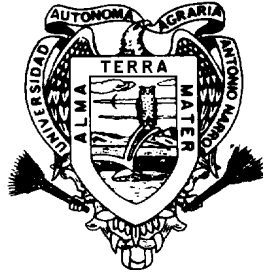


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



PRODUCCIÓN DE SEMILLAS E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE  
*Pinus johannis* M.-F. Robert EN EL NORESTE DE MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

VÍCTOR HUGO VILLA PÉREZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO  
MAYO DE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE

*Pinus johannis* M.-F. Robert EN EL NORESTE DE MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

VÍCTOR HUGO VILLA PÉREZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL



DEPARTAMENTO FORESTAL  
ASESOR PRINCIPAL



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
Coordinación  
División de Agronomía

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO  
MAYO DE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS E INDICADORES REPRODUCTIVOS DE  
*Pinus johannis* M.-F. Robert EN EL NORESTE DE MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

VÍCTOR HUGO VILLA PÉREZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:



ASESOR PRINCIPAL


  
M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

DEPARTAMENTO FORESTAL

ASESOR

  
M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO

ASESOR

  
DRA. NORMA ANGÉLICA RUÍZ TORRES

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO  
MAYO DE 2010

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

Rafael Villa Severo y Consuelo Pérez Quezada

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, porque han sabido comprenderme y apoyarme en todo momento y la razón más importante porque los quiero y amo con todas las fuerzas de mi alma.

### A MIS QUERIDOS HERMANOS

Rafael, Abigail y Zayra

En especial a mi hermano Rafael por el gran apoyo que me brindó durante mi carrera, muchas gracias, a mis queridas hermanas por los momentos alegres que hemos vivido y su apoyo incondicional, así como por los grandes consejos, enseñanzas y sus palabras de aliento para salir adelante, que siempre permanezcamos unidos en las buenas y en las malas.

### A MI ABUELITA

Arminda Quezada Herrera

Por el gran cariño que siempre me entregó y sobre todo por los grandes consejos para salir adelante y ser alguien en la vida.

### A MIS TÍOS Y PRIMOS

Muchas gracias por sus consejos y apoyo incondicional durante mis estudios.

## AGRADECIMIENTO

A **Dios** por darme la oportunidad de existir, además de guiar y dirigir mi camino para ser alguien en la vida y hoy cumplir una meta mas de mi vida.

A mi *Alma Mater*, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por ofrecerme la gran oportunidad de formarme dentro de la carrera de Ingeniero Forestal.

Al M.C. Celestino Flores López, por su grandiosa amistad y brindarme su apoyo, por compartir conmigo sus conocimientos para la realización de la tesis y por sus valiosos consejos.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo y a la Dra. Norma Angélica Ruíz Torres por su disposición en la participación y revisión de esta tesis y sugerencias del mismo.

A mis amigos: Juan Borjas Castillo, Martín Hinostraza Esquivel, Roberto de los Santos Vázquez, Jaime P. Cortés Martínez, Rufino Sandoval García, Antonio García Villa, Elín Chacón Santos, Jorge A. Nájera Domínguez, Dany E. Vásquez Rabanales, Mario H. Gutiérrez Vázquez, Mónica Orozco Narváez, María Elena Sánchez Barrera en especial a una gran amiga Flor Ramos Sánchez porque pasamos momentos alegres, porque siempre me ayudó y me brindo su amistad y apoyo incondicional durante mi carrera.

Al Dr. Juan Manual Martínez Reyna, por compartir conmigo sus conocimientos, su grandiosa amistad y todos los momentos felices que pasamos dentro del Equipo Internacional de Identificación de Plantas de Pastizales de la UAAAN.

A mis compañeros del Equipo Internacional de Identificación de Plantas de Pastizales: Rufino Sandoval García, Antonio García Villa, Alberto Zárate Quevedo, José Luis García Franco, Noemy Jurado Cruz, Amanda Jael Pedraza Reinoso, con quienes pasé momentos felices en los viajes a Estados Unidos y por su gran apoyo.

Y por todos aquellos que omití, sin tener el deseo de hacerlo, gracias por todo el apoyo brindado durante mi estancia en la Universidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos.....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Los pinos piñoneros en México, distribución e importancia.....	4
2.2 Estatus taxonómico de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert e importancia de la especie..	6
2.3 Análisis de conos y semillas .....	7
2.4 Indicadores reproductivos y endogamia .....	8
3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
3.1 Descripción de las localidades de estudio .....	10
3.2 Muestreo y colecta de conos .....	10
3.3 Análisis de conos y semillas .....	12
3.4 Producción de semillas .....	14
3.5 Producción de semillas en cuatro poblaciones para la colecta 2008.....	16
3.6 Producción de semillas en dos poblaciones para tres fechas de colecta. ....	16
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Producción de semillas de cuatro localidades para la colecta 2008 .....	18
4.1.1 Potencial de semilla .....	18

4.1.2 Eficiencia de semilla.....	20
4.1.3 Pérdida de semillas .....	21
4.2 Comparación de la producción en dos poblaciones para dos años de colecta.....	22
4.3 Indicadores reproductivos para tres fechas de colecta de semillas. ....	24
5 CONCLUSIONES.....	27
6 RECOMENDACIONES .....	28
7 LITERATURA CITADA.....	29
APÉNDICE .....	33



## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Características de localización de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert en Coahuila, Nuevo León y Zacatecas.....	10
Cuadro 2	Potencial de semillas de coníferas en diferentes localidades.....	19
Cuadro 3	Comparación de la eficiencia de semillas en <i>Pinus</i> , en diferentes poblaciones y entre años de colecta.....	21
Cuadro 4	Comparación de medias para características reproductivas de semillas de dos poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert evaluados en dos años de colecta.....	23
Cuadro 5	Comparación de medias para características reproductivas de conos y semillas de dos poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert evaluados en tres años de colecta.....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Ubicación y distribución de las poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert en Coahuila, Nuevo León y Zacatecas.....	11
Figura 2 Características morfológicas de conos y semillas de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert evaluadas para estimar la producción de semillas e indicadores reproductivos.....	13
Figura 3 Producción y pérdida de semillas de cuatro poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert.....	18

## RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la producción de semillas de *Pinus johannis* M.-F. Robert en la colecta 2008 para las poblaciones El Coahuilón, Concepción del Oro, Laguna de Sánchez y La Siberia. También se comparó la producción de semillas con las colectas 1998 y 2003 para El Coahuilón y Concepción del Oro, así como los indicadores reproductivos de conos y semillas para ambas poblaciones en tres fechas de colecta.

El material obtenido fue de una colecta de conos en cada población en el año 2008, la colecta de los conos se hizo en forma manual. Para la población El Coahuilón se colectaron 29 árboles, para Concepción del Oro 40 árboles, para La Siberia 33 árboles y para Laguna de Sánchez 30 árboles.

Se realizó un análisis de varianza utilizando un modelo de clasificación anidada para evaluar los conos y semillas; se evaluaron seis variables relacionadas con la producción de semillas y cinco para indicadores reproductivos.

La población El Coahuilón presentó los valores más altos en potencial de semilla y eficiencia de semilla en comparación a Laguna de Sánchez y La Siberia que presentan la mayor pérdida de semillas para la colecta 2008. Para las colectas 1998 y 2003 Concepción del Oro presentó los valores más altos en potencial y eficiencia de semillas en comparación a El Coahuilón que tuvo la mayor pérdida de semillas, para las colectas 1998 y 2003. Los valores de producción de semillas llenas son bajos tanto para la población Concepción del Oro como para El Coahuilón durante los tres años de colecta, esto como resultado de pérdida de semillas. Los indicadores reproductivos de conos y semillas muestran que la población Concepción del Oro durante los tres años de colecta sobresale en mayor proporción de semillas llenas y como consecuencia un coeficiente de endogamia menor en comparación a la población El Coahuilón.

Palabras clave: *Pinus johannis*, potencial de semilla, eficiencia de semilla, indicadores reproductivos.

## ABSTRACT

In this work it was determined the seed production of *Pinus johannis* M.-F. Robert in the 2008 collection for Coahuilón, Concepción del Oro, Laguna de Sánchez and Siberia populations, also it was compared the seed production of 1998 and 2003 for Coahuilón and Concepcion del Oro, also the reproductive indicators of cones and seeds for both populations in three collection dates.

The material used for this work was a collection of cones for each population in 2008, the collection of cones is made by hand. For the population El Coahuilón were collected 29 trees, Concepción del Oro 40 trees, 33 trees of La Siberia and Laguna de Sánchez 30 trees for the 2008 collection.

