

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL



Producción e Indicadores Reproductivos de Conos y Semillas de *Pinus johannis*  
M.-F. Robert en Cuatro Periodos de Colecta, en Poblaciones Naturales del  
Noreste de México

Por:

**DIANA LIZETT CORONA MORA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Producción e Indicadores Reproductivos de Conos y Semillas de *Pinus johannis*  
M.-F. Robert en Cuatro Periodos de Colecta, en Poblaciones Naturales del  
Noreste de México

Por:

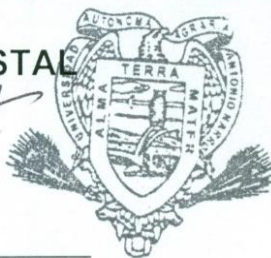
**DIANA LIZETT CORONA MORA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada



Dr. Celestino Flores López  
Asesor Principal

DEPARTAMENTO FORESTAL

  
M.C. Salvador Valencia Manzo  
Coasesor

  
Dra. Patricia Delgado Valerio  
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Junio, 2015

Esta tesis fue apoyada por el proyecto de investigación “Aproximación molecular para la evaluación genética de áreas productoras de semillas y de conservación en especies del género *Pinus*” Clave 176167, aprobado por el fondo sectorial CONAFOR-CONACYT 2012, como responsable Dr. Celestino Flores López y Dra. Patricia Delgado Valerio. También por el proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38.111.3613.2122, como responsable el Dr. Celestino Flores López.

## AGRADECIMIENTOS

*“Gracias es una palabra que une al cielo y la tierra”*

Si tuviera que nombrar a todos los seres que formaron y a los que forman parte de mi vida y que de alguna manera han influenciado en mi carrera profesional, posiblemente tendría que usar todas las páginas de este trabajo y seguramente dejaría fuera algunos que he dejado de recordar y que no son menos importantes.

Solo me queda decir: gracias familia; a mis padres y hermanos, por estar y ser, por su sinceridad y apoyo no solo en mi carrera, también en mi vida. De cada uno de ustedes he aprendido cosas que seguramente una escuela no enseña, *los admiro y los amo* y han sido parte importante de mi formación personal.

Gracias, muchas gracias asesores, profesores, amigos y compañeros, gracias conocidos y a todos los que me dejaron ser parte de su vida, a los que ya me olvidaron y gracias, a los que ya olvidé. Gracias a los que vendrán y a los que se irán, gracias a los de aquí y a los de allá.

Gracias a Dios, a los Dioses, a la Madre Tierra, por brindarnos este espacio, tan rico y tan basto, por esos días fríos y por aquellos soleados, por las noches oscuras y por las llenas de luz. Con amor y gratitud, te ofrezco mi amoroso agradecimiento, por el agua, por la tierra, por el fuego, por las plantas, por los animales, por la humanidad, por los colores, ¡Gracias!

Gracias a las instituciones, organizaciones y personas que influenciaron y apoyaron mi formación más allá de lo profesional, personal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Pronatura Sur, CECFOR No1.

## DEDICATORIA

Con el más sincero amor a mis PADRES, lo más cercano a lo divino y el puente que me trajo aquí, a este mundo; a mis HERMANOS. No basta dedicar este trabajo, pero es una muestra del agradecimiento.

Dedicado a todo aquel que le sea útil y que este luchando por un ambiente mejor, para aquel que busca el bienestar social y se preocupa por el porvenir.

Dedicado a la Madre Naturaleza, que cada día me brinda un regalo que me inspira y que me dice que mi profesión es la mejor escuela.

*A mi ser, a mi alma, a mi espíritu...*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general .....	2
1.1.1 Objetivos particulares .....	2
1.2 Hipótesis.....	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Estatus taxonómico de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert.....	3
2.2 Descripción botánica .....	4
2.3 Distribución.....	4
2.4 Usos de la especie y la problemática a la que se enfrenta.....	5
2.5 Desarrollo y morfología de conos y semillas .....	7
2.6 Análisis de conos y semillas como indicadores reproductivos.....	8
3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
3.1 Distribución de las localidades de estudio.....	11
3.2 Muestreo y colecta de conos .....	13
3.3 Análisis de conos y semillas .....	14
3.4 Análisis estadístico de producción de semillas.....	17
3.4.1 Colectas 1998 ,2003 y 2008.....	19
3.5 Semilla dañada y factores ambientales .....	19
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1. Potencial de semillas .....	23
4.2 Eficiencia de semilla .....	27

4. 3 Indicadores reproductivos.....	29
4.3.1 Proporción de semilla llena.....	29
4.3.2 Índice de endogamia .....	33
4.3.3 Proporción de óvulos abortados de primer año .....	35
4.3.4 Proporción de óvulos abortados de segundo año .....	36
5 CONCLUSIONES.....	39
6 RECOMENDACIONES.....	40
7 LITERATURA CITADA .....	41

## ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Características generales de las poblaciones de colecta de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert. ....	11
Cuadro 2. Comparación de medias por año de colecta y por población, para potencial y eficiencia de <i>Pinus johannis</i> M.-F, Robert. ....	25
Cuadro 3. Comparación de potencial y eficiencia de semillas, entre diferentes especies de coníferas. ....	26
Cuadro 4. Comparación de medias por año de colecta y por población, para indicadores reproductivos de <i>Pinus johannis</i> M.-F Robert. ....	28



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de las localidades de colecta de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert.....	12
Figura 2. Caracterización morfológica de conos y semillas <i>Pinus johannis</i> M.-F Robert, para estimar la producción de semillas e indicadores reproductivos.....	17
Figura 3. Guía para la interpretación de tabla resultante de análisis estadísticos.....	21
Figura 4. Identificación de daños por insecto, para las poblaciones en diferente periodo de colecta.....	38

## ÍNDICE DE APÉNDICE

Página

Apéndice 1. Tendencia de medias para cada característica evaluada en *Pinus johannis* M.-F. Robert de acuerdo al año de colecta. .... 48

Apéndice 2. Tendencia de precipitación, donde se muestra el descenso mayormente marcado en 2011, con efectos para 2012. .... 48

Apéndice 3. Equipo de rayos X (CONAFOR, Veracruz), utilizado para el análisis de semillas de *Pinus johannis* M.F Robert..... 49

Apéndice 4. Inmovilización de semillas de *Pinus johannis* M.F Robert y etiquetado para su análisis en el equipo de rayos X. .... 49

Apéndice 5. Proceso para el analisis de la semilla dentro del equipo de rayos X y, obtencion de la imagen digital..... 50

Apéndice 6. Resultados de ratificación con rayos X en semillas para la población de San Antonio de la Osamenta.....50

## RESUMEN

*Pinus johannis* es una conífera predominantemente dioica del grupo de los piñoneros, presenta una distribución limitada y se encuentra enlistada en la NOM-059 como especie sujeta a protección especial. Las condiciones donde se desarrolla como suelos pobres, y tolerante a la sequía, la hace una especie resistente, por lo cual se recomienda para reforestaciones en zonas áridas y erosionadas. Por la importancia que representa la especie, el objetivo de este estudio tuvo la finalidad de evaluar la producción de conos y semillas, por medio de los indicadores reproductivos.

En el año 2012 se realizó la colecta en cinco poblaciones naturales de *P. johannis* distribuidas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas. Para la colecta se eligieron veinte árboles en promedio por población, a los cuales se le extrajeron en promedio diez conos por árbol. Para el análisis de los datos, se integraron datos de colectas de los años 1998, 2003 y 2008. De acuerdo con el manual de análisis de conos y semillas, se estimó el potencial y eficiencia de semillas. La viabilidad de la semilla se obtuvo a partir de separación por densidad, y por medio de rayos X como medio de ratificación.

Para la evaluación de conos y semillas se realizó el análisis de varianza utilizando un modelo de clasificación anidada para dos variables de producción y cuatro de indicadores reproductivos.

De acuerdo a las medias, se encontraron diferencias significativas, entre años y entre poblaciones. La producción en las poblaciones de *Pinus johannis*, están siendo afectadas principalmente por efectos de endogamia, presencia de insectos y efectos ambientales.

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

Correo electrónico; Diana Lizet Corona Mora; [dianalizett.uaaan@gmail.com](mailto:dianalizett.uaaan@gmail.com)

## ABSTRACT

The *Pinus johannis* is a predominantly dioecious conifer of the pinyon group, has limited distribution and is listed in the NOM-059 as a species into a special protection. The conditions where it grows as in poor soils and drought tolerant, which makes it a hardy species, so it is recommended in reforestation in arid and eroded areas. By the importance that the species has, the aim of this study was to evaluate the production of cones and seeds, through the reproductive indicators.

In 2012 the collection was performed in five natural populations of *Pinus johannis* distributed in the states of Coahuila, Nuevo León and Zacatecas. For collecting, twenty trees that were chosen on average per population, which was extracted ten cones per tree chosen on average. For the analysis of data were integrated collections from the year 1998, 2003 and 2008. According to the manual of analysis of cones and seeds, potential and seed efficiency was estimated. The viability of the seed was obtained from density separation, and X-rays as a means of ratification.

For cone and seed evaluation an analysis of variance was performed using a nested classification model for two production variables and four reproductive indicators.

According to the average, significant differences between years and between populations they were found. Production of *Pinus johannis* populations are being affected primarily by the effects of inbreeding, insects and environmental effects.

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

## 1 INTRODUCCIÓN

Se considera que el endemismo de coníferas en el país es alto, ya que de las noventa y cuatro especies que hay, cuarenta y tres de ellas son endémicas de México. Para el género *Pinus*, mundialmente se tienen registradas alrededor de cien especies de las cuales veintidós especies son endémicas del país (Fonseca, 2003; Gernandt y Pérez- de la Rosa, 2014).

Dentro del género *Pinus*, el grupo de los piñoneros; en México está representado por quince especies (Fonseca, 2003). Los piñoneros forman bosques de poca extensión y en su mayoría son especies que se desarrollan sobre laderas montañosas, rocosas e inclinadas, en zonas de aridez y con suelos delgados, se distribuyen principalmente en los estados del norte del país y contribuyen a una formación estable de bosques; algunas de las especies son usadas para reforestar regiones áridas y erosionadas, sin dejar a un lado que forman parte de una fuente importante de alimento (Fonseca, 2003; Pérez *et al.*, 2003)

*Pinus johannis* M.-F. Robert. es una especie que pertenece al grupo de los piñoneros, es endémica del país y actualmente se encuentra enlistada dentro de la Norma NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de “sujeta a protección especial” debido a que tiene una distribución restringida, además de que está considerada como la única en su género que presenta unisexualidad (dioica), asimismo por los beneficios ecológicos y alto valor nutricional de sus frutos. Debido a lo anterior es de suma importancia generar información y conocimiento que ayude a la recuperación de sus poblaciones (Perry, 1991; Fonseca, 2003; SEMARNAT, 2010; Romero *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2013b).

A pesar de la amplia diversidad que existe en el país, la información de muchas de las especies es insuficiente tal es el caso de *Pinus johannis*. Por otro lado existe la necesidad de contar con germoplasma forestal de buena calidad, ya que de éste depende en gran medida la restauración y conservación de especies de interés. Por lo anterior se requiere, realizar estudios que aproximen al conocimiento productivo de

especies forestales (Ponce y Bautista, 2008). Este trabajo está enfocado en el estudio de la productividad de conos y semillas de *Pinus johannis*, con el fin de conocer el potencial y eficiencia de las semillas en diversas poblaciones ya que si existen valores reproductivos bajos, existe mayor riesgo de desaparecer (López, 2005). Para llevar a cabo el análisis, es necesario realizar varias pruebas físicas y fisiológicas (Alzugaray et al., 2006).

## 1.1 Objetivo general

Estimar la producción, eficiencia e indicadores reproductivos de semillas para cinco poblaciones naturales de *Pinus johannis*, en cuatro periodos de colecta.

