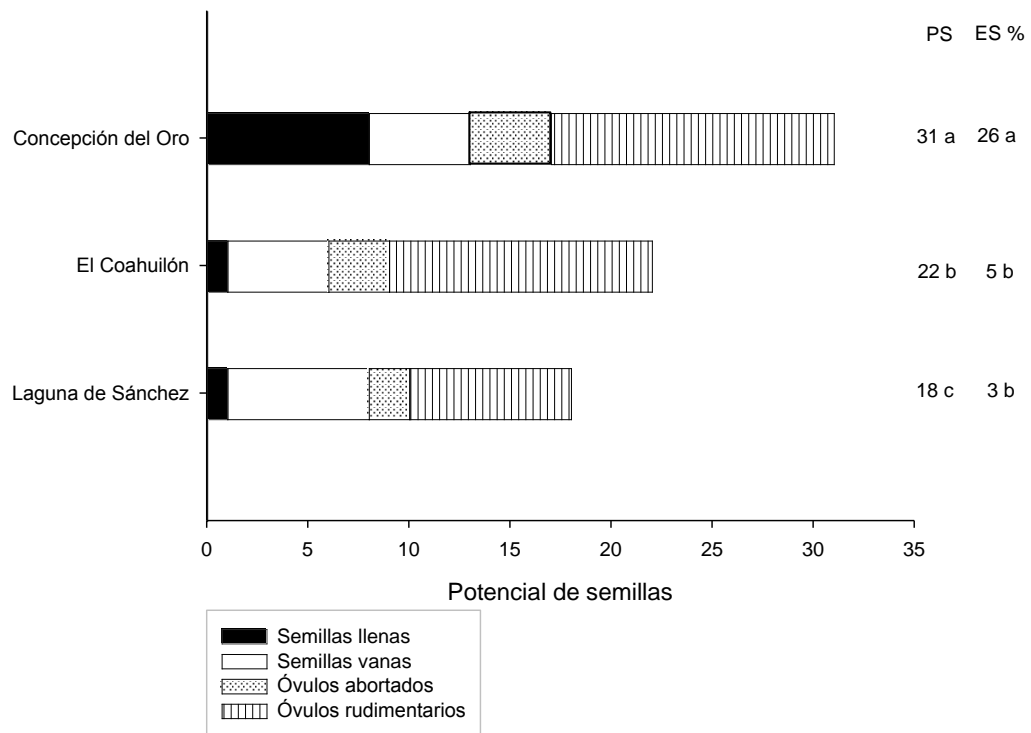
Dentro del paquete estadístico SAS se adecuaron las variables de las colectas 1998, 2003 y 2008 a las de este trabajo para comparar las cuatro fechas de colecta. En este caso las variables de estudio fueron longitud de cono, escamas fértiles, proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas y el coeficiente de endogamia. Se utilizó el procedimiento Univariate de SAS para conocer la respuesta de las variables con respecto a una distribución normal. Las variables que no requirieron transformación fueron largo del cono y escamas fértiles; las variables proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas se transformaron con el arcoseno $\sqrt{\text{proporción de semillas vanas}}$ y la variable coeficiente de endogamia se transformó con $\sqrt{\text{coeficiente de endogamia}}$. La transformación se realizó en SAS de acuerdo con el procedimiento de Box y Cox (1964).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de semilla de tres localidades para la colecta 2010

4.1.1 Potencial de semilla

El análisis de semillas de la colecta 2010 en tres poblaciones naturales de *Pinus johannis*, arrojó que Concepción del Oro presenta el potencial de semillas más alto (31) y es diferente a las otras dos poblaciones, el menor potencial de semillas lo presenta Laguna de Sánchez (18) (Figura 3).



PS = Potencial de semillas; ES = Eficiencia de semillas

Nota: Los valores de PS y ES con letra diferente son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) determinado por la prueba de diferencia mínima significativa.

Figura 3. Producción y pérdida de semilla de tres poblaciones naturales de *Pinus johannis* M.F. Robert para la colecta 2010.

El potencial de semillas resultó ser significativamente diferente en las tres poblaciones en la colecta 2010 (Figura 3). Pero comparado con López, (2007) quien encontró un potencial de semillas de 266 (254-294) en *Picea martinezii* T. F. Patterson., también Mendizábal-Hernández *et al.*, (2010) encontró un potencial de semillas de 285 (168-418) en un estudio que realizó en *Pinus pseudostrobus* Lindl., en *Pinus oaxacana* Mirov. Alba *et al.*, (2001) obtuvo un potencial de semillas de 199 (154-158), comparando los resultados de estos autores se asume que el potencial de semillas de *Pinus johannis* de 24(18-31) es inferior al de estas especies, pero además hay otras especies con un potencial más bajo como por ejemplo *Pinus catarinae* M. F. Robert en la que se obtuvo un potencial de semillas de 11% Lemus, (1999) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Potencial de semillas de coníferas en diferentes localidades.