An analysis of variance of a model of classification nest was utilized to evaluate the cones and seeds, the variables of seed production were six and to reproductive indicators were five.

The Coahuilón population values were higher in seed potential and seed efficiency than Laguna de Sanchez and La Siberia, both populations had the greatest loss of seeds for the harvest 2008. For 1998 and 2003 collections Concepción del Oro values were higher in potential and seed efficiency in comparison to the Coahuilón that it had the greatest loss of seed collections for 1998 and 2003. The production values of filled seeds are low to Concepción del Oro and El Coahuilón population during the three years of collection, it is a result of loss of seeds. Reproductive indicators of cones and seeds show that the Concepcion del Oro population in the three years of collection had a greater proportion of full seeds and consequently a lower inbreeding coefficient than El Coahuilón population.

Keywords: *Pinus johannis*, seed potential, seed efficiency, reproductive indicators.

## 1 INTRODUCCIÓN

Según el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF), del 50 al 80 % de la diversidad biológica del mundo se encuentra en 6 a 12 países tropicales destacando Brasil, Colombia, México, Zaire, Madagascar e Indonesia (Williams-Linera *et al.*, 1992).

La situación biogeográfica excepcional de México como zona de transición entre dos grandes regiones la neártica y la neotropical es la razón de su riqueza conservada y multiplicada por el hecho de que la situación del país en la franja intertropical y su pronunciada orografía determina una gran diversidad de condiciones ambientales, biogeográficamente México es único, ya que los elementos correspondientes a las dos grandes regiones se sobreponen y entrelazan. Esto hace a México el país con mayor diversidad de herpetofauna en el mundo (717 especies), es el segundo en diversidad de mamíferos (449 especies), el cuarto en riqueza de anfibios (282 especies) y de fanerógamas (con aproximadamente 25 000 especies) y el décimo en especies de mariposas con alas posteriores bifurcadas (Williams-Linera *et al.*, 1992).

En cuanto a los bosques de coníferas, éstos ocupan cerca del 15 % del territorio del país y más del 90 % de esta superficie corresponde a los de *Pinus* o de *Pinus* y *Quercus* (Rzedowski, 1983). De acuerdo con Perry (1991) existen en México 55 especies del género *Pinus*, que con las subespecies, variedades y formas corresponden a 72 taxa del género *Pinus*, este número representa el 76.4 % del total de especies que se reconocen en el mundo. La gran mayoría de los pinos mexicanos posee una distribución geográfica restringida al territorio de este país y a algunas áreas vecinas y casi todos constituyen elementos dominantes o codominantes en la vegetación actual (Rzedowski, 1983).

Los ecosistemas de piñonares, son los más típicos en climas semiáridos, los cuales viven frecuentemente en colindancia con pastizales, matorrales xerófilos o encinares arbustivos y forman amplias ecotonías con estas comunidades vegetales. En México tienen una distribución geográfica restringida y en apariencias no constituyen elementos dominantes en los bosques, sino muy locales (Rzedowski, 1983).

Los métodos de destrucción y perturbación de la vegetación han sido diversos, algunos de ellos de impacto directo y otros indirectos. Entre los primeros, cabe mencionar como principales: el desmonte, el sobrepastoreo, la tala desmedida, los incendios y la explotación selectiva de algunas especies útiles; en el caso de *Pinus johannis* el mayor impacto directo que ha tenido es la minería. Los segundos tienen que ver principalmente con la modificación o eliminación del ambiente ecológico necesario para el desarrollo de una determinada comunidad biótica, causando su desaparición automática (Rzedowski, 1983).

Los pinos piñoneros tienen un alto grado de endemismo en México. Existen 10 taxa endémicas, algunas con distribución muy restringida, como la de *P. culminicola* Andresen y Beaman y *P. maximartinezii* Rzedowski. Sin embargo, también existen especies con distribución muy amplia, como el *P. cembroides* Zucc., y no tan amplia, como *P. pinceana* Gordon y *P. nelsonii* Shaw (Eguiluz, 1987).

*Pinus johannis* es la especie a tratar en este estudio y se encuentra sujeta a protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Una especie sujeta a protección especial es aquella que se encuentra amenazada por factores que inciden de forma muy negativa en su viabilidad (SEMARNAT, 2001).

*Pinus johannis* por encontrarse en poblaciones pequeñas y aisladas se le considera una especie relictas. El hecho que sean pequeñas trae complicaciones genéticas y una de ellas es la endogamia. La eficiencia de semillas puede ser relativa, debido a la escasez o poca viabilidad de polen. Las poblaciones aisladas tienen poca eficiencia de semillas, debido a que en poblaciones más grandes existe más polen y en poblaciones pequeñas existe menos polen y se presentan problemas de endogamia (Mosseler *et al.*, 2000; Flores, 2004).

En este sentido algunos trabajos ya realizados por Mosseler *et al.* (2000), Flores (2004), López (2007) y Hernández (2006), han encontrado un alto índice de endogamia en coníferas, con valores reproductivos bajos. Por lo tanto, será interesante integrar

especies y sus poblaciones en riesgo para evaluar la producción de semillas así como valores reproductivos que nos sirvan como indicadores en el manejo de estas especies.

### 1.1 Objetivos

Determinar la producción de semillas de *Pinus johannis* en la colecta 2008 para las poblaciones El Coahuilón, Concepción del Oro, Laguna de Sánchez y La Siberia.

Comparar la producción de semillas de *Pinus johannis* en las colectas 1998 y 2003 para El Coahuilón y Concepción del Oro.

Comparar los indicadores reproductivos de conos y semillas de *Pinus johannis* para El Coahuilón y Concepción del Oro para tres fechas de colecta.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Los pinos piñoneros en México, distribución e importancia

México es un país privilegiado al poseer 72 taxa del género *Pinus* de un total aproximado de 100 existentes en el planeta. En nuestro país se pueden encontrar diferentes especies, desde el nivel del mar hasta cerca de cuatro mil metros de altitud, lo mismo en ambientes húmedos que en zonas semiáridas (Fonseca, 2003).

Las diferentes especies de pinos producen una gran cantidad de semillas, la mayoría de las cuales cumplen un papel muy importante como estructuras de reproducción y que no son utilizadas por el hombre. Pero algunas especies producen semillas comestibles, las cuales pueden ser consumidas por animales silvestres y por el hombre; a esas especies se les llama pinos piñoneros y sus semillas son conocidas como piñones (Fonseca, 2003).

La recolección de piñones para consumo humano ha constituido, tradicionalmente, una fuente importante de alimento para diversos grupos humanos de la zona norte del país. Los pinos piñoneros han estado ligados a la historia de grupos humanos, en especial en América, ya que se encuentran en las zonas de migración de los primeros pobladores de Mesoamérica (Fonseca, 2003).

Además, parece ser que los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. del sur de la Altiplanicie Central, constituyen relictos de bosques más amplios, actualmente reducidos y marginados hacia zonas de acceso difícil por la población humana que en diversos desplazamientos ocupó intensivamente las áreas de distribución de los bosques. De modo que estos relictos también constituyen indicadores, tanto de la movilidad de los grupos humanos como de las oscilaciones de la cubierta forestal, entre el estado de Puebla y el norte del país (Robert, 1977).

En México existen 16 especies de pinos piñoneros, *Pinus monophylla* Torr. et Frem., *P. edulis* Engelm., *P. remota* (Little) Bailey et Hawksworth, *P. caterinae* M-F. Robert-Passini, *P. cembroides* Zucc., *P. cembroides* subsp. *orizabensis* Bailey, *P.*



*discolor* Bailey et Hawksworth, *P. johannis*, *P. lagunae* M.-F. Robert-Passini, *P. cuadrifolia* Parl., *P. juarezensis* Lanner, *P. culminicola* Andresen et Beaman, *P. pinceana* Gord., *P. maximartinezii* Rzedowski, *P. nelsoni* Shaw y *P. rzedowskii* Madrigal et Caballero (Perry, 1991), las cuales están principalmente en los estados del norte del país, desde Baja California Norte y Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí hasta Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Veracruz (Fonseca, 2003).

Estas especies habitan zonas marginales de baja precipitación, comúnmente de 300 a 600 mm de lluvia, aunque algunos llegan a rebasar los 1000 mm (Eguiluz, 1987). Forman bosques de poca extensión, con árboles que miden de cinco a quince metros de altura o menos, y también se presentan intercalados en tipos de vegetación conocidos como pastizales o sabanas de encinos o chaparrales, matorrales de encinos y bosques mixtos de pinos y encinos (Rzedowski, 1983).