### 1.1.1 Objetivos particulares

Comparar el potencial y eficiencia de semillas de *Pinus johannis* para dos poblaciones en los años 1998, 2003, 2008, 2012, para cuatro poblaciones en los años 2008 y 2012 y para cinco poblaciones en el año 2012.

Comparar los indicadores reproductivos de conos y semillas de *Pinus johannis* para dos poblaciones en los años 1998, 2003, 2008, 2012, para cuatro poblaciones en los años 2008, y 2012 y para cinco poblaciones para el año 2012.

## 1.2 Hipótesis

*H<sub>0</sub>*. El potencial, eficiencia e indicadores reproductivos de semilla de *Pinus johannis* son similar en diferentes periodos de colecta.

*H<sub>a</sub>*. El potencial, eficiencia e indicadores reproductivos de semilla de *Pinus johannis* son diferente en al menos un periodo de colecta.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Estatus taxonómico de *Pinus johannis* M.-F. Robert

*Pinus johannis*, es una conífera, especie perteneciente a la familia *Pinaceae*, fue descrito por Marie-Robert Francoise (M.-F. Robert), en 1978 en la población de Concepción del Oro, Zacatecas. Lo reportó como un nuevo pino piñonero mexicano y ante la controversia que existe por si es especie o no, demuestra las principales diferencias con *P. cembroides* Zucc. Ante la “similitud” que existe entre *P. cembroides* var. *bicolor* y *P. johannis*, se acuerda que no son la misma especie (Passini, 1994), por lo tanto es elevado a la categoría de especie y reconocido como *Pinus johannis* M.-F. Robert, deslindado de una variedad o subespecie de *Pinus cembroides* y/o *Pinus culminicola* Andresen et Beaman, posteriormente las características de la especie, son descritas por Perry (1991) como *Pinus johannis* M.-F Robert.

Al respecto, también se menciona que *P. cembroides* y *P. johannis* tienen un origen común, basado en un ancestro semejante el cual dio lugar a las poblaciones. Por ello que la fenología vegetativa y reproductiva de estas dos especies parece seguir el mismo patrón, tomando en cuenta que hay un desfaseamiento en el periodo de polinización que limita, pero no excluye, la posibilidad de hibridación entre estas dos taxas (Romero *et al.*, 1996).

En un estudio realizado por Romero *et al.* (1996), basándose en caracteres morfológicos establecen que *P. cembroides* y *P.johannis*, son distinguidas en poblaciones alopátricas y simpátricas. En cuanto a la similitud fenética o morfológica, es menor entre *P. johannis* y *P. cembroides* que *P. johannis* y *P. culminicola*.

Flores *et al.* (2013a), realizaron un estudio con un enfoque, genético, morfológico, geográfico y ecológico, en el cual se revelan las relaciones filogenéticas, entre *P. discolor*, *P. johannis*, *P. culminicola* y *P. cembroides*. Como conclusión los autores apoyan los fundamentos de que tanto *P. johannis* y *P. discolor* no son

variedades de *P. cembroides*, además mencionan que *P. johannis* y *P. discolor* son las especies que presentan mayor similitud, pero son especies diferentes.

## 2.2 Descripción botánica

*Pinus johannis* es un árbol pequeño con forma de arbusto, su altura va de los 2-3 m y en ocasiones llega a los 4m, rara vez se encontrara con un solo fuste dominante. La copa es baja, redonda y densa. En los arboles jóvenes la corteza es lisa y de color gris, mientras que en los arboles maduros, la corteza es áspera y rugosa en ramas y fuste, con canales no muy profundos. Las ramas son color gris oscuro y áspero. Presenta 2 acículas por fascículo y ocasionalmente se podrán presentar 4, con una longitud de 3-5 cm y de 0.9-1.2 de grosor, son flexibles y tienen dos canales resiníferos. Los fascículos de la especie son color gris. Conos oblongos y muy resinosos, van de 3-4 cm de largo y de 2-3 cm de ancho en su forma abierta. Pedúnculo corto, de 3 a 4 mm de longitud. Los conos maduros son brillantes de color castaño- bronce y deciduos al igual que el pedúnculo. Las escamas son duras, ásperas y de apófisis gruesa, las escamas basales y apicales basales, son muy pequeñas. La semilla no es alada y tiene aproximadamente 10mm de ancho, la testa es gruesa y dura de 0.5-1.0 mm. El cotiledón es comestible, color marrón. Aproximadamente tiene 2,200 semillas por kilogramo; y generalmente tiene un promedio de 6 a 11 cotiledones, el endospermo es de color blanco (Perry, 1991).

## 2.3 Distribución

*P. johannis* se localiza generalmente al suroeste en la Sierra Plegada de Coahuila y Nuevo León, con rangos altitudinales superiores a los 2700 msnm, mayor a muchos otros piñoneros. Se desarrolla en suelos pobres y pedregosos, con climas templados subhúmedos y con menor preferencia al clima semifrío húmedo (Barrera, 2007).



*P. johannis* es una especie con limitada distribución, aunque actualmente se han encontrado nuevas poblaciones, no son muy extensas. La primera población descrita se ubica en Concha del Oro y Mazapil al norte de Zacatecas, en pendiente con prolongada inclinación, suelo casi desnudo con piedra caliza, la precipitación oscila entre los 300 y 400 mm anuales (Robert, 1978). Posteriormente se registró la especie al occidente de Coahuila, también se encontraron poblaciones en Miquihuana, Tamaulipas, así como en Aramberri al sur de Nuevo León, y en el estado de San Luis Potosí San Luis Potosí. También es reportado en el municipio de Cadereyta, Querétaro, siendo éste el límite meridional para *P. johannis* (Robert, 1978; Perry, 1991; Zavala y Campos, 1993; Passini, 1994).

#### 2.4 Usos de la especie y la problemática a la que se enfrenta

La recolección de piñones constituye una fuente importante de alimento para la fauna local y para los pobladores del norte de México. El piñón es una semilla, que para comerse debe romperse la testa, existen diferentes especies de las cuales se recolectan piñones, la parte comestible puede ser color rosa, marfil, amarillo o blanco en el caso de *P. johannis*. Los piñones llegan a contener 48.2% de proteína, incluso más arriba que la nuez de castilla (Robert 1978; Fonseca, 2003).

Además de que las semillas de piñón son comestibles y exitosamente comercializadas, *P. johannis* también es usado como planta ornamental, como pino navideño y la madera se utiliza como leña. Debido a las condiciones en las que se desarrolla, es una especie resistente y puede ser utilizada en reforestaciones en zonas áridas y erosionadas (Robert, 1978; FAO, 1989; Perry, 1991).

Por otra parte *Pinus johannis* es una especie que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, es por ello que se tiene la necesidad de propiciar su recuperación y conservación, la especie está catalogada como sujeta a protección especial en la Norma NOM-059 (SEMARNAT, 2010).

En estudios realizados en la región sur de Coahuila se ha encontrado que la producción de conos y semillas de los piñoneros es afectada hasta en un 97% por factores biológicos, fisiológicos y climáticos, que afectan la calidad de los pinos piñoneros. El 94 % de la semilla que se cosecha en conos resulta vana (Díaz, 1985; Flores y Díaz, 1987). Además la acción del hombre produce un grado de alteración en las zonas donde se encuentra la especie, desde la minería, la tala, la recolección de piñones y el pastoreo, principalmente cabras y ovejas. Estos factores afectan la humedad del microambiente, influyendo de manera negativa en el desarrollo de los individuos (Robert, 1978; Romero *et al.*, 2000).

Flores *et al.* (s/f) mencionan que la especie enfrenta factores tanto bióticos como abióticos que son una limitante para un desarrollo potencial, siendo esto, amenaza para la supervivencia. Las plagas y enfermedades, atacan la especie en diferentes formas, existen registros de insectos defoliadores, carpófagos y barrenadores de yemas y brotes, principalmente *Conophtorus cembroides*, *Leptoglossus occidentales*, *Eucosma bobana*, *Phylophaga*, *Cecidomyia*. En dicho estudio se determinó mortalidad de 81% en conos para *P. johannis*, ocasionando que el arbolado no tenga buen vigor y que la producción de conos y semillas sea baja, esto tiene un impacto negativo en la regeneración natural.

Por otro lado García *et al.* (2014) señalan que *P. johannis* mostró en los índices de fijación un déficit de individuos heterocigóticos, lo cual indica que el cruzamiento entre individuos emparentados es común, dicho de otra manera, la especie tiene problemas de endogamia, esto como consecuencia genera complicaciones en la producción de semillas.

La expresión sexual de *P. johannis*, es compleja ya que dentro de una misma población, la especie llega a presentar cinco expresiones sexuales: dioico femenino, dioico masculino, monoico, monoico predominante femenino y monoico predominante masculino. Existe inconstancia en la expresión sexual, aunque son en periodos largos,

presenta cambios, a manera de ejemplo un dioico masculino, puede cambiar a monoico predominante masculino. Hasta ahora es considerada la primer especie de *Pinus* dioica casi estable, con un 99% en unisexualidad (Flores *et al.*, 2013).

## 2.5 Desarrollo y morfología de conos y semillas

Las coníferas del género *Pinus*, producen estróbilos masculinos productores de polen y estróbilos femeninos (conos). Las flores femeninas, se componen de escamas suaves y carnosas que están en forma erecta. Cada escama posee un par de óvulos que forman una protuberancia en la base. La parte potencial del cono, que tiene la capacidad de producir óvulos que posteriormente serán semillas, es la parte central y reciben el nombre de escamas fértiles. Las de la parte inferior y superior del cono no tienen la capacidad de producir óvulos, por lo tanto son escamas infértiles (Bramlett *et al.*, 1997).

El tipo de polinización que ocurre se denomina anemófila. Los granos de polen de la flor masculina son llevados por el viento a la flor femenina, el grano logra entrar por una protuberancia en la testa de la semilla que se denomina micrópilo. Cuando tiene contacto con el óvulo, una capa de células llamada tegumento, cubre al óvulo. Los granos de polen germinan y desarrollan un tubo polínico. El tubo crece lentamente hacia el núcleo (donde se encuentra el tejido del óvulo) durante la primavera y llega ahí para fecundar pasando el invierno (Bramlett *et al.*, 1997).

Durante un año posterior a la fecundación, las flores femeninas reciben el nombre de conillos. Los óvulos aún no se han desarrollado completamente durante el primer año. Cuando el crecimiento vegetativo inicia en la segunda primavera, el óvulo continúa con su crecimiento, de doce a dieciséis meses después de la polinización el tubo polínico ha crecido lo suficiente en el óvulo, llega a las estructuras especializadas a depositar el arqueogonio (célula huevo). Las células espermáticas desplazadas por el tubo polínico, llegan a fertilizar los gametos femeninos y del cigoto o huevo, se formará el embrión (Bramlett *et al.*, 1997).

El tejido gametofítico encierra al embrión y le proporciona los nutrientes necesarios para la semilla. Las semillas llegan a su tamaño máximo al momento de la fertilización, sin embargo continúan madurando al igual que el cono, hasta finales del verano o inicios de otoño (Bramlett *et al.*, 1997).

La semilla vana se genera a partir de que no se realiza la polinización completa. Dentro de las posibles causas se tiene que el polen no germina después de polinizar, otra causa es que si el tubo polínico crece muy lentamente no llega a cumplir la fertilización o se rompe antes de alcanzar el saco embrionario. En ocasiones la fertilización se lleva a cabo, pero aborta en la etapa de división celular (una vez que ya el huevo esta fertilizado), o después de que está desarrollado el embrión, se detiene el crecimiento. Los frutos sin semilla, puede atribuirse a que no se lleva a cabo la polinización cruzada y se autopolinizan (Meyer *et al.*, 1976).