| Especie | Potencial de semilla | |
|--|----------------------|--|
| | (rango) | Cita |
| <i>Pinus hartwegii</i> Lindl | 147 | Velázquez y Musálem (1984) |
| <i>Pinus patula</i> Schl et Cham | 29 | Lambeth y Vallejo (1988) |
| <i>Pinus catarinae</i> M. F. Robert | 11 | Lemus (1999) |
| <i>Pinus arizonica</i> Engelm | 90 (48 a 126) | Narváez (2000) |
| <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw | 156 (154 a 158) | Huerta (2000) |
| <i>Pinus oaxacana</i> Mirov | 199 (172 a 226) | Alba <i>et al.</i> (2001) |
| <i>Pinus hartwegii</i> Lindl | 194 (187 a 200) | Alba <i>et al.</i> (2003) |
| <i>Pinus oaxacana</i> Mirov | 186 | Vázquez <i>et al.</i> (2004) |
| <i>Pinus greggi</i> Engelm | 162 (152 a 171) | Alba <i>et al.</i> (2005) |
| <i>Pinus pinceana</i> Gordon | 50 (44 a 66) | Hernández (2006) |
| <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson | 266 (254 a 294) | López (2007) |
| <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl | 285 (168 a 418) | Mendizábal-Hernández <i>et al.</i> , (2010) |
| <i>Pinus johannis</i> M. F. Robert | 39 (34 a 48) | Villa (2010) |
| <i>Pinus johannis</i> M. F. Robert | 24 (18 a 31) | Trabajo actual |

Cabe mencionar que la metodología de Bramlett *et al.*, (1977) que se utilizó en éste estudio puede sobrestimar la cantidad de semillas producidas por cono o también

conocido como potencial de semillas como fue el caso del estudio realizado en *Pinus catarinae* M.F. Robert ubicada en Santa Catarina, Nuevo León, México. La cual presenta conos semi-esféricos con escamas fértiles que no cuentan con la capacidad de producir dos óvulos funcionales solamente uno, donde fue necesario utilizar una ecuación alterna con la que se obtuvo un potencial de 11 semillas por cono (Lemus, 1999).

4.1.2 Eficiencia de semilla

En el presente estudio se encontró una eficiencia de semilla promedio de 11% para las tres poblaciones naturales de *Pinus johannis*, el porcentaje más bajo lo presentó Laguna de Sánchez con 3% y El Coahuilón con 5% ambos estadísticamente iguales, y la población que sobresalió fue Concepción del Oro con 26% de eficiencia de semillas (Figura 3).

Comparando la eficiencia de semillas de éste estudio con Alba *et al.*, 2005 quien encontró una eficiencia de semillas de 79% (71%-87%) en un estudio que realizó en *Pinus greggi* Engelm, también Alba *et al.*, 2003 obtuvo una eficiencia de semillas de 71.5%(68%-75%) en *Pinus hartwegii* Lindl, mientras que en *Pinus pinceana* Gordon. Hernández, 2006 encontró una eficiencia de semilla de 35%(0%-54%), comparando los resultados obtenidos de estos autores con el estudio actual se observa que la eficiencia de semillas de *Pinus johannis* con un valor de 11% es baja, pero encontramos otras especies con una eficiencia de semillas más baja como por ejemplo *Picea martinezii* T.F. Patterson en donde López, 2007 encontró una eficiencia de semillas de 7%(2%-13%) (Cuadro 4).

La baja eficiencia de semillas está relacionada en que gran parte de la semilla no culminó su proceso de crecimiento y desarrollo, debido a la incidencia de factores como el tamaño del cono y su posición en el árbol, la incidencia de insectos y hongos, estos pueden afectar hasta un 48% de la producción, y el factor más importante que causa aborto de los óvulos se atribuye principalmente a la falta de polinización o a la baja disponibilidad del polen cuando las flores femeninas están desarrollándose, así como a la baja viabilidad de éste (Lyons, 1956; Varnell, 1976; Bramlett *et al.*, 1977;

Cibrián *et al.*, 1995; López-Upton y Donahue, 1995; Morante *et al.*, 2005; Mendizábal-Hernández, 2007).

Cuadro 4. Comparación de la eficiencia de semillas en diferentes localidades y especies.

| Especie | Eficiencia de semilla % | Autores |
|--|-------------------------|-----------------------------------|
| <i>Pinus catarinae</i> M.F. Robert | 21% | Lemus (1999) |
| <i>Pinus arizonica</i> Engelm | 37% | Narváez (2000) |
| <i>Pinus hartwegii</i> Lindl | 71.5% (68 a 75%) | Alba-Landa <i>et al.</i> , (2003) |
| <i>Pseudotsuga carr.</i> | 26% | Mápula (2004) |
| <i>Pinus greggi</i> Engelm | 79% (71% a 87%) | Alba-Landa <i>et al.</i> , (2005) |
| <i>Picea mexicana</i> Martínez | 13.5% (9 a 18%) | Flores (2004) |
| <i>Pinus pinceana</i> Gordon | 35% (0% a 54%) | Hernández (2006) |
| <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson | 7% (2 a 13%) | López (2007) |
| <i>Pinus teocote</i> Schl. Et Cham. | 40.25% (36.01 a 44.49%) | Mendizábal-Hernández (2010) |
| <i>Pinus johannis</i> M. F. Robert | 19% (16 a 22%) | Villa (2010) |
| <i>Pinus johannis</i> M. F. Robert | 11.3% (3 a 26%) | Trabajo actual |

4.2 Comparación de la producción de semillas para las colectas 1998, 2003, 2008 y 2010 en dos poblaciones.

El Coahuilón obtuvo la mayor producción de semillas llenas en el 2008 con 10.53 semillas por cono comparada con las colectas de 1998, 2003 y 2010 estas dos últimas presentaron menos semillas llenas (0.89 y 1.02). Mientras que la población de Concepción del Oro resultó tener más semillas llenas en las colectas de 1998, 2008 y 2010 (9.37, 8.01 y 7.87) ambas estadísticamente iguales, comparada con la de 2003 la cual resultó tener menor producción de semillas (2.37). Pero la media entre poblaciones resultó que Concepción del Oro presentó mayor número de semillas llenas (6.91) (Cuadro 5). En *Pinus catarinae*, Lemus (1999) encontró 11 semillas llenas.