Crece en topografía abrupta localizándose en las cimas de montañas, laderas y cañadas, con clima templado seco del tipo BS y templado subhúmedo, en altitudes entre 950-3650 msnm, en suelos someros rocosos del tipo litosol eútrico o rendzinas líticas, aridosoles, entisoles, con textura franca, limosa o arenosa. Tienen gran plasticidad y buena adaptabilidad en hábitats diversos (García, 1985).

Sin embargo, algunas especies endémicas y de distribución restringida están severamente amenazadas y en peligro de extinción: *P. culminicola*, *P. maximartinezii*, *P. pinceana*, *P. johannis*, *P. lagunae*, *P. nelsoni* (Eguiluz, 1987; Perry, 1991).

*Pinus johannis* es una especie de distribución restringida y sus poblaciones están limitadas al extremo norte de Zacatecas, Oeste de Coahuila, y en el estado de Nuevo León entre los pueblos de Miquihuana, Tamaulipas y Aramberri, N. L. (Perry, 1991).

Recientemente se encontró una nueva localidad de *Pinus johannis*, ubicada al Sureste de Coahuila, en el municipio de Arteaga, en el cerro el Coahuilón, ubicada con las coordenadas 25° 14' latitud Norte y 100° 20' longitud Oeste; la población tiene una

altitud media de 2720 metros. Sin embargo, llegan individuos aislados hasta 2840 metros en bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mayr) Franco, *Quercus hypoxantha* Trel., y *Q. greggii* Liebm (García y Passini, 1993).

Otra de las localidades en las que se ha encontrado *Pinus johannis* es en la Sierra la Paila, en el Estado de Coahuila, en los Municipios de General Cepeda y Ramos Arizpe. Las localidades de referencia son Saltillo, Coah.; Hipólito, Coah.; Nuevo Yucatán, Coah.; San Agustín, Coah.; Cedral, Coah. Con una superficie de 1,134 km<sup>2</sup>, la cual se define como una región prioritaria para la conservación, ya que incluye relictos de vegetación clímax de *Pinus sp.*, *P. johannis*, y *P. remota*, regularmente conservados (Arriaga *et al.*, 2000).

Se considera que la distribución de la especie es aún más amplia, pues se ha encontrado en el sureste de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, oeste de Tamaulipas, Durango, Zacatecas, norte y oeste de San Luis Potosí, además de encontrarse en el sureste de Arizona y suroeste de Nuevo México (Farjon y Styles, 1997).

## 2.2 Estatus taxonómico de *Pinus johannis* M.-F. Robert e importancia de la especie

En algunos piñoneros se tienen problemas taxonómicos, actualmente existe una gran controversia con algunos autores en cuanto a la clasificación taxonómica de *P. johannis* como una especie independiente de *P. cembroides* variedad *bicolor*; sin embargo en el presente trabajo no se acepta la clasificación taxonómica de Farjon y Styles (1997), quienes consideran a *P. johannis* como una variedad de *Pinus cembroides* y lo denominan como *Pinus cembroides* Zuccarini subespecie *cembroides* variedad *bicolor*; esta propuesta inicialmente fue hecha por Bailey y Hawksworth (1983).

En el presente trabajo se acepta la propuesta hecha por Robert (1978), quien considera a *P. johannis* como una especie independiente y la ubica dentro del grupo *cembroides*; por otra parte en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 esta especie esta en listada como especie sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2003).

Por otra parte es una especie rústica con una distribución restringida en nuestro país, la cual puede ser utilizada en la reforestación de suelos someros con poca humedad y materia orgánica (Robert, 1978).

### 2.3 Análisis de conos y semillas

Las técnicas para determinar la eficiencia de semillas se utilizó por primera vez para el pino rojo, *Pinus resinosa* Ait., por Lyons (1956), quien desarrolló un procedimiento conocido como análisis de conos, para evaluar la eficiencia de la producción en huertos semilleros. El análisis de conos proporciona información necesaria para evaluar la producción de semillas, esto expresa la productividad y puede ser expresada en términos de eficiencia de la semilla. Por lo tanto puede determinarse en qué fases del desarrollo de las semillas se producen pérdidas, los cuales pueden ser identificados y evaluados (Bramlett *et al.*, 1977).

El análisis de conos y semillas consiste en separar manualmente las escamas de manera sistemática de los conos, al terminar se realiza la evaluación de las siguientes características: óvulos abortados del primero y segundo año, número de semillas llenas y vanas y número de escamas fértiles e infértiles (Bramlett *et al.*, 1977).

El análisis 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 las poblaciones. La proporción de óvulos abortados y la relación entre semillas llenas y vanas son indicadores de pérdida de semillas posiblemente debido a la autopolinización (Bramlett *et al.*, 1977; Mosseler *et al.*, 2000).

El análisis de conos da la información requerida para evaluar la productividad de semillas que 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. Esto es afectado principalmente por la falta y baja viabilidad de polen, daños por insectos y hongos (Bramlett, 1974; Bramlett *et al.*, 1977).

#### 2.4 Indicadores reproductivos y endogamia

Dentro del análisis de conos y semillas, las características asociadas a la capacidad reproductiva son: largo del cono, peso seco del cono, escamas fértiles, proporción de óvulos abortados, proporción de óvulos rudimentarios, proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas y el coeficiente de endogamia (Bramlett *et al.*, 1977; Mosseler *et al.*, 2000; Flores *et al.*, 2005).

Las características de los conos junto con la diversidad genética pueden servir como indicadores reproductivos para evaluar el estado genético y supervisar la viabilidad de las poblaciones pequeñas y aisladas (Mosseler y Rajora, 1998).

Estos indicadores reproductivos utilizados son el resultado del análisis de conos y semillas (Bramlett *et al.*, 1977). Los más utilizados son la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia, el primero se obtiene de la relación del peso seco de las semillas llenas con respecto del peso seco del cono y el segundo se obtiene de la proporción de semillas vanas con respecto al total de semillas desarrolladas (Mosseler *et al.*, 2000).

En un estudio realizado de *Pinus catarinae* se reporta que presenta un potencial de semillas de 11 semillas por cono, con una eficiencia de 20.93 %, produce en promedio 6 semillas vanas por cono, 2 semillas viables, en daños por hongos, bacterias e insectos y otros factores es de 2 semillas por cono, y presenta 2 óvulos abortados por cono (Lemus, 1999).

*Pinus pinceana* presenta un potencial promedio de 50 semillas por cono, con una eficiencia de 35 % y 65 % de pérdidas de semillas, que se deben principalmente a óvulos abortados, semillas vanas y solamente en la población Cañón de las Bocas por daños de insectos (Hernández, 2006). Las causas del aborto de los óvulos se le atribuyen principalmente a la falta de polinización, así como a la baja viabilidad de éste,

así mismo otro tipo de daño que frecuentemente provoca el aborto es el daño por plagas o enfermedades (Bramlett *et al.*, 1977; Prieto y Martínez, 1993).

En otro estudio realizado en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson se reporta que si hay diferencia entre potencial y eficiencia de semilla entre localidades, la mayor diferencia es entre Cañada del Puerto I que tuvo una eficiencia de semillas de 13 %, mientras que en la población La Tinaja la eficiencia de semilla fue del 2%. En cuanto a indicadores reproductivos de conos y semillas muestran que existe una gran pérdida de semillas por óvulos abortados, óvulos rudimentarios y semillas vanas, esto por endogamia que fue del 75 %, ya que las poblaciones son muy pequeñas y por lo tanto es probable que no exista una adecuada polinización cruzada (López, 2007).

Para *Picea mexicana* Martínez se encontró que en tres poblaciones naturales el índice de endogamia se relacionó negativamente con el peso de la semilla llena (100 semillas). Uno de los efectos asociados a la depresión endogámica ocasionada por la autofecundación es la reducción en tamaño de la semilla y el vigor inicial de las plántulas, lo que se traduce en la obtención de plántulas débiles y con menores tasas de crecimiento (Flores *et al.*, 2005).

El aislamiento reducido y la ubicación marginal de las poblaciones para diferentes coníferas se ha reportado que origina una pobre producción de semillas, donde el número de semillas vanas es alto, como resultado de una autopolinización produciéndose el fenómeno de endogamia y disminuye la capacidad reproductiva. Esa es una razón para poder llevar a cabo un análisis de semillas y la evaluación de su viabilidad, para conocer las condiciones en que se reproduce la especie y diseñar estrategias para su conservación (Mosseler y Rajora, 1998; Mosseler *et al.*, 2000).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción de las localidades de estudio

Las poblaciones sujetas a estudio fueron La Siberia y Laguna de Sánchez en el estado de Nuevo León, la tercera colecta fue cerro El Coahuilón, que pertenece al Ejido Mesa de las Tablas, en el Sureste de la Sierra de Arteaga y la cuarta colecta se realizó en el estado de Zacatecas, en el camino que va de Concepción del Oro a Mazapil, en el paraje El Dique (Cuadro 1, Figura 1 y Apéndice 1).