En un estudio realizado por Esquivel (1985), en un bosque de *Pinus cembroides* en Saltillo, Coahuila, determinó tres tipos de factores de mortalidad de cono y semillas: los biológicos, los fisiológicos y los climáticos. Entre los factores biológicos, destaca el impacto nocivo de los insectos carpófagos, como *Conophthorus cembroides*, *Leptoglossus occidentalis*, *Phyllophaga* sp, *Eucosma bobana*, *Cecidomyia* sp, pájaros y roedores, alcanzando 57% de mortalidad entre todos ellos. Dentro de los factores fisiológicos destaca la caída de conillos por aspectos nutricionales como la falta de zinc en etapa de floración, lo cual provoca la activación de ácido abscísico que actúa realizando un corte o abscisión en el pedúnculo del conillo recién formado, ocasionando daños de 40 % y por factores climáticos .93%. Dando un gran total de 97% de mortalidad de conos.

## 2.6 Análisis de conos y semillas como indicadores reproductivos

Las características de las semillas, como el número de semillas llenas por cono, la eficiencia de semilla, la proporción de semilla llena, el número de semillas vacías, el número de óvulos abortados por cono, el crecimiento de las plántulas y las

estimaciones de diversidad genética, entre otros, proporcionan medidas de la capacidad reproductiva y el éxito en las coníferas; pueden servir como indicadores del estado reproductivo y genético para la evaluación y el seguimiento de la viabilidad de las poblaciones en situación de riesgo debido al pequeño tamaño de la población (Mosseler *et al.*, 2000).

Bramlett *et al.* (1977) modificaron y desarrollaron el método conocido como “análisis del cono”, para evaluar la productividad de las semillas. Se puede determinar la fase de desarrollo de la semilla en la que ocurren pérdidas, además de identificar y cuantificar los diferentes tipos de fallas en la semilla. Al respecto los autores mencionan que la productividad, se puede expresar en términos de eficiencia de semillas la cual tiene relación directa con la cantidad de semillas llenas y el potencial biológico del cono para producir semilla.

Cada especie tiene un potencial promedio, basada en el número de escamas fértiles. El potencial define el límite biológico del número de semillas producidas por cada cono. La eficiencia de semilla está dada por cantidad de semillas llenas con relación al potencial de semillas, es por ello que semillas desarrolladas, no clasificadas como llenas carecen de valor (Bramlett *et al.*, 1997).

A manera de identificación, la semilla llena presenta un tejido gametofito sano, no dañado; un embrión normal que no es afectado por insecto u hongo. Los óvulos abortados son semillas que mueren antes de la formación de una testa normal, pueden ser abortados en dos fases. En el primer año, ocurre en escamas fértiles, durante su fase de conillo, antes de que este inicie su fase de crecimiento de segunda temporada. En el segundo año, son abortados en la segunda temporada de crecimiento y pueden llegar a desarrollar una testa parcial, generalmente son más pequeños que una semilla desarrollada. Los óvulos rudimentarios o no funcionales son aquellos que tienen la capacidad de transformarse en semilla y se ven como un punto pequeño y oscuro en la base del ala (Bramlett *et al.*, 1997).

El método de los rayos X de semillas, consiste en la utilización de la técnica radiográfica para mostrar y analizar estructuras internas, y el posterior desarrollo de las plántulas que se generan (De la Garza y Nepomuceno, 1986). La radiografía es el único método no destructivo confiable para clasificar las semillas e identificar daños (Bramlett *et al.*, 1997). Para aplicar esta técnica es necesario contar con el equipamiento que es de alto costo (Pérez y Pita, s/f). Existen dos procesos radiográficos: radiografía directa y radiografía de contrastes, ambos son usados en especies forestales, arrojando información sobre la calidad interna de las semillas (De la Garza y Nepomuceno, 1986).

Los rayos X pasan a través del objeto, se absorbe la radiación primaria en distinto grado (dependiendo de la densidad, espesor y composición) por el objeto, esto quiere decir que penetra la energía sobre la semilla. Los rayos X pasan a través del objeto creando la imagen radiográfica de la semilla sobre un film fotográfico, platina o cámara fluorescente. Como interpretación en la imagen, las áreas que aparecen oscuras, son las más fácilmente penetradas por los rayos, donde hubo mayor penetración de la radiación y las áreas claras, son aquellas donde las partes densas del objeto, dificultaron el paso de la radiación. Por lo tanto, la radiografía permite que se observe si la semilla es llena o vacía, el grado de desarrollo e incluso sus partes como el embrión, endospermo y cotiledón (Pérez y Pita, s/f; Alzugaray *et al.*, 2006; Kamra, 1976; De la Garza y Nepomuceno, 1986).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta de semillas de *Pinus johannis* se realizó en cinco poblaciones del Noreste de México. Durante el mes noviembre de 2012, una vez que los conos y semillas han obtenido el tamaño óptimo y alcanzado la madurez.

#### 3.1 Distribución de las localidades de estudio

Las poblaciones evaluadas se encuentran distribuidas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas. Los rangos altitudinales en las que se distribuye la especie van de los 2000 hasta más de 2700 msnm (Cuadro 1 y Figura 1).

Cuadro 1. Características generales de las poblaciones de colecta de *Pinus johannis* M.-F. Robert.

Población	Propiedad	Municipio	Estado	Altitud <sup>†</sup> (msnm)	Coordenadas geográficas <sup>†</sup>
Concepción del Oro	Salaverna	Mazapil	Zacatecas	2588	24° 38' 52.56" N 101° 30' 4.77" W
El Coahuilón	Ejido Mesa de las Tablas	Arteaga	Coahuila	2640	25° 14' 32.55" N 100° 23' 23.96" W
San Antonio de la Osamenta	Ejido San Antonio de la Osamenta	Santa Catarina	Nuevo León	2220	25° 29' 19.13" N 100° 30' 44.32" W
Laguna de Sánchez	Comunidad laguna de Sánchez	Villa de Santiago	Nuevo León	2120	25° 21' 28.38" N 100° 20' 40.17" W
La Siberia	Ejido la Siberia	General Zaragoza	Nuevo León	2720	23° 52' 8.15" N 99° 48' 33.61 " W

(<sup>†</sup> Datos obtenidos durante la colecta en campo, 2012)

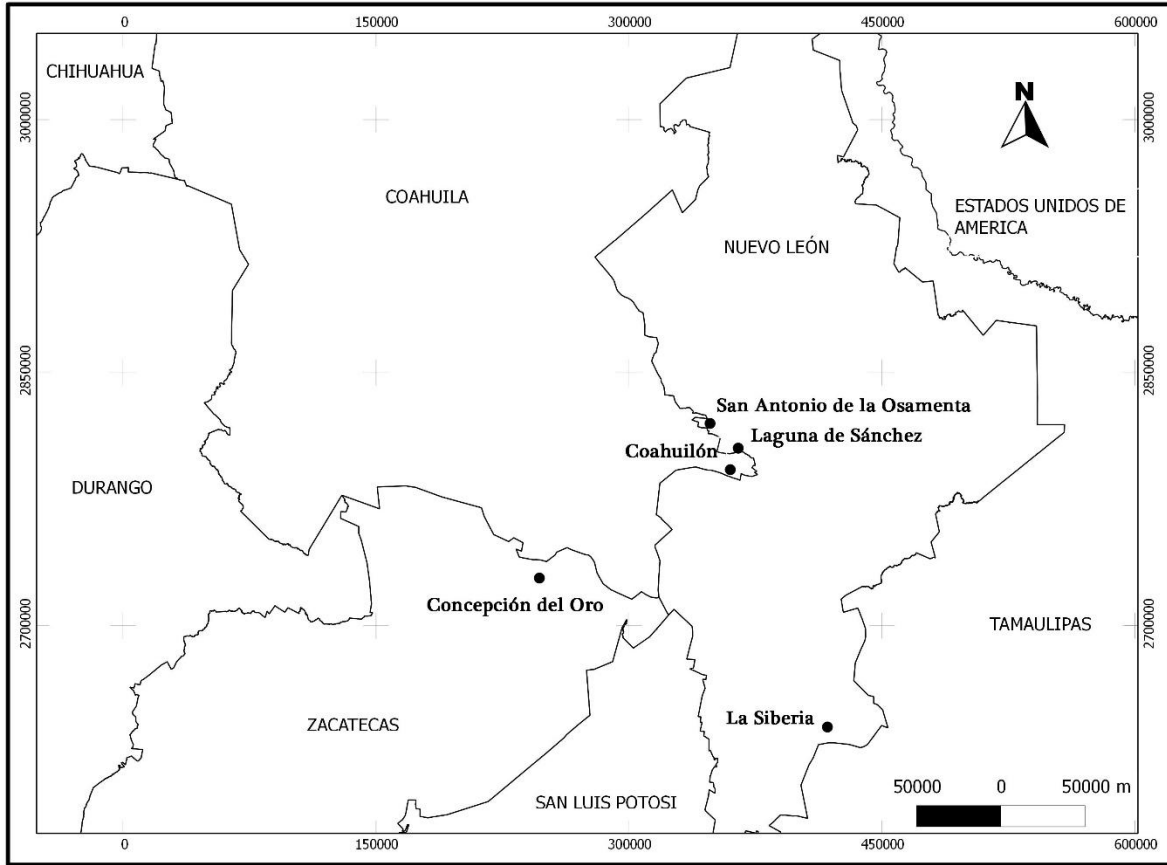


Figura 1. Distribución de las localidades de colecta de *Pinus johannis* M.-F. Robert.

En las poblaciones de San Antonio de la Osamenta, Laguna de Sánchez y La Siberia el clima más predominante es C(w1)= templado subhúmedo, la temperatura media anual va de 12 a 18°C, con menos de 44 mm de precipitación en el mes más seco; mientras que en el Coahuilón predomina el clima Cb'(w1)x' = clima semifrío húmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual entre 5 y 12°C, con régimen de lluvias de verano mayor al 18%; Concepción presenta un clima BS1k (x')= semiárido templado, la temperatura media anual se registra entre 12 y 18°C, con lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% (García y CONABIO, 1998).

El tipo de suelo predominante en las poblaciones es Litosol (INIFAP y CONABIO, 1995) con pedregosidad mayor a 50%, y con pendiente que va de 20 a 90% (Barrera, 2007).



Dentro de las poblaciones donde se distribuye *Pinus johannis* se identifican dos estratos. El arbóreo, compuesto principalmente por *Pinus cembroides* *Pinus estevezzi* (Martinez) Perry, *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey, *Pinus greggii* Engelm., *Pseudotsuga* sp, y *Abies* sp. En el estrato arbustivo se encuentran especies como *Mimosa* spp, *Arctostaphylos pungens* Kunth., *Ceanothus huichagorare* Loesner., *Arbutus xalapensis* Kunth., *Quercus* spp, *Juniperus flaccida* Schlecht, *Agave lechuguilla* Torr., *Dasiliryum* spp, *Nolina cespitiphora* Trel., *Agave* sp, *Gymnospermum glutinosum*, *Juniperus* spp, *Agave* spp y *Rhus virens* A. Gray (Barrera, 2007).

### 3.2 Muestreo y colecta de conos

La colecta se realizó en árboles elegidos de manera selectiva. Se seleccionaron individuos en diferentes exposiciones de la población, por lo tanto las condiciones del terreno no eran las mismas, con el fin de que la muestra fuera representativa. De cada árbol de colecta se registraron las coordenadas geográficas y altitud, con un GPS (Marca Gamín).

Para la colecta de conos, se eligieron árboles hembras por población, la colecta se realizó en árboles que presentaran mayor producción. Para San Antonio de la Osamenta, Concepción del Oro y Laguna de Sánchez se colectaron 20 árboles en promedio, de la localidad de La Siberia solo se lograron colectar 11 árboles con producción, mientras que del Coahuilón se colectó de 27 árboles. Se tomó en cuenta una separación mínima de 50 metros entre los árboles, la cosecha se realizó de forma manual, los conos fueron colectados tomando en cuenta las cuatro exposiciones (Norte, Sur, Este y Oeste) y de las tres partes (superior, media e inferior) de la copa del árbol.

En la población del Coahuilón y Concepción la colecta fue de 10 conos por árbol, raramente se encontraron 15, mientras que en Laguna de Sánchez y San Antonio de la Osamenta se logró colectar hasta 20 conos por árbol. En el caso de la población de La Siberia, debido a la poca producción se logró colectar al menos 5 conos por individuo.