También el número de semillas vanas producidas en El Coahuilón fue mayor en la colecta 2003 y 2010 (6.44 y 5.49), mientras que en 2008 se produjeron menos

semillas vanas (2.64). Pero para Concepción del Oro el mayor número de semillas vanas se produjo en 2008 y 2010 (4.60 y 4.66), y en 1998 y 2003 se produjeron menos semillas vanas (2.55 y 2.60). La media entre población demostró que El Coahuilón presenta mayor semillas vanas (4.58) (Cuadro 5). Para *Picea mexicana* se realizó dos evaluaciones (1999 y 2001) y se encontró 2.9 semillas vanas en el año 1999 (Flores *et al.*, 2005).

El Coahuilón presentó mayor número de óvulos abortados del primer año en la colecta 1998 y 2003 (8.48 y 17.16), mientras que en 2008 y 2010 se presentó menor producción de estos (1.32 y 1.51), en Concepción del Oro la colecta de 1998 presentó mas óvulos abortados (11.26) de primer año comparado con 2008 (1.62). La comparación entre poblaciones arroja que El Coahuilón produce más óvulos del primer año (7.12) (Cuadro 5). Para *Pinus leiophylla* se ha encontrado una producción de óvulos abortados de 72.9% (Morales-Velásquez *et al.*, 2010).

Respecto a los óvulos abortados del segundo año, fue en la colecta 2010 de El Coahuilón la que presentó mayor cantidad comparado con las colectas de 1998, 2003 y 2008 las cuales son significativamente iguales. Respecto a Concepción del Oro la producción de óvulos abortados del segundo año fue homogénea para las cuatro colectas. Sin embargo entre poblaciones resulta ser iguales (Cuadro 5). Mientras que en *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* se ha obtenido 22 semillas abortadas por cono (Huerta, 2000).

El mejor potencial de semilla para El Coahuilón se presentó en la colecta 2003 (25.44) y la menor en 1998 (17.64). Para Concepción del Oro el mejor potencial se obtuvo en 2010 (31.19) y en 2008 se obtuvo el más bajo potencial de semilla (20.99). Entre poblaciones se observa que Concepción del Oro presenta el mayor potencial de semilla (25.40) (Cuadro 5). La mayor eficiencia de semillas para el Coahuilón se presentó en la colecta 2008 (47.50), mientras que en 2003 se obtuvo la menor eficiencia (3.96), en Concepción del Oro la mayor eficiencia se reflejó en 1998 y 2008 (36.83 y 39.51) ambas estadísticamente iguales, y la menor eficiencia se presentó en 2003 (9.28). Las medias entre poblaciones demuestran que la población que presenta mayor eficiencia de semilla es Concepción del Oro (28.01) (Cuadro 5).

Mientras que en otras especies como por ejemplo *Cedrela odorata* L. también se han elaborado análisis de semillas obteniendo un valor de potencial de 43 semillas por cono y una eficiencia de producción de 53% (Rodríguez *et al.*, 2001).

Cuadro 5. Comparación de medias para características reproductivas de dos poblaciones naturales de *Pinus johannis* en cuatro años de colecta.

| Características | Poblaciones | Años de colecta | | | | Media |
|----------------------------------|--------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1998 | 2003 | 2008 | 2010 | |
| Número de semillas llenas | El Coahuilón | 4.61 b | 0.89 c | 10.53 a | 1.02 c | 4.26 B |
| | Concepción del Oro | 9.37 a | 2.37 b | 8.01 a | 7.87 a | 6.91 A |
| Número de semillas vanas | El Coahuilón | 3.76 b | 6.44 a | 2.64 c | 5.49 a | 4.58 A |
| | Concepción del Oro | 2.55 b | 2.60 b | 4.60 a | 4.66 a | 3.60 B |
| Óvulos abortados del primer año | El Coahuilón | 8.48 a | 17.16 a | 1.32 b | 1.51 b | 7.12 A |
| | Concepción del Oro | 11.26 a | 4.83 b | 1.62 d | 3.29 c | 5.25 B |
| Óvulos abortados del segundo año | El Coahuilón | 0.36 b | 0.39 b | 0.51 b | 0.76 a | 0.51 A |
| | Concepción del Oro | 0.86 a | 0.26 a | 0.52 a | 0.96 a | 0.65 A |
| Potencial de semilla | El Coahuilón | 17.64 c | 25.44 a | 22.26 b | 22.33 b | 21.92 B |
| | Concepción del Oro | 24.69 b | 24.73 b | 20.99 c | 31.19 a | 25.40 A |
| Eficiencia de semilla | El Coahuilón | 25.91 b | 3.96 d | 47.50 a | 5.04 c | 20.60 B |
| | Concepción del Oro | 36.83 a | 9.28 c | 39.51 a | 26.43 b | 28.01 A |

Nota: las medias con diferente letra son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) determinado por la prueba de diferencia mínima significativa. Las letras minúsculas es para la comparación entre año de colecta para cada localidad y letras mayúsculas para la comparación entre poblaciones.