Cuadro 1. Características de localización de las poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert en Coahuila, Nuevo León y Zacatecas.

Población	Propiedad	Municipio	Estado	Altitud (msnm)	Coordenadas
Laguna de Sánchez	Comunidad Laguna de Sánchez	Villa de Santiago	Nuevo León	2223	25° 21' 26'' N 100° 20' 35'' O
El Coahuilón	Ejido Mesa de las Tablas	Arteaga	Coahuila	2720	25° 14' 49'' N 100° 23' 17'' O
Concepción del Oro	Ejido Salaverna	Mazapil	Zacatecas	2500	24° 37' 02'' N 101° 27' 59'' O
La Siberia	Ejido la Siberia	Zaragoza	Nuevo León	2620	23° 52' 02'' N 99° 48' 16'' O

(Fuente: López, 2005; Barrera, 2007)

#### 3.2 Muestreo y colecta de conos

El material utilizado para este trabajo consistió en una colecta de conos para cada población, los árboles seleccionados fueron de diámetros mayores de 10 cm (medidos a 1.30 m de la base del árbol), sin daños, con presencia de conos y con características fenotípicas deseables (dominantes y con menos bifurcaciones).

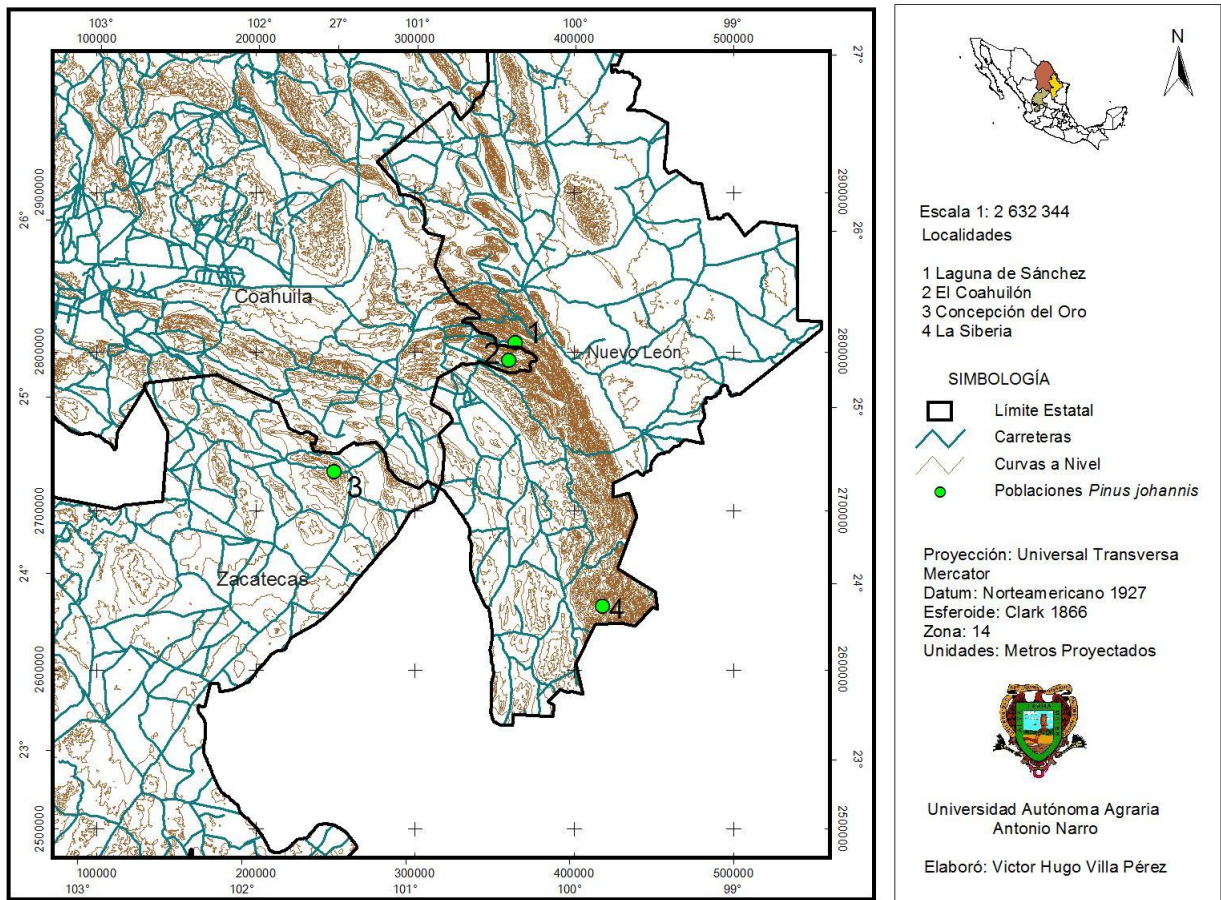


Figura 1. Ubicación y distribución de las poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert en Coahuila, Nuevo León y Zacatecas.

El número de árboles seleccionados fue variable, en el cerro El Coahuilón se colectaron 36 árboles, Concepción del Oro 45 árboles, La Siberia 33 árboles y Laguna de Sánchez 30 árboles; 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 metros entre árboles.

La colecta de los conos se realizó de manera manual, en 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. En la colecta se cortaron 10 conos por 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 número de árbol, el nombre de la población y la fecha de colecta.

Posteriormente, se trasladaron al laboratorio de ingeniería forestal del Departamento Forestal, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### 3.3 Análisis de conos y semillas

En el laboratorio cada cono fue separado y colocado en bolsas de papel estraza, cada bolsa se identificó con el número de árbol, número de cono y la localidad (utilizando un lápiz de cera). En esta actividad se perforaron las bolsas 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), las cuales fueron anotadas en el formato de análisis de conos y semillas (Apéndice 2). Ya medidos los conos se devolvieron nuevamente a las bolsas correspondientes y se dejaron secar en el laboratorio a una temperatura ambiente, sin sacarlos al sol.

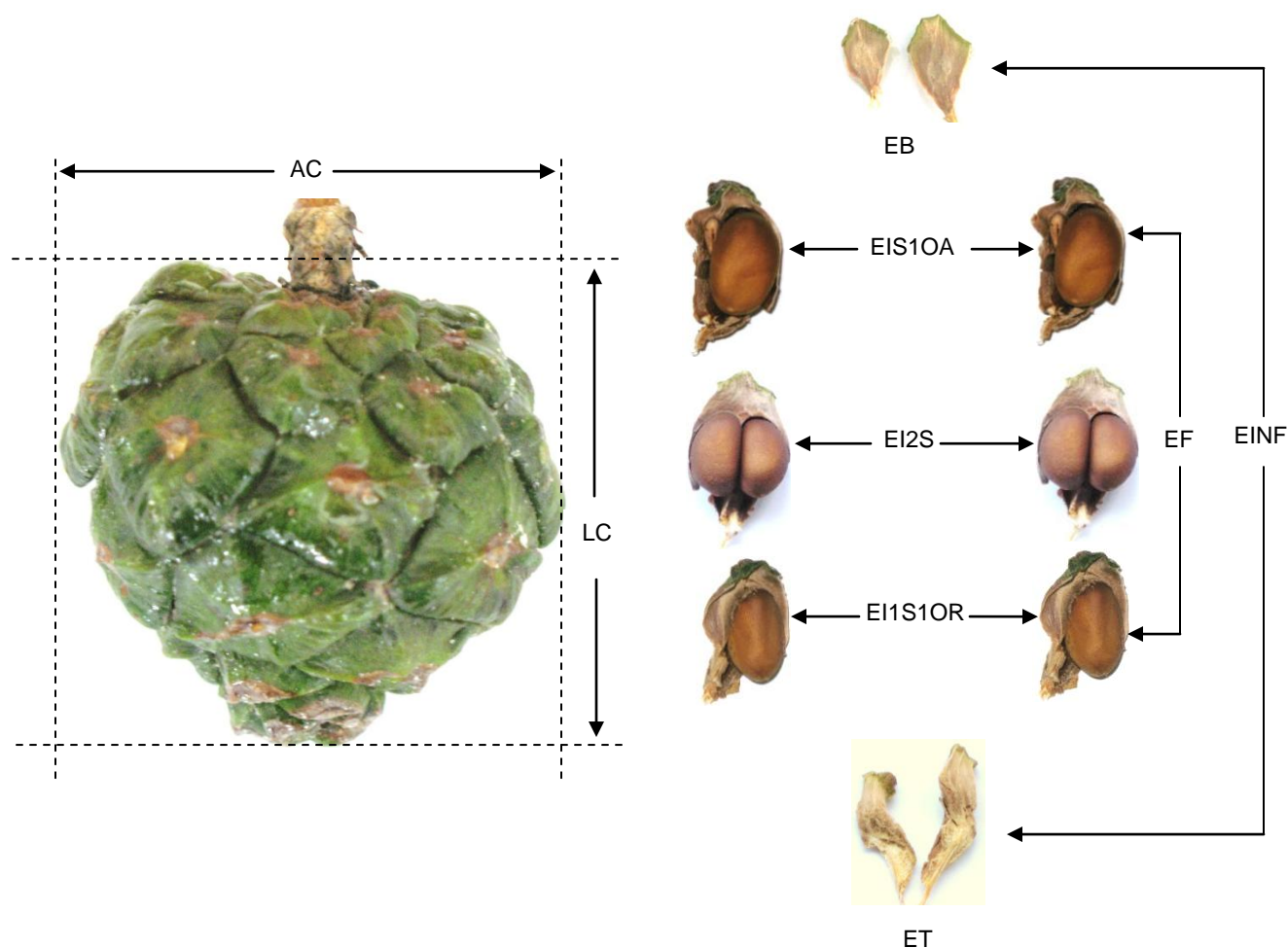
Cuando los conos estuvieron “secos” en un tiempo aproximado de 30 días se procedió a separar las escamas. A cada cono se le extrajeron manualmente las escamas, excepto para algunos en que se utilizó una navaja. Las escamas se extrajeron de manera sistemática, comenzando por las escamas basales, luego las intermedias y por último las terminales (Figura 2). 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 de escamas (fértils e infértiles) (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 24 horas, a una temperatura de  $102^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