Los conos extraídos se colocaron en bolsas de plástico (18 x 20 cm), cada una de estas bolsas fueron identificadas marcándolas con plumón de tinta permanente, el número de árbol, el nombre de la localidad, la fecha de colecta y el sexo del árbol.

### 3.3 Análisis de conos y semillas

Una vez realizada la colecta en campo, posteriormente (tiempo menor a 10 días) dentro del laboratorio se perforaron bolsas semilleras de papel estraza, posteriormente cada cono fue separado y colocado individualmente dentro de una bolsa, la cual se identificó con una etiqueta hecha con plumón negro de tinta permanente, se marcó el número de árbol, número de cono y localidad. La perforación en las bolsas se realizó con el fin de facilitar la aireación, de esta manera se acelera el proceso de secado del cono a temperatura ambiente, sin sacarlos al sol, con esto se evita la presencia de patógenos.

Cada uno de los conos cerrados, se midió utilizando un pie de rey con vernier con aproximación a 0.1 milímetro mm, se registró el largo y ancho del cono en milímetros (mm). 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.

Después de treinta días, una vez que los conos se habían deshidratado y estaban “secos”, se separan las escamas. A la mayoría de los conos se le extrajeron las escamas manualmente, en algunos casos fue necesario usar una navaja, ya que facilitaba la extracción de las escamas más pequeñas como es el caso de las escamas basales. Las escamas se retiraron de manera sistemática, iniciando por las basales, luego las intermedias y por último las escamas terminales. En la Figura 2, se muestra la caracterización que se tomó en cuenta para la clasificación de escamas.

Al terminar la extracción, se procedió a realizar el análisis del cono de acuerdo a la metodología del manual de conos y semillas (Bramlett *et al.*, 1977), donde se calcularon los siguientes indicadores de producción:

Potencial de semilla (PS) = 2 x total de escamas fértiles

Eficiencia de semilla (ES) = total de semillas llenas / potencial de semillas

Total de semillas de semillas desarrolladas (TS) = semillas llenas (SLL) + semillas vanas (SV) + semillas dañadas por insectos, hongos y bacterias (SDIHB) + semilla dañada por varios factores (SDVF)

Proporción de semillas llenas = semillas llenas / total de semillas desarrolladas

Porcentaje de semilla dañada = total de semillas dañada por insectos, hongos o bacterias / total de semilla desarrollada x 100

Proporción de óvulos abortados en el primer año = óvulos abortados en el primer año / potencial de semillas (PS)

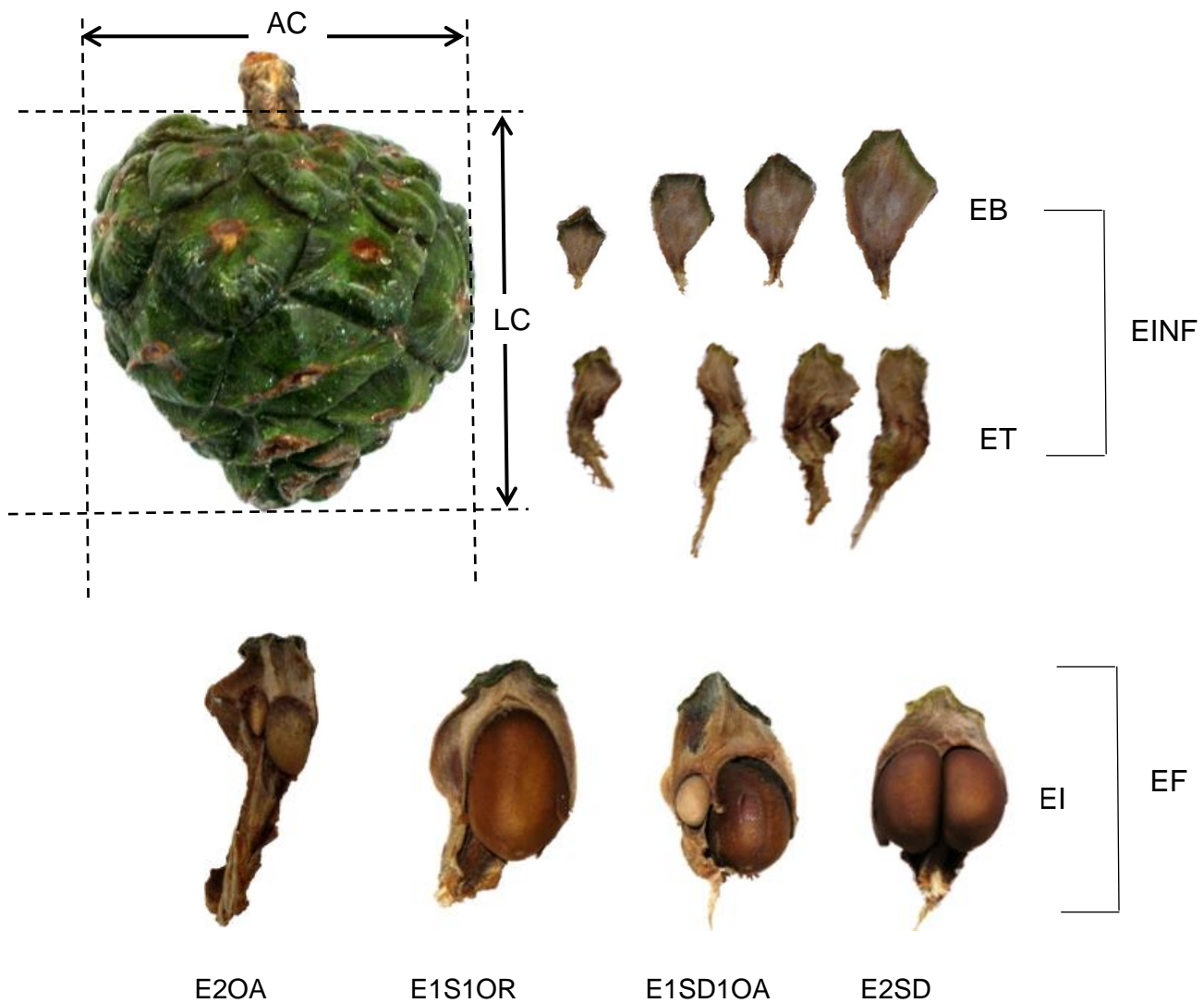
Proporción de óvulos abortados en el segundo año = óvulos abortados en el segundo año / potencial de semilla (PS)

Índice de endogamia = Semilla vana (SV) / semilla desarrollada (SD)

Para la eficiencia de semillas llenas y vanas, se realizó la separación por flotación en líquido, el método de densidad dice que si se utilizan líquidos, con una gravedad o densidad específica entre la de una semilla llena y la de una vana, las primeras se hundirán (CATIE *et al.*, 1995).

En un recipiente se colocó alcohol etílico desnaturalizado de 96° GL, las semillas se colocaron dentro del recipiente con el líquido, permanecieron ahí, durante un tiempo aproximado a 30 segundos (para evitar que penetrara el líquido en la semilla y dañara el embrión), de manera separada con un cedazo se sacaron las semillas, en toallas absorbentes y periódico y se colocaron allí durante 5 minutos. Una vez evaporado el alcohol, las semillas se colocaron en bolsas de celofán (de 5 x 10 cm), con un plumón permanente se especificó sobre la bolsa la clave de la población, el número de árbol,

número de cono y semillas llenas o vanas según el caso. Posteriormente las semillas se guardaron en un refrigerador a una temperatura entre 0 y 4 °C.



Nota: LC= Largo del cono; AC= Ancho del cono; EF= Escamas fértiles; EINF= Escamas infértiles; EB= Escamas basales; ET= Escamas terminales; EI= Escamas intermedias; E1S1OA= Escama con una semilla y un óvulo abortado; E1SOR= Escama con una semilla y un óvulo rudimentario; E2SD= Escama con dos semillas desarrolladas; E1OA1OR= Escama con un óvulo abortado y un óvulo rudimentario; E2OA= Escama con dos óvulos abortados; E2OR= Escama con dos óvulos rudimentarios.

Figura 2. Caracterización morfológica de conos y semillas *Pinus johannis* M.-F Robert, para estimar la producción de semillas e indicadores reproductivos.

Las semillas de la colecta de 2012 se sometieron a pruebas de Rayos X, con el equipo Faxitron X-ray (CONAFOR, Jalapa, Veracruz), con 26 kV (kilovolts) y 10 segundos en tiempo (Apéndice 3). La finalidad de este análisis, fue corroborar la calidad biológica de las semillas que fueron separadas en alcohol. La prueba fue para usar un método no destructivo y además obtener resultados de una manera rápida y práctica (Apéndice 6).

Las semillas se separaron y colocaron en cinta transparente con adherente para evitar que se muevan, se les colocó una etiqueta para identificar la muestra (Apéndice 4). El equipo se configuró y una vez preparado, se procedió a la toma de radiografías, es importante mencionar que las semillas por población, fueron elegidas de manera aleatoria (Apéndice 5).

### 3.4 Análisis estadístico de producción de semillas

El análisis de producción de semillas se llevó a cabo utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS), los datos fueron capturados en Excel y posteriormente introducidos al SAS. Se calculó la media aritmética para las variables proporción de semillas llenas, óvulos abortados del primer año, óvulos abortados del segundo año e índice de endogamia, como indicadores reproductivos. Y para potencial y eficiencia de semillas se usaron las variables de potencial de semilla y eficiencia de semilla (Mosseler *et al.*, 2000).

Se realizaron análisis de varianza, usando un modelo de clasificación anidada. Para el análisis entre las cinco poblaciones se utilizó el siguiente modelo (Mosseler, 1992).

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

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

$\mu$ = media poblacional.

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

$\varepsilon_{ijk}$ = error experimental.

Modelo de clasificación anidada, utilizado para comparar diferencias entre dos años (2008, 2012) y cuatro años (1998, 2003, 2008, 2012) de colecta (Flores *et al.*, 2005).

$$Y_{ijkl} = \mu + f_i + \rho_j + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

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

$\mu$ = media poblacional.

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

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

$\varepsilon_{ijkl}$ = error experimental.

La significancia estadística entre medias, fue determinada mediante el procedimiento mixed en SAS con el método de máxima verosimilitud restringida. Para ajustar las medias, del desbalance por el número de árboles muestreados, se usó la opción Lsmmeans.

Mediante el comando de univariate (Proc Univariate) en SAS, se verificó la distribución de las variables evaluadas, para proporción de semilla llena (propSLL) no fue necesario transformar. Se requirió convertir las variables restantes para adecuarlas a la distribución normal. Para 2012, potencial de semilla (PS) se adecuo con valor de .7, eficiencia de semilla (ES) con .4, proporción de óvulos abortados de primer año (propOA1) .6, proporción de óvulos abortados de segundo año (propOA2) .6, índice de

endogamia (IE) .4. Para 2008 y 2012 las variables PS, ES, propOA1, propOA2, IE se transformaron con .5. Para 1998, 2003, 2008, 2012; PS, ES y propOA1 se usó .5, en propOA2 e IE .4.

De acuerdo con el análisis de conos y semillas, los resultados e indicadores se cotejaron con la clave de indicadores para interpretación de Bramlett *et al.* (1997).

#### 3.4.1 Colectas 1998 ,2003 y 2008

Para el análisis de se integraron base de datos de colecta con intervalos de 5 años. De 1998 y 2003 la colecta se realizó en las localidades de Concepción del Oro, Zac. y El Coahuilón, Coah. En el 2008 se realizó en Concepción del Oro, Zac., El Coahuilón, Coah., Laguna de Sánchez y San Antonio de la Osamenta, Nuevo León.

Con los datos del año 2003 se realizó un proyecto de tesis de “Producción y viabilidad de semillas de *Pinus johannis* M.F. Robert” por López (2005). Para el año 2008 Villa (2010), realiza análisis de producción de semilla e indicadores reproductivos de *Pinus johannis* M.F. Robert.