Los resultados indican que en las dos poblaciones evaluadas hay diferencia significativa tanto para variables como son número de semillas llenas, número de semillas vanas, óvulos abortados del primer año, potencial de semillas y eficiencia de semillas, excepto en óvulos abortados del segundo año, mientras tanto Mendizábal *et al.*, (2010) en su estudio evaluó potencial y eficiencia de semillas para dos fechas (2006 y 2007) y encontró diferencias significativas entre cosechas, siendo la colecta 2006 la que presentó mayor potencial y eficiencia de semillas.

4.3 Indicadores reproductivos

4.3.1 Indicadores reproductivos para tres poblaciones y dos colectas

La longitud del cono resultó ser mayor en la colecta 2008 para las poblaciones de El Coahuilón y Laguna de Sánchez (31.74 y 34.60), mientras que para Concepción del Oro resultó mayor en 2010 (37.72). Para esta variable Concepción del Oro sobresalió entre poblaciones (35.02) (Cuadro 6). Mientras tanto Flores *et al.*, (2005) en un estudio que realizó en *Picea mexicana* Martínez evaluó dos años de colecta (1999 y 2001) encontrando valores más altos de longitud de cono en el año 2001 (42.03), Villa (2010) en su estudio en *Pinus johannis* encontró para esta misma variable mayores resultados en la colecta 1998 (32.87) y menores resultados en 2003 y 2008 (32.33 y 23.48).

En las variables escamas fértiles y proporción de semillas llenas para las tres poblaciones la colecta que mostró los mayores resultados fue la colecta 2008, pero entre poblaciones para la variable escamas fértiles resultó mayor en El Coahuilón (17.43), y en proporción de semillas llenas los valores más altos lo tienen El Coahuilón y Concepción del Oro (0.14 y 0.24) (Cuadro 6). Villa (2010) evaluó tres colectas (1998, 2003 y 2008) de *Pinus johannis* en donde obtuvo mayores resultados en la colecta 2003 para la variable escamas fértiles (13.03), mientras que para la variable proporción de semillas llenas obtuvo mayores resultados en las colectas de 1999 y 2008 (0.37 y 0.48), también Flores *et al.*, (2005) encontró mayores resultados en la colecta 1999 (56.5) en *Pinus catarinae* para esta misma variable.

Con respecto a proporción de semillas vanas las mayores medias para las tres colectas se obtuvieron en 2010, y entre poblaciones fue Laguna de Sánchez quien sobresalió (0.28) (Cuadro 6). En otros estudios se ha encontrado otros resultados como por ejemplo Mápula (2004) encontró una proporción de semillas vanas de 24 % a 63%.

Para el coeficiente de endogamia los valores más altos se encontraron en la colecta 2010 en las tres poblaciones. Y entre poblaciones Laguna de Sánchez obtuvo un coeficiente de endogamia mayor (0.72) (Cuadro 6). Flores (2005) encontró mayor índice de endogamia en la colecta que realizó en 1999 con un valor de 17.5%.

Cuadro 6. Medias de indicadores reproductivos de conos y semillas de *Pinus johannis* M.F. Robert para dos años de colecta en dos poblaciones.

| Características | Poblaciones | Años de colecta | | Media |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|---------|---------|
| | | 2008 | 2010 | |
| Longitud de cono | Laguna de Sánchez | 31.74 a | 28.82 b | 30.28 B |
| | El Coahuilón | 34.60 a | 28.48 b | 31.54 B |
| | Concepción del Oro | 32.33 b | 37.72 a | 35.02 A |
| Escamas fértiles | Laguna de Sánchez | 17.17 a | 8.98 b | 13.07 B |
| | El Coahuilón | 23.70 a | 11.16 b | 17.43 A |
| | Concepción del Oro | 19.02 a | 15.75 b | 17.38 B |
| Proporción de semillas llenas | Laguna de Sánchez | 0.16 a | 0.03 b | 0.09 B |
| | El Coahuilón | 0.23 a | 0.05 b | 0.14 A |
| | Concepción del Oro | 0.22 a | 0.26 b | 0.24 A |
| Proporción de semillas vanas | Laguna de Sánchez | 0.19 b | 0.38 a | 0.28 A |
| | El Coahuilón | 0.06 b | 0.25 a | 0.15 B |
| | Concepción del Oro | 0.12 b | 0.16 a | 0.14 B |
| Coeficiente de endogamia | Laguna de Sánchez | 0.5 b | 0.88 a | 0.72 A |
| | El Coahuilón | 0.18 b | 0.82 a | 0.50 B |
| | Concepción del Oro | 0.33 b | 0.35 a | 0.34 B |

Nota: las medias con diferente letra son significativamente diferente ($p \leq 0.05$) determinado por la prueba de diferencia mínima significativa. Las letras minúsculas es para la comparación entre año de colecta para casa localidad y letras mayúsculas para la comparación entre poblaciones.

4.3.2 Indicadores reproductivos para dos poblaciones en cuatro colectas

El Coahuilón presentó la mayor longitud de cono en la colecta realizada en 2008 (34.61) y la menor longitud de cono en el año 2010 (28.57) mientras que Concepción del Oro en éste mismo año obtuvo la mayor longitud (37.51) y en 2003 la menor (23.46). Y entre poblaciones El Coahuilón resulto ser mayor (31.60) (Cuadro 7). Mientras tanto Alba-Landa *et al.*, (2001) encontró en *Pinus oaxacana* Mirov. valores de longitud de cono de 8.07 a 12.60.

En El Coahuilón en las colectas 2003 y 1998 se encontró mayor y menor cantidad de escamas fértiles (12.72 y 8.81) respectivamente. Y en Concepción del Oro en 2010 se encontró mayor número de escamas fértiles (15.51) y en 2008 menos (10.5). Además entre poblaciones Concepción del Oro sobresalió (12.68) (Cuadro 7).