La eficiencia de semillas se obtuvo separando las semillas desarrolladas y las semillas vanas; esto se hizo sumergiendo las semillas en alcohol etílico a 70° g.l. (Caron y Powell, 1989), con un tiempo de operación menor de un minuto. Las semillas llenas se hundieron y las vanas flotaron, se separaron del alcohol con un cedazo y



fueron colocadas sobre un papel absorbente durante cinco minutos, esto 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.



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 evaluadas para estimar la producción de semillas e indicadores reproductivos.

### 3.4 Producción de semillas

Los datos que se obtuvieron del análisis de conos y semillas de las cuatro poblaciones fueron capturados en Excel y después se pasó la información al paquete estadístico SAS, a través de éste se obtuvieron las medias de (OA) óvulos abortados, (OR) óvulos rudimentarios, (PS) potencial de semilla, (ES) eficiencia de semillas, (SLL) semillas llenas, (SV) semillas vanas, utilizando el procedimiento Means.

Para el cálculo de algunas variables utilizadas para este trabajo se utilizaron las siguientes ecuaciones.

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

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.

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

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 2008 (Mosseler, 1992):

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

Donde:

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

$\mu$  = es la media poblacional.

$\rho_i$  = es el efecto de la i-ésima población.

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

$\varepsilon_{ijk}$  = es el error experimental.

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

$$Y_{ijkl} = \mu + f_i + \rho_j + f \rho_{ij} + a_{k(j)} + af_{ki(j)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

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

$\mu$  = es la media poblacional.

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

$\rho_j$  = es el efecto de la j-ésima población.

$f \rho_{ij}$  = 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.

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

$\varepsilon_{ijkl}$  = 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 López (2005) en los cuales se hicieron unas correcciones en la población Concepción del Oro para la colecta 2003, así como también para la elaboración del Cuadro 6, 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 cuatro poblaciones para la colecta 2008.

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 dos poblaciones para tres fechas de colecta.

Dentro del paquete estadístico SAS se adecuaron las variables de la colecta 1998 y 2003 a las de este trabajo para comparar las tres 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

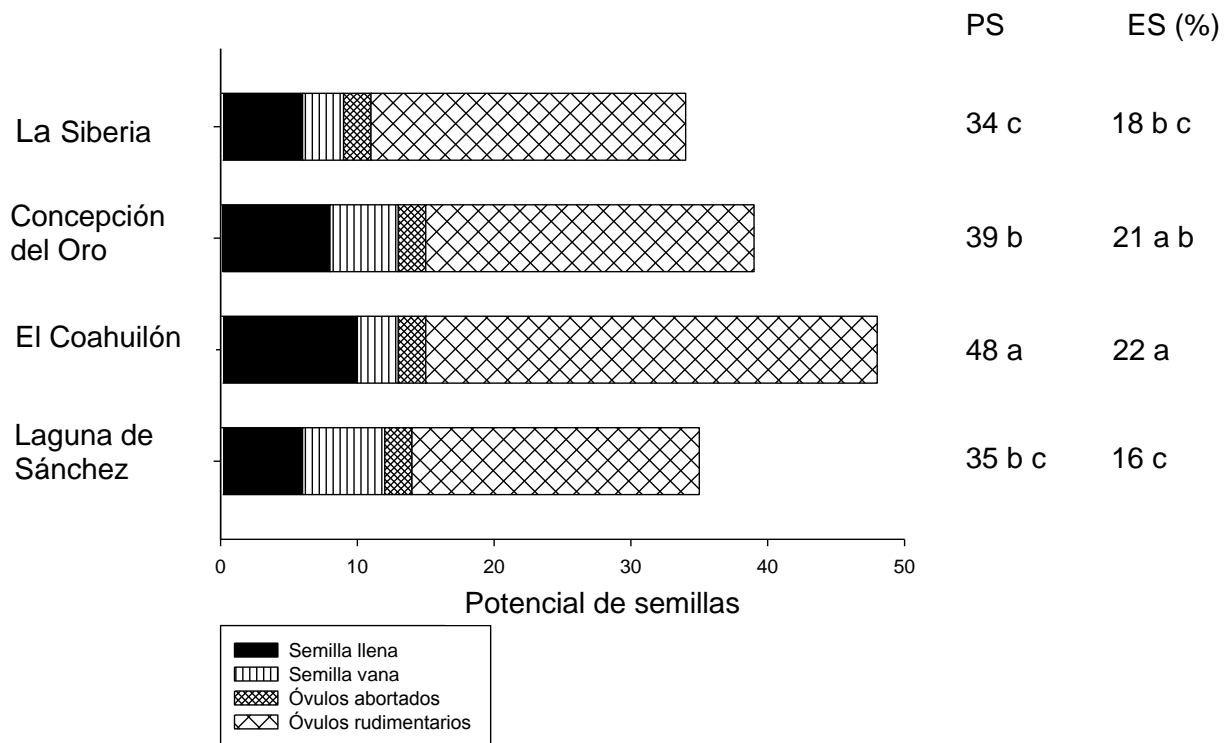
vanas, proporción de semillas llenas se transformaron con el arcoseno  $\sqrt{\text{proporción de semillas vanas}}$  y la variable coeficiente de endogamia se transformó con  $\sqrt{\text{coeficiente de endogamia}}$ . La transformación se realizó en SAS de acuerdo con el procedimiento de Box y Cox (1964).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Producción de semillas de cuatro localidades para la colecta 2008

#### 4.1.1 Potencial de semilla

De acuerdo al análisis de conos realizados en la colecta 2008 para las cuatro poblaciones naturales de *Pinus johannis*, El Coahuilón presenta el potencial de semillas más alto (48) y es diferente al resto de las poblaciones y los valores más bajos son para La Siberia (34) y para Laguna de Sánchez (35) (Figura 3).



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

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

Figura 3. Producción y pérdida de semillas de cuatro poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert para la colecta 2008.

Como se puede observar el potencial de semillas por cono fue variable entre las poblaciones de *Pinus johannis* (Figura 3), este resultado también se ha encontrado en

otros estudios (Cuadro 2). Lo anterior se debe a que existen diferentes años semilleros entre poblaciones de la misma especie y existe variación entre árboles en cada procedencia y entre procedencias (Bramlett *et al.*, 1977; Prieto y Martínez, 1993; Plancarte, 1990; Flores *et al.*, 2005; López, 2005).

Cuadro 2. Potencial de semillas de coníferas en diferentes localidades.