Los datos fueron obtenidos del análisis de conos y semillas, se capturaron en Excel las cuatro bases (1998, 2003, 2008, 2012). Se utilizaron las mismas características que en 2012. Potencial de semilla (PS), eficiencia de semilla (ES), proporción de semillas llenas (propSLL), proporción de óvulos abortados del primer año (propOA1), proporción de óvulos abortados del segundo año (propOA2), índice de endogamia (IE) y porcentaje de daños a semillas causado por insecto, hongo o bacteria (DIHB). Posteriormente se ingresaron al paquete estadístico SAS, bajo el mismo procedimiento mencionado anteriormente.

#### 3.5 Semilla dañada y factores ambientales

Los resultados de las medias obtenidas de semilla dañada, se graficaron en el programa Excel.

Se revisó la base de datos climatológica nacional (Sistema CLICOM), utilizando los datos de la estación meteorológica más cercana para cada población. Dentro del programa se graficó la tendencia de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación anual (1961-2011 según la estación), y mensual para el año de interés (año antes de la colecta), esto permite ver el desfaseamiento en base a la tendencia de la media.



Característica	Población	Años de colecta				Medias 1998, 2003, 2008, 2012	Medias 2008,2012	Medias 2012
		1998	2003	2008	2012			
X	Coahuilón	→				↓	↓	↓
	Concepción	→						
	Laguna	→						
	La Siberia	→						
	San Antonio	→						



En este apartado se encuentran las medias de la característica, por población y por año de colecta; la flecha indica la dirección de la comparación de significancia estadística (se representa con letras minúsculas en dirección horizontal).



En este apartado presentan las medias de la característica por población, tomando en cuenta el promedio por los años de colecta; las flechas indican la dirección de la comparación de significancia estadística (se representa con letras mayúsculas en dirección vertical)



En este apartado están ubicadas las medias de la característica por población, para un año de colecta; la flecha indica la dirección de la comparación de significancias estadística (se representa con letra mayúscula en dirección vertical)

\*El tamaño de las flechas azules, indica los años en los cuales se tienen datos de las medias. El tamaño de la flecha negra y blanca abarca la población de la cual se obtiene la media.

Figura 3. Guía para la interpretación de tabla resultante de análisis estadísticos

Para Coahuilón se verificaron los datos en la estación 5148- Potreros de Obregón N.L, y en 109009- Casillas N.L. Para Concepción del Oro, en la estación 32087- Concepción del Oro, Zac. Laguna de Sánchez en 19033- Laguna de Sánchez N.L. La Siberia, 19159- San Antonio Peña, N.L y para San Antonio de la Osamenta en 19031- La Cruz, N.L.

Los resultados del análisis de varianza, realizados para cada una de las características evaluadas, potencial, eficiencia e indicadores reproductivos, se presentan en cuadros, dentro del apartado de resultados y discusión. Se elaboró una figura, para entender previamente la manera en que se presentan los resultados en los cuadros (ver Figura 3).

En 2012 se realizó colecta en cinco poblaciones, que permite la comparación entre la característica evaluada. Para comparar 2008 y 2012, solo es posible tomando en cuenta cuatro de las poblaciones (Coahuilón, Concepción, Laguna, La Siberia). Para comparar 1998, 2003, 2008, 2012 solo es posible tomando en cuenta dos poblaciones (Coahuilón y Concepción).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Potencial de semillas

En base al Cuadro 2 (y el apéndice 1a), se muestra la comparación de los resultados en cuatro años de colecta (1998, 2003, 2008, 2012) para Coahuilón y Concepción. En Coahuilón se encontró que la población es variable en potencial, de 1998 a 2003 presenta un incremento y para el año 2008 y 2012 desciende, presentando diferencias significativas entre años, el valor más alto se observa para 2003 y el más bajo en 2012. En concepción, La población de mantiene estable durante 1998 y 2003 (sin diferencias significativas), con los valores más altos. Para 2008 y 2012 la población desciende siendo el último año el que presenta el valor más bajo en potencial con diferencia significativa. La comparación entre poblaciones para el promedio de los cuatro años, indica que Coahuilón y Concepción no muestran diferencias significativas.

En cuanto a la comparación de dos años de colecta (2008, 2012), se realizó el análisis en cuatro poblaciones. En la población de Coahuilón en 2008 se presenta el punto más alto de potencial, mientras que en 2012 el más bajo, con diferencias significativas entre los dos años mencionados. Esta tendencia sucede para el resto de las poblaciones, Concepción, Laguna y La Siberia donde en 2008 se presenta el valor más alto y en 2012 desciende presentando el valor más bajo, con diferencias significativas. La comparación entre poblaciones para el promedio de los dos años, indica que Laguna con diferencia significativa presenta el valor más alto, mientras que La Siberia cuenta con el valor más bajo.

Para 2012 se integra una nueva población que es San Antonio. En este caso se presentan datos de cinco poblaciones, que se comparan entre sí. La población de Laguna y San Antonio son iguales (sin diferencias significativas), presentan los valores más altos y diferencia significativa con La Siberia, que es la población con el potencial más bajo (ver Cuadro 2).

En cuanto al potencial de semillas, en este análisis se encontró que *Pinus johannis*, fue muy variable entre años y entre poblaciones, tiene un potencial

Cuadro 2. Comparación de medias por año de colecta y por población, para potencial y eficiencia de *Pinus johannis* M.-F, Robert.

Característica	Población	Años de colecta				Medias 1998, 2003, 2008, 2012	Medias 2008,2012	Medias 2012
		1998	2003	2008	2012			
Potencial de semilla	Coahuilón	17.6700c	26.0933a	22.3464b <sub>a</sub>	9.2391d <sub>b</sub>	19.3228A	16.6341B	9.2391B
	Concepción	24.8500a	24.7315a	20.9556b <sub>a</sub>	9.7899c <sub>b</sub>	20.1714A	17.4499B	9.7899B
	Laguna			20.3919 <sub>a</sub>	15.7003 <sub>b</sub>		17.9294A	15.7003A
	La Siberia			16.1212 <sub>a</sub>	4.2916 <sub>b</sub>		14.6190C	4.2916C
	San Antonio							13.3333A
Eficiencia de semilla (%)	Coahuilón	25.9140b	3.4247c	47.3008a <sub>a</sub>	4.7884c <sub>b</sub>	21.5745B	29.0749B	4.7884B
	Concepción	37.0445a	9.2843c	39.6456a <sub>a</sub>	24.7219b <sub>b</sub>	30.1096A	34.7445A	24.7219A
	Laguna			27.8169 <sub>a</sub>	17.7090 <sub>b</sub>		21.9576B	17.7090A
	La Siberia			38.1973 <sub>a</sub>	5.2083 <sub>b</sub>		34.0082B	5.2083B
	San Antonio							23.3626A

Laguna= Laguna de Sánchez. Concepción= Concepción de Oro. San Antonio= San Antonio de la Osamenta.

Nota: Las medias con diferente letra, son significativamente diferentes, determinado por la prueba de diferencia mínima significativa ( $p \leq 0.05$ ). La letra minúscula, representa la significancia en cuatro periodos de colecta, dos poblaciones. La letra minúscula subrayada, representa la significancia en dos periodos de colectas, cuatro poblaciones. La letra mayúscula, representa la significancia entre dos poblaciones, la mayúscula subrayada representa la significancia entre cuatro poblaciones. La letra mayúscula negrita, representa la significancia para cinco poblaciones.

Cuadro 3. Comparación de potencial y eficiencia de semillas, entre diferentes

Especie	Potencial de semilla (rango)	Eficiencia de semilla % (rango)	Cita
<i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson	266 (254-294)	7 (4-13) <sup>¶</sup>	López (2007)
<i>Pinus coulteri</i> D. Don	202.5 (199-206)	61.5 (61-62) <sup>¶</sup>	García (2012)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl	193 (187.2- 199.7)	72.4 (68.8 – 75.9) <sup>¶</sup>	Alba (2003)
<i>Pinus greggii</i> Engelm	161 (170.9-151.9)	78.9 ( 70.8-86.9) <sup>‡</sup>	Alba <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzeudowki	91	61.78	Cruz (2012)
<i>Pinus teocote</i> Schl	73.8 (81.0-66.7)	40.25 (36.0-44.4) <sup>‡</sup>	Mendizábal <i>et al.</i> (2010)
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl	68	26.4	Bello (1988)
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	50 (44-66)	35 (0-54) <sup>¶‡</sup>	Hernández (2006)
<i>Pseudotsuga</i> <i>macrolepis</i> Flous	44.20	7.06	Ponce y Bautista (2008)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	41 (34 a 48)	19 (16-22) <sup>¶‡</sup>	Villa (2010)
<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i> D.K.	29	57.6	Sánchez <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	23 (18 a 26)	8 ( 4-12) <sup>¶‡</sup>	López (2005)
<i>Pinus culminicola</i> Andresen <i>et</i> Beaman	14	0	Pérez (2014)
<i>Pinus catarinae</i> M.-F Robert	11	20.9	Lemus (1999)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	19.7 (19.3- 20.1)	25.8 (21.5- 30.1) <sup>¶‡</sup>	Cuatro años
(Trabajo actual)	16.7 (14.6- 17.9)	29.9 (21.9- 34.7) <sup>¶‡</sup>	Dos años
	10.5 (4.2- 15.7)	15.4 (4.7-23.3) <sup>¶‡</sup>	Un año

especies de coníferas.

Ordenados de mayor a menor (excluyendo trabajo actual), de acuerdo al potencial de semilla. <sup>¶</sup> Estudio realizado en diferentes poblaciones. <sup>‡</sup> Estudio realizado en diferentes años.

promedio de 10.5 a 19.7 semillas por cono, considerando diferentes años y diferentes poblaciones. Al comparar entre varias especies de coníferas se puede hablar de variaciones que van de 161 semillas por cono de *Pinus greggi* a 44.20 en *Pseudotsuga macrolepis* Flous. Entre especies del género *Pinus* de igual manera se observaron variaciones, *Pinus coulteri* D. Don presenta potencial de 202.5 semillas por cono versus *Pinus catarinae* M.-F. Robert que presenta únicamente un potencial de 11 semillas por cono (Cuadro 3).

La comparación entre piñoneros, también marca variación, en *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K se obtuvo promedio de 29 semillas en contraste con *Pinus culminicola* que tiene potencial para desarrollar 14 semilla por cono. Al respecto, Bramlett *et al.* (1997) señala que el potencial de semillas promedio para cada especie está basada en el número de escamas fértiles y que además el potencial define el límite biológico del número de semillas producidas por cada cono (Cuadro 3).

Como se puede observar (Cuadro 3), el potencial de semilla no está influenciado únicamente por el tamaño del cono, sino además por el tamaño de las semillas. Así por ejemplo *Pinus maximartinezii* Rzedowski presenta conos de más de 20 cm de longitud y su potencial es de 91 semilla por cono, en cambio *Picea martinezii* T.F. Patterson presenta cono más pequeño, pero potencial mayor, en promedio 266 semillas.

#### 4.2 Eficiencia de semilla

En base en el Cuadro 2 (y el apéndice 1b), la comparación también se realiza en cuatro años de colecta (1998, 2003, 2008, 2012) para Coahuilón y Concepción. En Coahuilón se encontró que la población aumenta su eficiencia en 1998 y 2008, estadísticamente presentan diferencias significativas, mientras que en 2003 y 2012 no se encontraron diferencias y se puede observar que la eficiencia tiene disminuciones drásticas, presentándose como los años con valores más bajos. En concepción del Oro se repite la tendencia, para 1998 y

2008 se presentan los valores más altos pero en este caso sin diferencias significativas, mientras que 1998 y 2008 con diferencias significativas se presentaron los valores más bajos de eficiencia. Con lo que respecta a las medias entre estas dos poblaciones para el promedio de los cuatro años, se muestran diferencias significativas, siendo Concepción el de mayor potencial.