Mientras tanto Mendizábal-Hernández *et al.*, 2008 realizó un estudio en *Pinus patula* donde obtuvo un promedio de las escamas totales por cono de 163. En escamas fértiles, el promedio fue de 64 dando un porcentaje de 40.22%.

La mayor proporción de semillas llenas para EL Coahuilón se obtuvo en 2008 (0.47) y el menor en 2003 y 2010 (0.04 y 0.05). Mientras que en Concepción del Oro los más altos valores se obtuvieron en 2008 (0.39) y los menores en 2003 (0.09). Mientras que entre poblaciones Concepción del Oro presentó mayor proporción de semillas llenas (0.28) (Cuadro 7). Mendizábal-Hernández *et al.*, 2008 en *Pinus patula* encontró un promedio de 71 semillas y una pérdida de 29.83%.

Para El Coahuilón en la variable proporción de semillas vanas se encontró en las colectas 1998, 2003 y 2010 los valores más altos y los menores en 2008. Pero en Concepción del Oro en la colecta 2008 y 2003 se obtuvieron los mayores y menores valores respectivamente. También El Coahuilón resultó contar con mayor proporción de semillas vanas entre poblaciones (Cuadro 7). Mientras tanto en *Pseudotsuga Carr.* se ha encontrado que la variación de semillas vanas es de 24 a 63% (Mápula, 2004).

El mayor coeficiente de endogamia de El Coahuilón se presentó en la colecta 2003 y 2010 (0.87 y 0.81), y menor valor en 2008 (0.18). La población de Concepción del Oro presentó un mayor coeficiente de endogamia en 2003 (0.53) y menor en 2008 (0.33). Y entre poblaciones El Coahuilón sobresalió con 0.58. Mientras que *Picea mexicana* Martínez presenta un coeficiente de endogamia de 17.5 (Flores *et al.*, 2005).

Probablemente estos resultados (Cuadro 5 y Cuadro 6) se deben a que las poblaciones de Laguna de Sánchez y El Coahuilón tienen menor superficie a comparación de Concepción del Oro (Barrera, 2007) y debido a esto, se están reproduciendo entre los mismos parientes y como consecuencia un alto grado de endogamia, y repercute en la fragmentación de pequeñas poblaciones y el aislamiento (Mosseler *et al.*, 2000).

Cuadro 7. Valores promedio de indicadores reproductivos de conos y semillas de *Pinus johannis* para cuatro años de colecta en dos poblaciones.

| Características | Poblaciones | Años de colecta | | | | Media |
|----------------------------|--------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1998 | 2003 | 2008 | 2010 | |
| Longitud de cono | El Coahuilón | 32.87 b | 30.33 c | 34.61 a | 28.57 d | 31.60 A |
| | Concepción del Oro | 32.61 b | 23.46 d | 32.34 c | 37.51 a | 31.48 B |
| Escamas fértiles | El Coahuilón | 8.81 c | 12.72 a | 11.13 b | 11.16 b | 10.96 B |
| | Concepción del Oro | 12.34 b | 12.36 b | 10.5 c | 15.51 a | 12.68 A |
| Proporción semillas llenas | El Coahuilón | 0.26 b | 0.04 c | 0.47 a | 0.05 c | 0.21 B |
| | Concepción del Oro | 0.37 a | 0.09 c | 0.39 a | 0.26 b | 0.28 A |
| Proporción semillas vanas | El Coahuilón | 0.22 a | 0.26 a | 0.12 b | 0.25 a | 0.21 A |
| | Concepción del Oro | 0.10 c | 0.11 d | 0.20 a | 0.15 b | 0.14 B |
| Coeficiente de endogamia | El Coahuilón | 0.45 b | 0.87 a | 0.18 c | 0.81 a | 0.58 A |
| | Concepción del Oro | 0.21 d | 0.53 a | 0.33 c | 0.35 b | 0.36 B |

Nota: medias con diferentes letras son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) determinado por la prueba de diferencia mínima significativa. Las letras minúsculas es para la comparación entre año de colecta para cada localidad y letras mayúsculas para la comparación entre poblaciones.

5 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se infieren las conclusiones siguientes:

El potencial promedio encontrado fue de 24 semillas por cono y 11% en eficiencia de semillas, siendo la población de Concepción del Oro la que se mantuvo la producción de semilla estable durante tres colectas 1998, 2008 y 2010.

La población de Concepción del Oro tuvo la mayor eficiencia de semilla (26%), seguido de El Coahuilón (5%) y Laguna de Sánchez (3%).

La población de Concepción del Oro presentó una mejor producción de semillas, mayor potencial y eficiencia de semillas y El Coahuilón presentó las menores características reproductivas y mayor coeficiente de endogamia.

Los indicadores reproductivos de conos y semillas muestran que hay una gran pérdida de semillas por la alta frecuencia de óvulos abortados, óvulos rudimentarios y semillas vanas, y una gran pérdida por endogamia debida a que las poblaciones son muy pequeñas y por lo tanto no se presenta una adecuada polinización cruzada.

6 RECOMENDACIONES

Continuar evaluando éstas y otras nuevas poblaciones de *Pinus johannis* M.F. Robert reportadas para estar monitoreando la producción de semillas y conocer los efectos de variación.

Para estudios posteriores se debe considerar la evaluación de la edad, proporción de sexos, exposición, densidad, viabilidad de polen, para evaluar los efectos en la producción de semillas.