Especie	Potencial de semillas (rango)	Cita
<i>Pinus catarinae</i> M. F. Robert-Passini	11	Lemus (1999)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	23 (18 a 26) <sup>¶‡</sup>	López (2005)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	41 (34 a 48) <sup>¶‡</sup>	Trabajo actual
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	50 (44 a 66) <sup>¶‡</sup>	Hernández (2006)
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	64 (51 a 76) <sup>¶‡</sup>	Quiroz-Vásquez <i>et al.</i> (s. f.)
<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	90 (48 a 126) <sup>¶</sup>	Narváez (2000)
<i>Picea mexicana</i> Martínez	103 (91 a 116) <sup>¶‡</sup>	Flores <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz	125 (123 a 127) <sup>¶‡</sup>	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	128 (103 a 154) <sup>¶</sup>	Prieto y Martínez (1993)
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	137 <sup>¶‡</sup>	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	140 <sup>¶‡</sup>	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus greggii</i> Engelm.	161 (152 a 170) <sup>‡</sup>	Alba-Landa <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	193 (187 a 200) <sup>¶</sup>	Alba-Landa <i>et al.</i> (2003)
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov	199 (172 a 226) <sup>‡</sup>	Alba-Landa <i>et al.</i> (2001)
<i>Pinus greggii</i> Engelm.	252	Velasco (2008)
<i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson	266 (254 a 294) <sup>¶</sup>	López (2007)

<sup>¶</sup> Estudios realizados en diferentes poblaciones. <sup>‡</sup> Estudios realizados en diferentes años de colecta.

Es importante mencionar que la metodología de Bramlett *et al.* (1977) puede sobrestimar la cantidad de semillas que un cono puede producir (potencial de semillas), sobre todo si se trabaja con conos semi-esféricos, tal es el caso de *Pinus catarinae* población en Santa Catarina, Nuevo León, México, donde se encontraron escamas fértiles que no tenían la capacidad de producir dos óvulos funcionales solamente uno. Para estimar un potencial de semilla más real y no sobrestimar el potencial de semilla se propuso aplicar una ecuación alterna, con la cual se obtuvo un potencial de 11

semillas por cono (Lemus, 1999) valor más bajo que el calculado por el procedimiento de Bramlett *et al.*, (1977) de 15 semillas.

#### 4.1.2 Eficiencia de semilla

La eficiencia de semillas se considera como la cantidad de semillas llenas con relación al potencial de semillas, por lo regular se expresa en porcentaje (Bramlett *et al.*, 1977). Para este estudio se encontró una eficiencia de semillas promedio de 19 % de las cuatro poblaciones naturales de *Pinus johannis*; donde el porcentaje más bajo de eficiencia de semillas se presentó en la población Laguna de Sánchez con 16 %, sin embargo estadísticamente es igual para La Siberia con 18 %, el valor más alto se presentó para El Coahuilón con 22 % y es similar a Concepción del Oro con 21 % (Figura 3).

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 (Prieto y Martínez, 1993). Otro factor que afecta la cantidad de semillas llenas es el tamaño del cono y su posición en el árbol, ya que los conos más grandes se encuentra en la parte superior de la copa del árbol y mientras más grande sea el cono es capaz de producir un mayor número de semillas llenas (Lyons, 1956).

Los valores de eficiencia de semilla encontrados en *Pinus johannis* son variables a los encontrados en estudios de otras coníferas (Cuadro 3). Sin embargo, la producción de semilla se puede incrementar mediante la identificación de los factores que provocan las pérdidas de semilla (Bramlett *et al.*, 1977).

La eficiencia de semillas es relativa ya que las poblaciones con mayor densidad y amplia distribución producen una mayor cantidad de polen, lo que aumenta la producción de semillas llenas y reduce la posibilidad de autofecundación, y por lo tanto se evita el aumento de endogamia (Schemske y Lande, 1985; Flores *et al.*, 2005). Sin embargo, en poblaciones pequeñas disminuye la capacidad de los individuos para



reproducirse y desarrollarse, al aumentar la endogamia producto de la autofecundación o polinización entre árboles emparentados (Mosseler *et al.*, 2000).

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>Picea martinezii</i> T. F. Patterson	7% (2 a 13%) ¶	López (2007)
<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	8 %¶‡	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus tecunumanii</i> Eguiluz	8 %¶‡	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	8 % (4 a 12 %) ¶‡	López (2005)
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	13 % ¶‡	Isaza <i>et al.</i> (2002)
<i>Picea mexicana</i> Martínez	13.5 % (9 a 18%) ¶‡	Flores <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	19% (16 a 22%) ¶‡	Trabajo actual
<i>Pinus catarinae</i> M. F. Robert-Passini	20.9 %	Lemus (1999)
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	35 % (0 a 54 %) ¶‡	Hernández (2006)
<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	37 % (4.4 a 80.7 %) ¶	Narváez (2000)
<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	68.8 % (65.2 a 72.4 %) ¶	Prieto y Martínez (1993)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	71.5 % (68 a 75 %) ¶	Alba-Landa <i>et al.</i> (2003)
<i>Pinus Pinceana</i> Gordon	75.4 % (71.2 a 80.2 %) ¶‡	Quiroz-Vásquez <i>et al.</i> (s. f.)
<i>Pinus greggii</i> Engelm.	78.9 % (70.8 a 86.9 %) ‡	Alba-Landa <i>et al.</i> (2005)

¶ Estudios realizados en diferentes poblaciones. ‡ Estudios realizados en diferentes años de colecta.

#### 4.1.3 Pérdida de semillas

Los resultados indican valores altos en pérdida de semillas. En el análisis de conos y semillas se tiene que en el proceso de producción, la cantidad de óvulos abortados es igual para las cuatro poblaciones naturales de *Pinus johannis* con un promedio de dos óvulos por cono (Figura 3 y Apéndice 3).

En un estudio realizado de *Picea mexicana* Martínez, se encontró que la alta proporción de óvulos abortados en tres poblaciones se debe probablemente a una

deficiente producción y viabilidad del polen, ya que no se encontró evidencias de daños por insectos (Flores *et al.*, 2005). El aborto de óvulos se debe a que el polen no está disponible cuando las flores femeninas están desarrolladas. Otra de las causas es por daños por insectos y hongos, causando el aborto de un alto porcentaje de óvulos (Bramlett *et al.*, 1977).

En el presente estudio la población El Coahuilón es la que presenta la mayor cantidad de óvulos rudimentarios (33.1) en comparación con La Siberia, Concepción del Oro y Laguna de Sánchez que son similares (23.3, 24.3 y 20.7) (Figura 3 y Apéndice 3). Las causas de óvulos rudimentarios se pueden deber a que el polen no está disponible cuando las flores femeninas están desarrolladas, por la presencia de dos genes letales y daños por hongos (Bramlett *et al.*, 1977).

En cuanto a semillas vanas, la población Laguna de Sánchez es la que presenta la mayor cantidad con seis, sin embargo se presentan resultados similares de 2.6 semillas para El Coahuilón y 2.5 semillas para La Siberia (Figura 3). La presencia de genes letales recesivos para un mismo parámetro en las fases tempranas del embrión, tienen un efecto de disminución en el número de semillas llenas por cono (Bramlett *et al.*, 1977).

#### 4.2 Comparación de la producción en dos poblaciones para dos años de colecta.

En *Pinus johannis* para dos poblaciones (El Coahuilón y Concepción del Oro) se encontró que el número de semillas vanas es igual para Concepción del Oro en las dos fechas de colecta (1998 y 2003), sin embargo El Coahuilón es diferente en las dos colectas, entre poblaciones son diferentes a nivel de promedios (Cuadro 4).

En cuanto a óvulos abortados del primer año las dos poblaciones (El Coahuilón y Concepción del Oro) son diferentes entre fechas de colecta y entre poblaciones. Sin embargo en cuanto a óvulos abortados del segundo año El Coahuilón es igual en las colectas 1998 y 2003 sin embargo Concepción del Oro es diferente entre colectas, entre poblaciones son iguales a nivel de promedios (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias para características reproductivas de semillas de dos poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert evaluados en dos años de colecta.

Características	Poblaciones	Años de colecta		Media
		1998	2003	
Número de Semillas llenas	El Coahuilón	4.61 a B	0.83 b B	2.34 B
	Concepción del Oro	9.52 a A	2.37 b A	5.81 A
Número de Semillas vanas	El Coahuilón	3.76 b A	6.41 a A	5.35 A
	Concepción del Oro	2.54 a B	2.60 a B	2.57 B
Óvulos abortados del primer año	El Coahuilón	8.93 b B	18.40 a A	14.08 A
	Concepción del Oro	11.92 b A	19.48 a A	7.94 B
Óvulos abortados del segundo año	El Coahuilón	0.36 a B	0.45 a A	0.42 A
	Concepción del Oro	0.86 a A	0.27 b A	0.55 A
Potencial de semillas	El Coahuilón	17.67 b B	26.09 a A	22.72 B
	Concepción del Oro	24.85 a A	24.73 a A	24.79 A
Eficiencia de semillas	El Coahuilón	25.91 a B	3.42 b B	12.42 B
	Concepción del Oro	37.04 a A	9.28 b A	22.63 A

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.