La comparación de dos años de colecta (2008, 2012), en cuatro poblaciones. En las poblaciones evaluadas (Concepción, Coahuilón, Laguna y La Siberia), se repite un mismo patrón, donde en el año 2008 se presentan los valores más altos de potencial *versus* 2012, las cuatro poblaciones presentan diferencias significativas entre ambos años. Las medias entre poblaciones para el promedio de los dos años indican que Concepción es la población que presenta el porcentaje más alto de eficiencia con diferencias significativas, mientras que las poblaciones restantes, Coahuilón, Laguna y La Siberia no presentaron diferencias (porcentajes más bajos).

En cuanto al año 2012 con la evaluación de las cinco poblaciones, que se comparan entre sí. Estadísticamente la población de Concepción, Laguna y San Antonio son iguales y con los valores más altos de eficiencia en comparación Coahuilón y La Siberia que presentan los menores valores de eficiencia de semillas.

Bramlett *et al.* (1997) señalan al respecto, que el máximo biológico de eficiencia llega hasta valores de 80% en conos individuales, pero que es difícil encontrar valores tan altos en poblaciones que se desarrollan en condiciones naturales. En este trabajo, los valores obtenidos en las medias, están por debajo del 55% en eficiencia de semilla, lo cual quiere decir que existe problema de pérdida de cierto potencial de semilla, y para los valores que están por debajo del 35% la pérdida se considera excesiva.

Con lo anterior se tiene que la eficiencia varía dependiendo el género, la especie y las condiciones naturales de las localidades, así como entre conos. Se puede observar en el Cuadro 3, que en coníferas de amplia distribución tienden a presentar valores más altos en eficiencia. En promedio *Pinus*



*hartwegii* Lindl. presentó en un estudio 72.4% de eficiencia y *Pinus greggii* 78.9%. Mientras que en coníferas de distribución restringida como *Pseudotsuga macrolepis* Flous (7.06%), *Picea martinezii* (7%), *Pinus culminicola* (0%) el potencial que se observa no es mayor al 10%.

Si bien es claro, *Pinus johannis* no es una especie que sobresalga por presentar valores altos de eficiencia, se puede observar que a pesar de ser una especie de piñonero, con distribución restringida y que además se desarrolla en condiciones extremas presenta valores más altos que *Pseudotsuga macrolepis*, *Picea martinezii* y *Pinus culminicola*, este último también piñonero.

#### 4. 3 Indicadores reproductivos

En las cuatro características evaluadas, se encontró al menos una diferencia entre años y entre población. Los detalles se presentan en los siguientes apartados, donde se describen individualmente.

##### 4.3.1 Proporción de semilla llena

En el Cuadro 4 (apéndice 1c), se muestran los resultados obtenidos para proporción de semillas llena en cuatro periodos de colecta (1998, 2003, 2008, 2012), para dos poblaciones (Coahuilón y Concepción). Se tiene que la tendencia es alta en 1998, baja en 2003 y de nuevo se elevan los valores para 2008 y decaen en 2012. En Coahuilón los valores más elevados de proporción de semilla llena se presentaron en 2008 con diferencia significativa entre los periodos de colecta, mientras que los valores bajos de ven reflejados en 2003 y 2012 sin diferencias estadísticas. En caso de Concepción el valor de semillas llenas es el mismo en 1998 y 2008, pero con diferencias hacia los valores más bajos que de igual manera se presentan en 2003 y 2012 (sin diferencias significativas). Las medias por población para el promedio de los cuatro años indican diferencias significativas entre Coahuilón y Concepción, siendo esta última población la que presenta mayor proporción de semilla llena.

En cuanto a la comparación que corresponde a 2008 y 2012 con cuatro poblaciones, se tiene que en 2008 se presentaron los valores más altos de proporción de semilla en comparación con el año 2012, esto se repite en las

Cuadro 4. Comparación de medias por año de colecta y por población, para indicadores reproductivos de *Pinus johannis* M.-F Robert.

Característica	Población	Años de colecta				Medias		
		1998	2003	2008	2012	1998, 2003, 2008, 2012	Medias 2008,2012	Medias 2012
Semilla llena	Coahuilón	0.5080b	0.1051c	0.7932a <sub>a</sub>	0.0870c <sub>b</sub>	0.3855B	0.4846 <sub>B</sub>	0.0870 <b>B</b>
	Concepción	0.7523a	0.4411b	0.6596a <sub>a</sub>	0.4502b <sub>b</sub>	0.5911A	0.5931 <sub>A</sub>	0.4502 <b>A</b>
	Laguna			0.4483 <sub>a</sub>	0.3397 <sub>b</sub>		0.3913 <sub>B</sub>	0.3397 <b>A</b>
	La Siberia			0.6943 <sub>a</sub>	0.1041 <sub>b</sub>		0.6186 <sub>A</sub>	0.1041 <b>B</b>
	San Antonio							0.4532 <b>A</b>
Óvulos abortados (primer año)	Coahuilón	0.4773a	0.6670a	0.0581b <sub>a</sub>	0.0589b <sub>a</sub>	0.2927A	0.0584 <sub>A</sub>	0.0589 <b>B</b>
	Concepción	0.4726a	0.1879b	0.0746bc <sub>a</sub>	0.0365c <sub>b</sub>	0.1634B	0.0612 <sub>A</sub>	0.0365 <b>B</b>
	Laguna			0.0383 <sub>b</sub>	0.1061 <sub>a</sub>		0.0739 <sub>A</sub>	0.1061 <b>A</b>
	La Siberia			0.0875 <sub>a</sub>	0.0503 <sub>b</sub>		0.0828 <sub>A</sub>	0.0503 <b>B</b>
	San Antonio							0.1068 <b>A</b>
Óvulos abortados (segundo año)	Coahuilón	0.0206b	0.0175b	0.0208b <sub>b</sub>	0.0672a <sub>a</sub>	0.0312A	0.0409 <sub>B</sub>	0.0672 <b>B</b>
	Concepción	0.0317a	0.0103b	0.0242a <sub>a</sub>	0.0414a <sub>a</sub>	0.0269B	0.0290 <sub>B</sub>	0.0414 <b>B</b>
	Laguna			0.0381 <sub>b</sub>	0.1163 <sub>a</sub>		0.0792 <sub>A</sub>	0.1163 <b>A</b>
	La Siberia			0.0264 <sub>a</sub>	0.0278 <sub>a</sub>		0.0265 <sub>B</sub>	0.0278 <b>B</b>
	San Antonio							0.1013 <b>A</b>
Índice de endogamia	Coahuilón	0.4343c	0.8697a	0.1835c <sub>b</sub>	0.7540b <sub>a</sub>	0.5472A	0.4315 <sub>B</sub>	0.7540 <b>A</b>
	Concepción	0.2127b	0.5185a	0.3353b <sub>a</sub>	0.4789ab <sub>a</sub>	0.3768A	0.3842 <sub>B</sub>	0.4789 <b>B</b>
	Laguna			0.5374 <sub>a</sub>	0.4898 <sub>a</sub>		0.5070 <sub>A</sub>	0.4898 <b>B</b>
	La Siberia			0.2936 <sub>a</sub>	0.5143 <sub>a</sub>		0.3216 <sub>B</sub>	0.5143 <b>B</b>
	San Antonio							0.4044 <b>B</b>

‡ Laguna= Laguna de Sánchez. Concepción= Concepción de Oro. San Antonio= San Antonio de la Osamenta. Nota: Las medias con diferente letra, son significativamente diferentes, determinado por la prueba de diferencia mínima significativa ( $p \leq 0.05$ ). La letra minúscula, representa la significancia en cuatro periodos de colecta, dos poblaciones. La letra minúscula subrayada, representa la significancia en dos periodos de colectas, cuatro poblaciones. La letra mayúscula, representa la significancia entre dos poblaciones, la mayúscula subrayada representa la significancia entre cuatro poblaciones. La letra mayúscula negrita, representa la significancia para cinco poblaciones.

cuatro poblaciones, Coahuilón, Concepción, Laguna y La Siberia, en todas ellas se presenta diferencia significativa entre años de colecta. En las medias por población para el promedio de los dos años, Concepción y La Siberia son estadísticamente iguales, presentando diferencias significativas ante Coahuilón y Laguna que son poblaciones que comparten los valores más bajos sin diferencias estadísticas entre ellas.

Las medias entre población para el año de colecta 2012, con cinco poblaciones, indican que Concepción, Laguna y San Antonio son estadísticamente iguales y presentan los valores más altos en comparación con La Siberia y Coahuilón, que presentan los valores más bajos en proporción de semillas llenas y sin diferencia significativa entre estas dos últimas poblaciones.

Se puede decir que *Pinus johannis* presentó valores extremos ya que como se puede observar, en proporción de semillas llenas sus valores entre periodos de colecta van de 0.08 (8%) a 0.79 (79%), y entre poblaciones de 0.08 (8%) a 0.61 (61%). Para *Pinus maximartinezii* en dos periodos de colecta de la población de Juchipila, Zac. no se encuentran valores tan extremos, la proporción obtenida fue de 0.82 (82%) para el año 2009 y 0.72 (72 %) en el año 2013 y aunque reporta diferencia significativa, se puede observar que el rango entre medias no rebasa el 10% (Jiménez, 2015). Asimismo Flores *et al.* (2005), en un estudio con *Picea martinezii*, en tres poblaciones, con dos periodos de colecta, no encontraron diferencias significativas entre los valores. Las medias obtenidas de semilla llena estuvieron por abajo del 0.20 (20%).

En otros trabajos afines en piñoneros, se reportan cantidades “bajas” de semilla llena. En *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, Sánchez *et al.* (2005) obtuvieron 48.7 % de semilla llena para la especie. Mientras que en *Pinus pinceana* Gordon, la proporción de semilla llena obtenida para 2006 que reporta Hernández fue de 35 %

Bramlett *et al.* (1997) señalan al respecto, que valores de semilla llena por debajo del 85% indica problemas en la población. Principalmente de entrecruzamiento (endogamia) y plaga, recomendando corregir el problema lo

antes posible. Raramente se obtienen valores arriba del 90%, pero es posible lograrlo si se incide a la polinización cruzada y se hace control de plagas, en caso de presencia.

#### 4.3.2 Índice de endogamia

El índice de endogamia se observa en el Cuadro 4, (apéndice 1d). En cuatro años de colecta (1998, 2003, 2008, 2012) para Coahuilón y Concepción indica que en la primer población (Coahuilón), en 1998 hay un índice bajo, para 2003 aumenta el valor con diferencia entre años, en 2008 disminuye nuevamente y aumenta para 2012. Entre el año 1998 y 2008 que tuvieron los valores más bajos no se mostraron diferencias. Prácticamente se presenta una misma tendencia en los años con mayor y menor índice, Concepción 2003 *versus* 1998 y 2008 (años estadísticamente iguales), presentan diferencias significativas. La media entre Coahuilón y Concepción no presentan diferencias estadísticas significativas para el promedio de los cuatro años.

En cuatro poblaciones, para los años 2008 y 2012, Coahuilón es la única población que presenta diferencias entre años, siendo 2012 el de mayor índice. Para Concepción, Laguna y La Siberia, no existen diferencias entre años de colecta. Las medias por población para el promedio de los dos años de colecta señalan que La Siberia es la población que presenta el mayor índice de endogamia y diferente significativamente a Coahuilón, Concepción y Laguna, estas tres sin diferencias entre sí.

En 2012 las medias de cinco poblaciones, solamente marcaron diferencia estadística en la población de Coahuilón, respecto al resto, siendo esta misma la que presenta el valor más alto de índice de endogamia. Concepción, Laguna, La Siberia y San Antonio no presentan diferencia significativa entre ellas.

Se puede observar en este estudio que *Pinus johannis* tiene altos niveles de endogamia entre años y entre poblaciones. El rango va de 0.21 a 0.86 (entre años) y de 0.32 a 0.75 (entre poblaciones). Coahuilón tiene una

superficie de 262.85 ha (Cárdenas, 2015) y entre años y poblaciones presenta los valores más altos en índice de endogamia .86 (2003) y 0.75 en las medias por población (2012) aunado a esto, predomina los individuos femeninos en la población, lo cual indica que hay menos individuos masculinos polinizadores. La Siberia tiene una extensión de 120.10 ha, se esperaría que el índice fuera el más alto, pero posiblemente la predominancia de individuos masculinos, reduce el índice.