7 LITERATURA CITADA

- Alba L., J., A. Aparicio R. y J. Márquez R. 2003. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl de dos poblaciones de México. *Foresta Veracruzana*. 5(1): 25-28.
- Alba L., J., J. Márquez R. 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.
- Alba-Landa J., L. C. Mendizábal-Hernández y J. Márquez-Ramírez. 2001. Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en los Molinos, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3(1): 35-38.
- Alba-Landa, J., E. O. Ramírez-García y P. G. Rojas. 2006. Variación de semillas de *Pinus greggi* Engelm en el municipio de Naolinco, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 8(2): 7-12.
- Arriaga L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. [En línea]. 16 de enero 2012. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalización/doctos/rtp_079.pdf
- Bailey, D. K. and F. G. Hawksworth. 1983. Pinaceas of the Chihuahua desert región. *Phytologia* 53(3): 226-234.
- Barnett P., J. y Haugen O., R. 1995. Producing seed crop to naturally regenerate southern pines. Forest service. New Orleans. Louisiana. 12 p.
- Barrera A., J. D. 2007. Aspectos ecológicos de poblaciones de *Pinus johannis* M.F. Robert en la sierra plegada de Coahuila y Nuevo León. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 45 p.
- Bermejo V., B. y Pontones., J. B. 1999. Los pinos mexicanos y su utilización como especie introducidas de alto potencial en varios países del mundo. *In* II simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en América latina. CATIE. Santo Domingo, Republica Dominicana. pp. 249 – 253.
- 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 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 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. U. S. A. 28 p.
- Bustamante-García, V., J. A. Prieto-Ruíz, E. Merlín-Bermudes, A. Carrillo-Parra y R. Álvarez-Zagoya. 2009. Insectos que afectan los conos y semillas de *Pinus engelmannii* en rodales semilleros del estado de Durango. *In: Memoria del XV simposio nacional de parasitología forestal*. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, estado de México. pp. 265.
- Caballero D., M. y Ávila R., R. 1989. Importancia actual y potencial de los pinos piñoneros en México. *In: Memoria del III Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros*. Instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. ANADEGES del Noreste, A.C. p. 18-22.
- Casa A., G. 1997. Climas del estado de México. Extraído del proyecto H103 Sistema de información geográfica sobre la herpetofauna del Estado de México. Escala 1:500000. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. El proyecto fue financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- CETENAL, 1975a. Carta edafológica, San Antonio de las Alazanas. Coahuila y Nuevo León. G14-C-35. Escala: 1:50,000.
- CETENAL, 1975b. Carta edafológica, San Rafael. G14-C-45. Escala: 1:50,000.
- CETENAL, 1975c. Carta edafológica. Concepción del Oro, Zacatecas. G14-C-62. Escala: 1:50,000.
- Cibrián-Tovar., D. Ebel H., B. Yates III H., O y Méndez-Montiel., J. T. 1986. Insectos de conos y semillas de las coníferas de México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 110 p.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) - Subdirección General Técnica (2007). Regiones Hidrológicas, escala 1:250000. República Mexicana. México, D.F. [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). Subcuencas hidrológicas. Extraído de Boletín hidrológico. (1970). Subcuencas hidrológicas en Mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1:1000000. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Irrigación y control de Ríos, Dirección de Hidrología. México. [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). Curvas de nivel para la República Mexicana. Escala 1:250000. Extraído del Modelo Digital del Terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México. [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2011). División Política Estatal. Versión 4. Escala 1:250000. Modificado de Conjunto de Datos vectoriales y toponimia de la carta topográfica. Serie III. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2003-2004). Y Áreas Geoestadísticas Estatales, del Marco Geoestadístico 2010 versión 5.0. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Escala 1:250000. México. [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- CONABIO, 2011. Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García). Escala: 1:16,000,000. México. [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Farjon A. and Brian T. Styles. 1997. Flora Neotropica: *Pinus* (Pinaceae). Organization for Flora Neotropica by The New York Botanical Garden. New York, NY. 293 p.
- Flores L., C., J. López U., J. J. Vargas H. 2004. Análisis de la producción de semillas en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez de México. In: XX Congreso Nacional de Fitogenética. El Cerrito Universidad del Estado de México. Toluca, México. p 231.
- Flores-López., C. López-Upton., J y Vargas-Hernández., J. J. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. Agrociencia. 39: 117-126 p.
- Fonseca. J., R. M. 2003. Piñas y piñones. Ciencias 69: 64-65.
- García de M., E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios, S. A. México, D. F. 217 p.
- Hernández S., P. 2006. Producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 38 p.
- Huerta V., J. L. 2000. Estudio de conos y semillas de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw en dos localidades de la sierra nevada de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 51 p.
- Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1995. Edafología. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México. [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.