El potencial de semillas es igual para Concepción del Oro en las dos fechas de colecta (1998 y 2003) sin embargo El Coahuilón es diferente entre ellas, en cambio entre poblaciones estadísticamente son iguales para la colecta 2003. Sin embargo, en la colecta de 1998 son diferentes (Cuadro 4 y Apéndice 4).

El potencial de semillas es diferente para cada especie de *Pinus* y varía de una región a otra aún en la misma especie y también de un año a otro (Bramlett *et al.*, 1977; Plancarte, 1998; Prieto y Martínez, 1993; Flores *et al.*, 2004). Más ejemplos de la variación en el potencial de semillas se presentan en el Cuadro 2.

Para este estudio se encontró que la eficiencia de semillas es diferente entre años de colecta y entre poblaciones, sin embargo para la colecta 2003, las poblaciones el Coahuilón y Concepción del Oro obtuvieron los valores más bajos a comparación de la colecta de 1998 (Cuadro 4). En otros estudios se ah encontrado que la eficiencia de semillas es diferente o igual entre años (Cuadro 3). La eficiencia de semillas es relativa entre poblaciones y años, debido a la escasez o poca viabilidad de polen (Bramlett *et al.*, 1977). Las poblaciones aisladas tienen poca eficiencia de semillas, debido a que en poblaciones más grandes existe más polen y en poblaciones pequeñas existe menos polen y se presentan problemas de endogamia (Mosseler y Rajora 1998; Mosseler *et al.*, 2000)

#### 4.3 Indicadores reproductivos para tres fechas de colecta de semillas.

En la característica longitud del cono entre años de colecta las dos poblaciones (Concepción del Oro y El Coahuilón) son iguales para 1998 y 2008, pero diferentes para la colecta 2003. Entre poblaciones (Concepción del Oro y El Coahuilón) ambas son diferentes a nivel de promedio de los tres años (1998, 2003 y 2008) (Cuadro 5). Flores *et al.* (2005) encontraron en *Picea mexicana* que el tamaño del cono (longitud y peso seco) se relacionó en forma positiva con la proporción de semillas y el tamaño de semillas (peso de 100 semillas). Bramlett *et al.* (1977) menciona que la reducción en tamaño de cono puede ser resultado de una escasa polinización; en los pinos los conos son más grandes cuando hay una polinización adecuada.

Con respecto a escamas fértiles entre años de colecta la población Concepción del Oro es igual para la colecta 1998 y 2003, pero diferente a 2008, sin embargo El Coahuilón es diferente en las tres fechas de colecta (1998, 2003 y 2008). En cambio entre poblaciones las dos son iguales en cuanto al promedio (Cuadro 5).

Para la proporción de semillas vanas entre años de colecta la población el Coahuilón es igual para la colecta 1998 y 2003 pero diferente a la de 2008, sin embargo Concepción del Oro es diferente en las tres fechas de colecta. Entre poblaciones, El Coahuilón presentó los valores mayores (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias para indicadores reproductivos de conos y semillas de dos poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert evaluados en tres años de colecta.

Características	Poblaciones	Años de colecta			Media
		1998	2003	2008	
Longitud de cono (mm)	Concepción del Oro	32.65 a A	23.48 b B	32.33 a B	30.19 B
	El Coahuilón	32.87 a A	30.34 b A	34.60 a A	32.71 A
Escamas fértiles	Concepción del Oro	12.42 a A	12.36 a A	10.48 b A	11.40 A
	El Coahuilón	8.83 c B	13.03 a A	11.15 b A	11.27 A
Proporción de semilla vana	Concepción del Oro	0.10 c B	0.11 b B	0.20 a A	0.16 B
	El Coahuilón	0.22 a A	0.25 a A	0.11 b B	0.19 A
Proporción de semilla llena <sup>†</sup>	Concepción del Oro	0.37 a A	0.09 b A	0.40 a B	0.31 A
	El Coahuilón	0.26 b B	0.03 c B	0.48 a A	0.27 B
Coeficiente de endogamia <sup>¶</sup>	Concepción del Oro	0.21 c B	0.53 a B	0.33 b A	0.35 B
	El Coahuilón	0.44 b A	0.87 a A	0.18 c B	0.48 A

<sup>†</sup> Eficiencia de semillas. <sup>¶</sup> Semillas vanas/semillas desarrolladas. 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.

Es probable que este resultado se deba a que la población El Coahuilón es más pequeña que la de Concepción del Oro, lo que podría implicar menor número de individuos (Barrera, 2007) y a su vez que se estén reproduciendo entre parientes y presentarse problemas de endogamia, lo que es el resultado de la fragmentación en pequeñas poblaciones y el aislamiento (Mosseler *et al.*, 2000).

Para semillas llenas en la colecta 1998 y 2008 es igual para la población Concepción del Oro, pero ambas colectas son diferentes a la colecta de 2003, para la población El Coahuilón es diferente para las tres fechas de colecta. Entre poblaciones Concepción del Oro es la que presenta el promedio más alto en cantidad de semillas llenas (Cuadro 5).

Para coeficiente de endogamia las dos poblaciones son diferentes (Concepción del Oro y El Coahuilón) en los tres años de colecta y entre poblaciones ambas son diferentes siendo El Coahuilón la que presenta los valores elevados de índice o coeficiente de endogamia (0.48) (Cuadro 5). Este índice representa la proporción de semillas vanas respecto al total de semillas desarrolladas y refleja los efectos de la endogamia.

La endogamia es un factor que influye en el incremento de semillas vanas en decremento de la producción de semillas llenas por cono o eficiencia de semilla. Sin embargo en poblaciones pequeñas disminuye la capacidad de los individuos para reproducirse y desarrollarse, al aumentar la endogamia producto de la autofecundación o polinización entre árboles emparentados (Mosseler *et al.*, 2000).

## 5 CONCLUSIONES

La población El Coahuilón presentó los valores más altos en potencial de semilla y eficiencia de semilla en comparación a las poblaciones Laguna de Sánchez y La Siberia que presentan la mayor pérdida de semillas para la colecta 2008.

La población Concepción del Oro presentó los valores más altos en potencial y eficiencia de semillas en comparación a El Coahuilón que tuvo la mayor pérdida de semillas para las colectas 1998 y 2003.

Los valores de proporción de semillas llenas son bajos tanto para la población Concepción del Oro como para El Coahuilón durante los tres años de colecta, esto como resultado de pérdida de semillas.

Los indicadores reproductivos de conos y semillas muestran que la población Concepción del Oro durante los tres años de colecta sobresale en mayor proporción de semillas llenas y como consecuencia un coeficiente de endogamia menor en comparación a la población El Coahuilón.

## 6 RECOMENDACIONES

Continuar el monitoreo de la producción de semillas en las poblaciones estudiadas e integrar nuevas, considerando la evaluación de la producción de conos por árbol y determinar los años de producción asociándolos con variables ambientales.



## 7 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.
- Alba-Landa J., L. C. Mendizabal-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.
- Arriaga L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez, y E. Loa. 2000 [en línea], *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. 2000. <[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp\\_079.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_079.pdf)> [Consulta: 5 de Marzo de 2010].
- Bailey., D. K. y G. Hawksworth F. 1983. Pinaceae of the Chihuahuan Desert region. *Phytologia* 53(3): 226-234.
- 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. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 40 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.
- 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, U.S.A. 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. U. S. A. 28 p.
- Caron, G. E., and G. R. Powell. 1989. Cone size and seed yield in young *Picea mariana* trees. *Canadian Journal of Forest Research*. 19: 351-358.
- Eguiluz P., T. 1987. Evolución de los pinos piñoneros Mexicanos. *In // Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros*. Centre d'Etudes Mexicaines et Centramericaines. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 84 – 89 pp.