*Picea mexicana* es una especie de distribución restringida y también coincide con alto índice de endogamia. En 2005, se reporta un índice que va de 0.73 a 0.88 (Flores *et al.*, 2005). Por otro lado dentro del grupo de los piñoneros, Hernández (2006) reporta en *Pinus pinceana* 0.43 de índice de endogamia. En contraste *Pinus maximartinezzi* en Juchipila, Zac. obtiene un índice de endogamia de 0.18 (Cruz, 2012).

En un estudio con *Pinus rzedowskii* Madrigal *Et* Caballero (especie de distribución restringida), Castilleja (2015) obtuvo un Índice de endogamia de 0.79 y para *P. ayacahuite* var. *veitchii* Shaw 0.33. En *Pinus coulteri* D. Don. García (2012), menciona que a pesar de ser una especie con distribución restringida, los individuos presentan baja endogamia y alta polinización cruzada, y el índice de endogamia promedio fue de 0.05 (5%). Mientras que Viveros *et al.* (2014) en *Pinus pseudostrobus* con una distribución más amplia, menciona que el resultado para el índice de endogamia calculado, no mostró diferencia significativa al valor de 0.

De manera general y de acuerdo a lo anterior el índice de endogamia es variable, y esto puede deberse al tamaño reducido de las poblaciones. García y colaboradores (2014) encontraron que el entrecruzamiento en poblaciones de *Pinus johannis* es común. Esto ocurre porque en poblaciones pequeñas aumenta la probabilidad para que los individuos se crucen o polinicen entre parientes (Meyer *et al.*, 1976; Mosseler, 2000). La depresión por endogamia durante la formación de la semilla generalmente se encuentra manifestada como semillas vacías, por lo tanto se ve reflejado en reducción del número de semillas llenas (Madriz, 2005).

#### 4.3.3 Proporción de óvulos abortados de primer año

De acuerdo a los resultados Cuadro 4 (apéndice 1e). Para cuatro años de colecta (1998, 2003, 2008, 2012), en dos poblaciones. Para Coahuilón en 1998 y 2003 se presentan los valores más altos sin diferencias estadísticas entre esos años, en 2008 y 2012 la proporción de óvulos abortados reduce y ambos años no presentan diferencias estadísticas entre sí. Algo muy similar sucede en Concepción, con diferencia significativa en 1998 que presenta el valor más alto, los años posteriores comienza a descender la proporción y en 2008 y 2012 se presentan los valores más bajos (sin diferencia estadística entre esos años). En óvulos abortados de primer año, 2008 y 2012 fueron los que presentaron valores más bajos no solo para estas dos poblaciones. Entre Coahuilón y Concepción se muestran diferencias significativas para el promedio de los cuatro años, siendo Coahuilón la población la de mayor proporción de óvulos abortados.

Para dos años de colecta (2008, 2012) en cuatro poblaciones. Coahuilón no presentó diferencias entre 2008 y 2012. Concepción presentó mayor proporción de óvulos abortados en 2008 y diferencia significativa con 2012. Laguna presentó mayor proporción en 2012 y menor en 2008, con diferencias significativas. La población La Siberia presentó su valor más alto en 2012 con diferencia significativa con 2008. La comparación entre poblaciones para el promedio de los dos años indica que hay diferencia significativa, Coahuilón presentó valor más alto en óvulos abortados que Concepción.

Para las cinco poblaciones del año 2012. Laguna y San Antonio estadísticamente son iguales entre sí, y presentan la mayor proporción de óvulos abortados de las cinco poblaciones, Coahuilón, Concepción y La Siberia son estadísticamente iguales entre sí, pero presentan el valor más bajo de óvulos abortados para 2012.

Los resultados indican que se encontró diferencias entre años y entre poblaciones para óvulos abortados de primer año. Con respecto a los valores,

Bramlett *et al.* (1997) menciona que es tolerable tener porcentajes de 10% de óvulos abortados en el primer año, pero valores  $\geq 11\%$  indican posibles problemas de plagas (insectos), o posibles problemas de polinización, si el porcentaje de óvulos abortados rebaza el 19% el problema es más severo. Al respecto Esquivel (1985), menciona que el problema de polinización ocurre cuando la flor femenina ha desarrollado y llega a la madures pero hay ausencia de polen.

Asociado a lo anterior, *Pinus johannis* presentó porcentajes variables en 1998 mayores a 45% y en 2003 Coahuilón arriba del 65% en aborto de óvulos. Lo cual indica que existen problemas severos en la producción y de acuerdo al índice de endogamia para 2003, se puede atribuir a la falta de polinización cruzada. En estudios recientes de pináceas se han reportado valores más bajos en óvulos abortados, *Pinus pinceana* presentó un promedio de 38% de óvulos abortados. Cruz (2012), reporta 19.44% para *Pinus maximartinezii*. En *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* se presentó 11.6% de óvulos abortados.

En el análisis realizado de daño por insecto (Figura 4), para determinar si la posible causa de óvulos abortados era ocasionada por una plaga, resultaron valores bajos de daño para los años 1998 y 2003, descartando la posibilidad de que los abortos de óvulos de primer año, fueran ocasionados por insectos. Si se consideran aspectos ambientales, Magaña *et al.* (s/f) mencionan que en 1997 y 1998 fueron años catastróficos para México en materia de sequía y de incendios forestales, asociado al evento “El Niño” 1997-1998. De acuerdo a ello, se puede observar con mayor claridad (Apéndice 1e) que el año de 1998 en Coahuilón y Concepción, hay un alto porcentaje de óvulos abortados que posiblemente fue causado por la sequía.

#### 4.3.4 Proporción de óvulos abortados de segundo año

El resultado de óvulos abortados de segundo año (Cuadro 4, apéndice 1f) para cuatro periodos de colecta (1998, 2003, 2008, 2012) en Coahuilón y Concepción, indica que en Coahuilón hay poca pérdida por óvulos abortados en 1998, 2003 y 2008 (sin diferencias significativas), pero en 2012 el valor de



proporción se eleva notablemente siendo este año en el que se registra el dato más alto (con diferencias significativas). En Concepción 1998, 2008 y 2012 son iguales y presentan diferencia significativa con 2003, que presenta el valor más bajo.

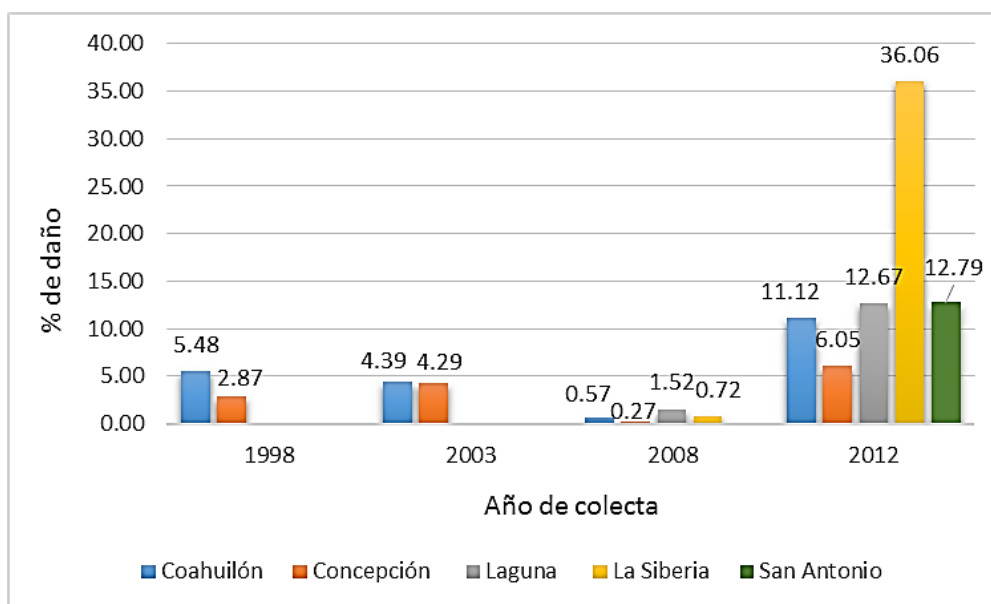
Para dos años de colecta (2008, 2012) en cuatro poblaciones. Coahuilón presenta mayor proporción en 2012 con diferencia significativa entre ambos años. En la población de Concepción no se presentó diferencia entre años. Laguna en 2012 se presenta la mayor proporción con diferencia significativa entre años. La Siberia no presenta diferencias entre años. Por otro lado los valores promedio de los dos años indican que la población Laguna presenta diferencias significativas, respecto a las otras, ya que tiene la mayor proporción de óvulos abortados, las poblaciones restantes no muestran diferencias significativas entre ellas.

Para 2012 considerando cinco poblaciones, Laguna y San Antonio no presentan diferencias entre ellas y tienen los valores más elevados de óvulos abortados de segundo año, mientras que en Coahuilón, Concepción y La Siberia se muestran los valores de proporción más bajos, sin diferencias estadísticas entre ellas.

Se encontró al menos una diferencia estadística entre años y entre población, para la característica de óvulos abortados de segundo año. De manera general, la cantidad de óvulos abortados, fue menor que en los de primer año. Durante 1998, 2003, y 2008 no se presentaron problemas en las poblaciones por óvulos abortados, ya que los valores están por debajo del 5% y de acuerdo con Bramlett *et al.*, (1997) no representa riesgo. Mientras que valores por encima del 6% es posible que se tenga problema de insecto o endogamia dentro de las poblaciones.

Para 2012 se encontraron valores por arriba del 10%, y para verificar los daños, se pudo observar que en 2012 fue el año, con mayor afectación por insecto (Figura 4), lo cual indica que es la posible causa de aumento en la proporción de óvulos abortados de segundo año. Bello (1988) menciona que el

alto porcentaje de óvulos abortados en *Pinus pseudostrobus* (43.9 %), posiblemente se deba a insectos y factores relacionados con la polinización.



Laguna= Laguna de Sánchez. Concepción= Concepción de Oro. San Antonio= San Antonio de la Osamenta.

Figura 4. Identificación de daños por insecto, para las poblaciones en diferente periodo de colecta.

De acuerdo al análisis climático (Sistema CLICOM), se encontró que la precipitación, es el factor ambiental con mayor cambio o desfase para las colectas de este estudio. El año con la precipitación más separada por debajo, de la media, fue 2011, mayormente en la población de La Siberia y San Antonio (apéndice 2), por lo tanto en la colecta de 2012 se pueden ver reflejados los efectos. Para ese año (2012) se puede observar (Figura 4) que el daño por insectos fue alto y se puede atribuir, que el estrés ambiental debilita las plantas y las hace más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Las especies enfrentan el estrés debido a la competencia, ausencia de luz, agua y elementos minerales (ISA, 2011).

## 5 CONCLUSIONES

El potencial, la eficiencia y los indicadores reproductivos de semillas de *Pinus johannis*, son diferente en al menos un periodo de colecta.

La comparación entre poblaciones de los valores promedio de potencial, eficiencia e indicadores reproductivos, muestran diferencia en al menos una característica evaluada.

2008 es el año que presenta los valores más elevados de potencial y eficiencia de semilla, y los valores más bajos en índice de endogamia y óvulos abortados de primer y segundo año, lo cual propicio alta producción de semillas para las poblaciones evaluadas.

En el año 2012 se presentaron valores bajos de potencial y eficiencia de semilla, con altos valores en índice de endogamia y óvulos abortados de segundo año, lo cual generó baja producción de semillas.

## 6 RECOMENDACIONES

Monitorear la producción en las poblaciones de *Pinus johannis*, durante los siguientes años y hacer la integración para comparar resultados y evaluar la frecuencia e incidencia de factores que contribuyen a la reducción de la producción.

Monitorear e intervenir en la población con alto porcentaje de daño por insecto, para evitar pérdida en la producción de semilla de futuros años.