- Jaquish C., B. 1995. Abasto y manejo de semillas a partir de la recolección en rodales naturales, áreas de producción y huertos semilleros. *In*: Seminario-taller sobre manejo de recursos genéticos forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 209 p.
- Lambeth., C. C y Vallejo., C. 1988. Producción de conos y semillas de *Pinus patula* en relación a la elevación. Informe de investigación No. 119. Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 5 p.
- Lemus S., J. L. 1999. Análisis de conos y semillas de *Pinus catarinae* M.F. Robert-Passini. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 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. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 48 p.
- López R., E. 2007. Producción de semilla e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 36 p.
- Lopez-Upton., J. and J. K. Donahue. A995. Seed production of *Pinus greggi* Engelm. in natural stands in México. North Carolina. 7p.
- Lyons L. A. 1956. The seed production capacity and efficiency of red pine cones (*Pinus resinosa* Ait.). Canadian Journal of Botany. 34: 27-36.
- Maderey-R, L. y Torres-Ruata, C. 1990. Cuencas hidrológicas en Hidrogeografía e hidrometría. IV.6.1. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México. [En línea] el 16 de mayo 2012. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Mápula L., M. 2004. Indicadores reproductivos para poblaciones naturales de *Pseudotsuga* Carr. en México. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 46 p.
- Matthews., J. D. 1984. Flowering and seed production in conifers. *In* III Reunion Nacional Sobre Plantaciones Forestales. Department of forestry, university of Aberdeen, Scotland. p. 45-53.
- Mendizábal H, L. C., J. Márquez R. y A. Aparicio R. 2007. Efecto de la ubicación lateral en el cono sobre características de semillas de *Pinus greggi* Engelm. procedentes de Carrizal Chico, Zacualpan, Veracruz, México. Foresta Veracruzana. 9(1): 29-34.
- Mendizábal-Hernández, L. C. Alba-Landa., J. Márquez R., J. Ramírez-García., E. O y Cruz-Jiménez., H. 2010. Potencial de producción y eficiencia de semillas de dos cosechas de *Pinus teocote* Schl. Et Cham. Foresta Veracruzana. 12(2): 21-26.

- Mendizábal-Hernández, L. C., H. Cruz-Jiménez., J. Alba-Landa., J. Márquez R. y E. L. Ramírez-García. 2008. Establecimiento de plantaciones con ganancia genética a partir del área semillera "Ing. Raúl Martínez". *Foresta Veracruzana*. 10(2): 35-39.
- Mendizábal-Hernández, L. C., J. Alba-Landa., J. Márquez R., E. O. Ramírez-García., H. Cruz-Jiménez y V. M. Tejeda L. 2010. Potencial de producción de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y su relación con la edad. *In: V Reunión Nacional de Innovación Forestal*. Campeche, México. 170 p.
- Mendizábal-Hernández, L. del C. Alba-Landa., J. Cruz-Jiménez y H. Tejeda L., V. C. 2010. Potencial de producción de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en El Paso, municipio de La Perla, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 12(1): 33-38.
- Morales-Velázquez, M. G., C. A. Ramírez-Mandulano., P. Delgado-Valerio y J. López-Upton. 2010. Indicadores reproductivos de *Pinus leiophylla* Schlttdl. Et Cham. En la cuenca del río angulo, Michoacán. *Revista mexicana ciencia forestal*. 1(2): 31-38.
- Morante C., J. Alba-Landa., J y Mendizábal-Hernández., L. 2005. Estudio de conos, semillas y plántulas de *Pinus greggi* Engelm de una población del estado de Veracruz, México. *Foresta veracruzana* 7(2): 23-32p.
- Mosseler, A. 1992. Seed yield and quality from early cone collections of black spruce and white spruce. *Seed science and technology* 20:473-482.
- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson, B. Dalggle, K. Lange, Y. S. Park, K. H. Johnsen, and O. P. Rajona. 2000. Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. *Canadian Journal of Botany*. 78: 928-940.
- Narváez F, R. 2000. Estimación de la cosecha de semillas de *Pinus arizonica* Engelm, con base a la producción de conos, en la región de Madera, Chihuahua. INIFAP. Folleto técnico No. 12. Cd. Madera, chihuahua, México. 27 p.
- Patiño V., F. 1975. Producción de semillas forestales. *Bosques y Fauna* 12 (4): 41-45.
- Perry, J. P. 1991. *The pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Pinkava, D. J. 1984. Vegetation and Flora of the Bolsón of Cuatro Ciénegas Region, Coahuila, México: IV. Summary, Endemism and Corrected Catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:23-47.
- Robert, M. F. 1978. Un nouveau pin pignon mexicain: *Pinus johannis* M.-F.Robert. *Adansonia*. Serie. 2. 18 (3):365-373.

- Rodríguez R., G. Márquez R., J y Rebolledo C., V. 2001. Determinación del potencial y eficiencia de producción de semillas en *Cedrella odorata* L. y su relación con características morfológicas de frutos. *Foresta veracruzana*. 3(1): 23-26.
- Rzedowski, J.1983. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.
- Sánchez-González A., 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Centro de Investigación Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Maderas y Bosques*. Pachuca, Hidalgo, México. 14(1). 107-120 p.
- SAS Institute Inc. 1998. *SAS/STAT Guide for personal computers*. Versión 8.0. SAS Institute Inc. Cary, N. C., USA. 378 p.
- SEMARNAP, Subsecretaría de Recursos Naturales. (1998). 'Mapa de suelos dominantes de la República Mexicana'. (Primera aproximación 1996). Escala 1:4000000.
- Semarnat. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 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. D. O. F. 30 de diciembre de 2010. México. 78 p. [En línea]. 20 de febrero de 2011. Disponible en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf.
- Shaw R., G. 1909. *The pines of México*. University of Toronto. Arnold Arboretum No 1. J. B. Ruiter & Co Boston. MASS. 29 p.
- UICN de 2011. *Lista Roja de Especies Amenazadas*. Versión 2011.2. [En línea] el 24 de febrero 2012. Disponible en: www.iucnredlist.org.
- Varnell R. J. 1976. Cone and seed production in slash pine: effects of tree dimensions and climatic factors. Department of Agriculture. Asheville, North Carolina. 10 p.
- Vázquez. C., O. G. Ramírez-García, E. O y Alba-Landa, J. 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: 31-36.
- Velázquez. H., M. A y Musálem., M. A. 1984. Algunas características de conos y semillas de *Pinus hartwegii* Lindl en Zoquiapan, México. *In: III reunión nacional sobre plantaciones forestales*.
- Villa P., V. H. 2010. Producción de semilla e indicadores reproductivos de *Pinus johannis* M.-F. Robert en el noreste de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 37 p.