- Farjon, A. y B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora neotropica monograph 75 Organization for Flora Neotropica, The New York Botanical Garden. New York. U.S.A. 291 p.
- Flores L., C., J. López U., J. J. Vargas H. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. *Agrociencia* 39:117-126.
- Fonseca J., R. M. 2003. De piña y piñones. *Ciencias* 69: 64-65.
- García A., A. y M. F. Pasinii. 1993. Distribución y ecología de *Pinus johannis* Robert. *Phytologia* 74(2): 125-127.
- García M., E. 1985. Estado actual de conocimiento de los piñonares. *In: I Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros*. Facultad de silvicultura y manejo de recursos renovables. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 1-18 pp.
- Hernández S., P. 2006. Producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de *Pinus pincheana* Gordon. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 32 p.
- 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. Informe de Investigación No. 187. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 9 p.
- Lemus S., J. L. 1999. Maduración de conos, producción y viabilidad de la semilla de *Pinus catarinae* M. F. Robert-Passini. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 125 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 R., E. 2007. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 31 p.
- Lyons, L. A. 1956. The Seed production capacity and efficiency of red pine cones (*Pinus resinosa* Ait.). *Canadian Journal of Botany* 34: 27 – 36.
- 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, y O.P. Rajora. 2000. Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. *Canadian Journal of Botany* 78:928-940.
- Mosseler, A., y O.P. Rajora. 1998. Monitoring population viability in declining tree species using indicators of genetic diversity and reproductive success. *In: Environmental Forest Science*. Edited by K. Sissa. Kower Academic Publishers, Dordrecht, the Wetherlands. pp. 333-344.

- Narváez F., R. 2000. Estimación de la cosecha de semilla de *Pinus arizonica* Engelm., con base a la producción de conos, en la región de Madera, Chih. INIFAP. Folleto Técnico No. 12. México. 20 p.
- Perry, J., P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, U.S.A. 231 p.
- Plancarte B., A. 1990. Variación en longitud de cono y peso de semilla en *Pinus greggii* Engelm de tres procedencias de Hidalgo y Querétaro. Nota Técnica No. 4. Centro de Genética forestal, A.C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. 3 p.
- \_\_\_\_\_ 1988. Rendimiento de semilla de dos procedencias de rodales de *Pinus greggii* Engelm. Nota técnica N° 2. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. 4 p.
- Prieto R., J. A y J. Martínez A. 1993. Análisis de conos y semillas en dos áreas semilleras de *Pinus cooperi*. Folleto científico No 1. SARH, INIFAP, Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo Experimental "Valle del Guadiana". Durango, Dgo. México. 18 p.
- Quiroz-Vázquez R., I., J. López-Upton, V. M. Cetina-Alcalá, G. Ángeles-Pérez y A. Trinidad-Santos, [s. f.] Reproductive viability of *Pinus pinceana* Gordon in the state of Hidalgo, México. [Inédito].
- Robert, M. F. 1977. Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. En México. Ciencia Forestal 2(10): 49-58.
- Robert, M. F. 1978. Un nouveau pin pignon mexicain: *Pinus johannis* M.-F. Robert. Adansonia. Serie 2. 18 (3): 365-373.
- Romero, M., R. 1995. Variación morfológica en conos y semillas en poblaciones naturales de *Pinus durangensis* Martínez. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 94 p.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- 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 selffertilization and inbreeding depression in plants. II. Empirical observations. Evolution 39: 41-52.
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestre – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. D. O. F. 23 de abril de 2003. México. 153 p. [En línea]. 25 de febrero de 2010. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/forestalsuelos/Pages/anuariosforestales.aspx>

Velasco V., R.F. 2008. Producción de semilla e indicadores reproductivos de *Pinus greggii* Engelm., en Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 38 p.

Williams-Linera G., G. Halffter y E. Ezcurra. 1992. Estado de la biodiversidad en México. *In: La diversidad biológica de Iberoamerica I*. Copilador Gonzalo Halffter. Acta Zoológica Mexicana, volumen especial. CYTED-D, Instituto de Ecología, A.C., Secretaría de Desarrollo Social. Xalapa, Ver., México. pp. 285-312.

## APÉNDICE

Apéndice 1. Imágenes de las poblaciones consideradas en este estudio *Pinus johannis*  
M.-F Robert.



La Siberia, Ejido la Siberia, Zaragoza, Nuevo León. (Fotografías tomadas por Celestino Flores López).



Concepción del Oro, Ejido Salaverna, Mazapil, Zacatecas. (Fotografías tomadas por Celestino Flores López).

Apéndice 1. Imágenes de las poblaciones consideradas en este estudio *Pinus johannis*  
M.-F Robert. Continuación.



Coahuilón, Ejido Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila. (Fotografías tomadas por Celestino Flores López).



Laguna de Sánchez, Comunidad Laguna de Sánchez, Villa de Santiago, Nuevo León.  
(Fotografías tomadas por Celestino Flores López).

Apéndice 2. FORMATO DE ANÁLISIS DE CONOS Y SEMILLAS DE *Pinus johannis* M.-F Robert

PROPIEDAD: \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ ESTADO: \_\_\_\_\_  
 LOCALIDAD: \_\_\_\_\_ FECHA DE COLECTA: \_\_\_\_\_ FECHA DE EVALUACIÓN \_\_\_\_\_

ARB	Nº CON	LC	AC	OA1	OA2	SV	SLL	SDIHB	SDV	SD	E S C A M A S						TOTAL	
											ESCAMAS INFÉRTILES			ESCAMAS FÉRTILES				
											EBSOA	ETSOA	EISO	E1SSOA	E1SOA	EI2S		EI1OASO
	1																	
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
	6																	
	7																	
	8																	
	9																	
	10																	

Donde: ARB= Árbol; Nº CON=Número de cono; LC = longitud del cono; AC=Diámetro del cono; NSC=Número de semillas por una cara 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; EI1OASO=Escama intermedia con un óvulo abortado y sin óvulo (Un óvulo rudimentario); EI2OA= escama intermedia con 2 óvulos abortados.

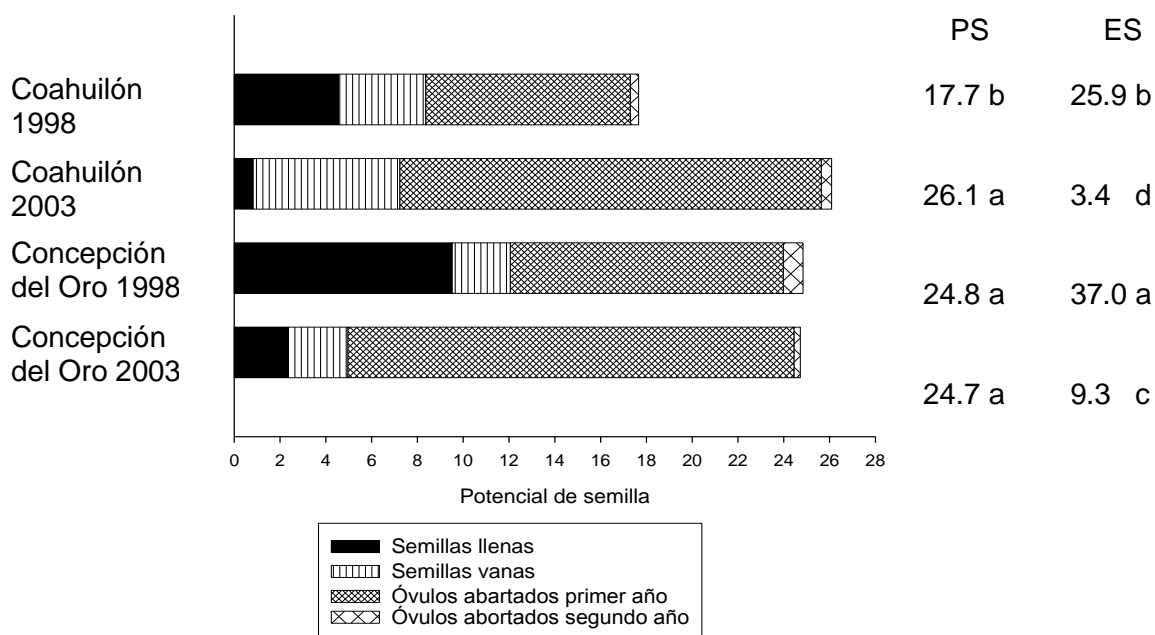


Apéndice 3. Comparación de medias para características reproductivas de semillas de cuatro poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert para la colecta 2008.

Poblaciones	Variables					
	SLL	SV	OA	OR	PS	ES
La Siberia	6.2 c	2.5 c	2.0 a	23.3 b	34.0 c	18.4 b c
Concepción del Oro	8.0 b	4.6 b	2.3 a	24.3 b	39.3 b	21.1 a b
El Coahuilón	10.6 a	2.6 c	1.7 a	33.1 a	48.0 a	22.5 a
Laguna de Sánchez	5.8 c	6.5 a	1.9 a	20.7 b	35.0 b c	16.4 c

Nota: medias con diferentes letras son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), determinadas por la prueba de diferencia mínima significativa. SLL= semillas llenas, SV= semillas vanas, OA= óvulos abortados, OR= óvulos rudimentarios, PS= potencial de semilla, ES= eficiencia de semillas.

Apéndice 4. Producción y pérdida de semillas de dos poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert evaluados en dos años de colecta.



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

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