- Zavala C., F y Méndez M., J. T. 1996. Factores que afectan la producción de semillas en *Pseudotsuga macrolepis* Flous en el estado de Hidalgo, México. Acta botánica mexicana. 36: 1-13 p.
- Zavala C., F. y J. L. Campos D. 1993. Una nueva localidad de *Pinus discolor* Bailey & Hawksworth en el centro de México. Acta botánica Mexicana. Núm. 025. Instituto de ecología A. C. Pátzcuaro, México. 21- 25 p.
- Zavarin, E. and Snajberk, K. 1986. Monoterpenoid differentiation in relation to the morphology of *Pinus discolor* and *Pinus johannis*. Biochemical systematic and ecology. Vol. 14. No. 1. Great Britain. 11 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Imágenes de las diferentes poblaciones de *Pinus johannis* M.F. Robert.



Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León (Fotografía tomada por Celestino Flores López).

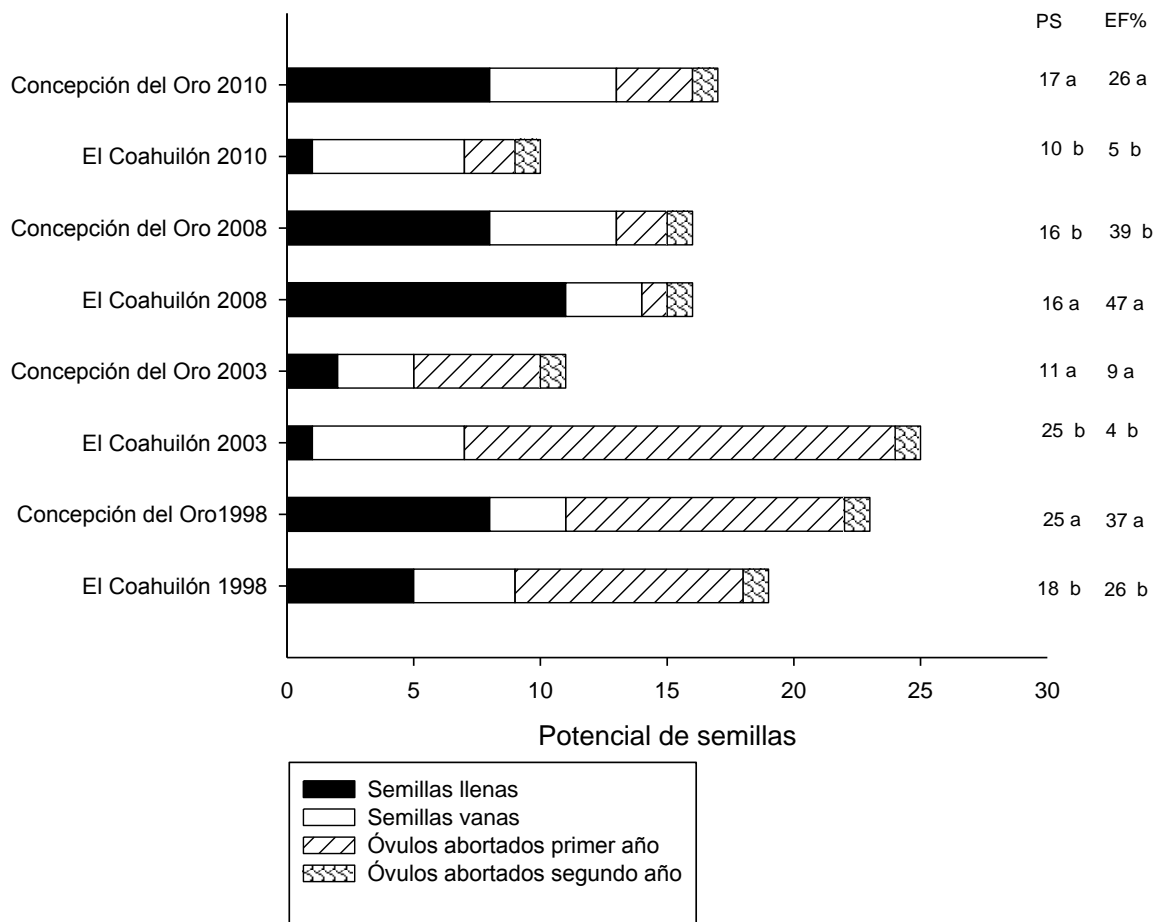


El Coahuilón, Arteaga, Coahuila (Fotografía tomada por Celestino Flores López)



Salaverna, Concepción del Oro, Zacatecas (Fotografías tomadas por Celestino Flores López y Jesús Aristeo Jacobo Pérez).

Apéndice 2. Producción y pérdida de semillas de dos poblaciones de *Pinus johannis* M.F. Robert evaluados en cuatro años de colecta.



PS=potencial de semilla, ES=eficiencia de semillas.

Nota: Los valores de las medias en PS y EF con diferente letra son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$), determinados por la prueba de diferencia mínima significativa.