Realizar la colecta de conos preferentemente en los meses de septiembre y octubre, ya que en el mes de noviembre, los conos han empezado a abrir.

Inmediatamente después de realizar la colecta, dentro del laboratorio realizar la medición y separación de conos, ya que de haber humedad se presentan casos en los que la semilla germina antes de que el cono abra en su totalidad, además de poder ser atacados por algún patógeno.

## 7 LITERATURA CITADA

- Alba L., J., A. Aparicio R., 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. [En línea]. 20 de Mayo de 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49750104>
- Alba L., J., J. Márquez R., y H. S. Bárcenas C. 2005. Potencial de producción de semillas de *Pinus greggii* Engelm. en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 7(2): 37-40. [En línea]. 20 de Mayo de 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49770206>
- Alzugaray C., A. Salinas., y N. Carnevale. 2006. Aplicación de la técnica de rayos X en la evaluación de calidad de semillas forestales nativas: *Schinopsis balansae* Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. *Revista Agromensajes* No 18. Universidad Nacional de Rosario. Pp 39-41. [En línea]. 15 Abril de 2015. Disponible en: <http://rehip.unr.edu.ar/handle/2133/559>
- 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, México. 46 p.
- Bello G., M. A. 1988. Potencial, eficiencia y producción de semillas en conos de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en Quinceo, Municipio de Paracho, Michoacán. *Ciencia Forestal* 64(13): 4-29.
- Bramlett, D. L., E.W. Belcher Jr., G.L. DeBarr., G.D. Hertel., R.P. Karrfait., C. W. Lantz., T. Miller., K.D. Ware., and H.O. III Yates. 1997. Cone analysis of southern pines: a guidebook. General Technical Report. SE-13. USDA- Forest service. Southeastern Forest Experiment Station. Asheville, North Carolina. USA. 28 p.
- Cárdenas D., J. L. 2015. Estructura horizontal y vertical de seis poblaciones de *Pinus johannis* M. F. Robert- Passini en el noreste de México. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 131 p.
- CATIE, DFSC, PROSEFOR. 1995. Procesamiento de semillas. *In*: Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. F. Stubsgaard y S. Moestrup, (Eds). Turrialba, Costa Rica. Pp: 42- 80.

- Catilleja S., P. 2015. Éxito reproductivo y comportamiento de caracteres cuantitativos en dos especies de pino endémicas de México: *Pinus rzedowskii* Madrigal Et Caballero y *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw. Tesis de maestría. H.M.S.N.H. 88 p. [Inédito].
- Cruz H., A. 2012. Producción de semillas de *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas. Tesis Profesional. U.A.A.AN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 48 p.
- De la Garza L., P. y F. Nepomuceno M. 1986. Análisis radiográfico de semillas forestales en México. *Ciencia Forestal* 11(59):1-14.
- Esquivel D., D.E. 1985. Tabla de vida y factores de mortalidad para conos y semillas de *Pinus cembroides*. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México. 96 p.
- FAO. 1989. Recursos genéticos forestales. Boletín anual No 17. 65 pp. [En línea]. 15 Abril de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/fgr/50367/es/>
- Flores F., J.D., J.A. Nájera C., y L. Morales Q. s/f. Principales plagas de los piñoneros en el sur de Coahuila. 423-427 pp.
- Flores F., J.D., y D.E. Díaz E. 1987. Tabla de vida y factores de mortalidad para conos y semillas de *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones naturales en el sur de Coahuila. *In: Memoria del II Simposio Nacional sobre pinos piñoneros*. 6-7-8 de agosto. México. Pp: 124- 135
- Flores L., C., J. López U., J.J. Vargas H. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. *Agrociencia* 39(1): 117-126.
- Flores R., L., A. Wegier., P. Ortega- Del Vecchy., A. Ortíz M., A.V. Whipple., F. Molina F., y C.A Domínguez. 2013a. Genetic, morphological, geographical and ecological approaches reveal phylogenetic relationships in complex groups, an example of recently diverged pinyon pin especies (Subsection *cembroides*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69: 940-949.
- Flores R., L., F. Molina F., A. V. Whipple., C.A. Gehrring, and C.A. Domínguez. 2013b. Sexual stability in the nearly dioecious *Pinus johannis* (Pinanaeae). *American Journal of Botany* 100: 602-612.
- Fonseca J., R. M. 2003. De piñas y piñones. *Ciencias*. 69: 64-65.

- García G., V., C. Ramírez H., C. Flores L., y J. López U. 2014. Diversidad y estructura genética de *Pinus johannis*. *Agrociencia*, 48(8): 863-873
- García M., V de J. 2012. Indicadores reproductivos de conos y semillas de poblaciones naturales de *Pinus coulteri* D. Don. En Baja California. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 36 p.
- García, E. y CONABIO. 1998. Climas, escala 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. [En línea]. 16 de Marzo de 2015. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Gernandt, D.S., y J.A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:126-133.
- Hernández S., P. 2006. Producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 38 p.
- INIFAP-CONABIO. 1995. Edafología, escalas 1:25000-1:100000. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. [En línea]. 16 de Marzo de 2015. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- ISA. 2011. Insect and disease problems. Brochure. Internacional Society of Arboriculture. USA. 2 p.
- Jiménez H., L. 2015. Indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas para dos años de colecta de *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 46 p.
- Kamra, S.K. 1976. Use of X-ray Radiography for studying seed quality in tropical forestry. *Studia Forestalia Suecia* No.131, Royal College of Forestry, Stockholm. 34 p.
- Lemus S., J. L. 1999. Análisis de conos y semillas de *Pinus catarinae* M.F. Robert- Passini. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 130 p.
- López C., Y. 2005. Producción y viabilidad de semillas de *Pinus johannis* M.-F. Robert en dos poblaciones naturales de México. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 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. 36 p.
- Madriz M., J. P. 2005. Cambios genéticos en la regeneración natural de *Pinus oocarpa* var. *oocarpa* Schiede et Schlechtendal, causado por el manejo forestal y la deforestación. Comayugua Honduras, América Central. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 222 p.
- Magaña, V., J. L. Pérez., J. L. Vázquez., E Carrisoza., y J. Pérez. (s/f). El niño y el clima. [En línea]. 25 de Mayo de 2015. Disponible en: [http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/el\\_nino/cap2.pdf](http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/el_nino/cap2.pdf)
- Mendizábal H., L del C., J. Alba L., J. Márquez R., E. O. Ramírez G., y E. Cruz J. 2010. Potencial de producción y eficiencia de semilla de dos cosechas *Pinus teocote* Schl. et Cham. Foresta Veracruzana 12(2): 21-26. [En línea]. 20 de Mayo de 2015. Disponible en: <http://redalyc.org/www.redalyc.org/articulo.oa?id=49719770004>
- Meyer., B. S., D. B. Anderson., y R. H. Böhring. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. 4ª ed. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina. 579.
- 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. Daigle, K. Lange, Y.-S. Park, K.H. Johnsen, y O.P. Rajora. 2000. Indicators of populations viability in red 27 spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. Canadian Journal of Botany 78:928-940.
- Passini M.-F. 1994. Synonymie entre *Pinus discolor* Bailey et Hawksworth et *Pinus johannis* M.-F. Robert. Acta Botánica Gallica: Botany Letters 143(7): 681-693.
- Pérez G., F., Y J.M. Pita V. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. S/f. Hojas divulgadoras. Núm. 2112HD. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid. 15 p.
- Pérez P., E. A. 2014. Comparación del potencial y eficiencia de semillas de *Pinus culminicola* Andresen et Berman con pináceas. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 37 p.



- Pérez S., C., E. Balbuena G., y J.M. Bermejo P. 2003. El pino piñonero *in*: La agricultura y ganadería extremeñas en 2003. Universidad de Extremadura. España. pp: 281- 295.
- Perry, J.P 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber press. Portland, Oregón, U.S.A. 231 p.
- Ponce M., A., y C. Bautista H. 2008. Análisis de la producción de semillas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous, en una plantación establecida en el Municipio de Amecameca, Estado de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo Edo. México. 58 p.
- Robert, M. F. 1978. Un nouveau pin pignon Mexicain: *Pinus johannis* M.-F. Robert. Adansonia. Serie 2. 18(3): 365-373.
- Romero M., A., E. García M., y M.F. Passini. 1996. *Pinus cembroides* s.l. y *Pinus johannis* del altiplano mexicano: una síntesis. Acta Botánica Gallica: Botany Letters, 143(7): 681-693
- Romero M., A., J.L. Flores F., M Luna C., and E. García M. 2012. Effect of slope and aspect on the associated flora of pinyon pines in central Mexico. The Southwestern Naturalist 57(4): 452- 456.
- Romero. A., M. Luna., E. García, and M. F. Passini. 2000. Phenetic analysis of the Mexican midland pinyon pines, *Pinus cembroides* and *Pinus johannis*. Botanical Journal of the Linnean Society, 133: 181-194.
- Sánchez T., M de L. Nieto P., y L del C. Mendizábal H. 2005. Producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* d. k. Bailey de Altzayaca, Tlaxcala, México. Foresta Veracruzana. 7(1):15-20. [En línea]. 20 de Mayo de 2015. Disponible en: <http://redalyc.org/www.redalyc.org/articulo.oa?id=49770104>
- 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. Diario Oficial de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos naturales. Jueves, 30-de diciembre de 2010. 77 p. [En línea]. 21 de febrero de 2015. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO2454.pdf>

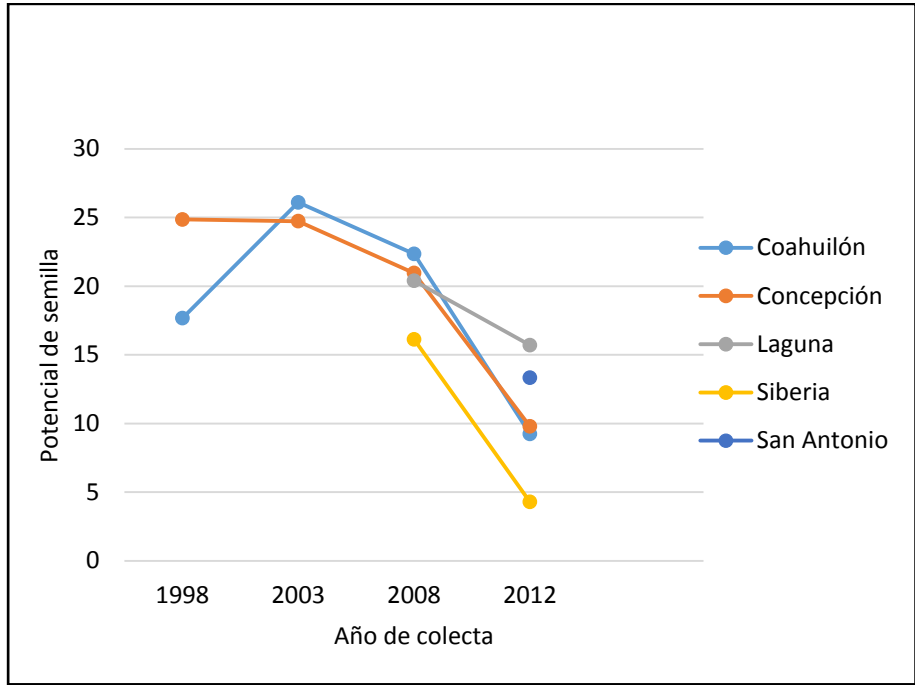
- Villa P., V.H. 2010. Producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus johannis* M.-F. Robert en el noroeste de México. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 37 p.
- Viveros V., H., B. Li. Tapia O., y C. Saenz R. 2014. Variación isoenzimática de *Pinus pseudostrobus* Lindl. a lo largo de una gradiente latitudinal en Michoacán, México. *Agrociencia* 48(7): 713-723.
- Zavala C., F., y J.L. Campos D. 1993. Una nueva localidad de *Pinus discolor* Bailey et Hawksworth en el centro de México. *Acta Botánica Mexicana* 25: 21-25.

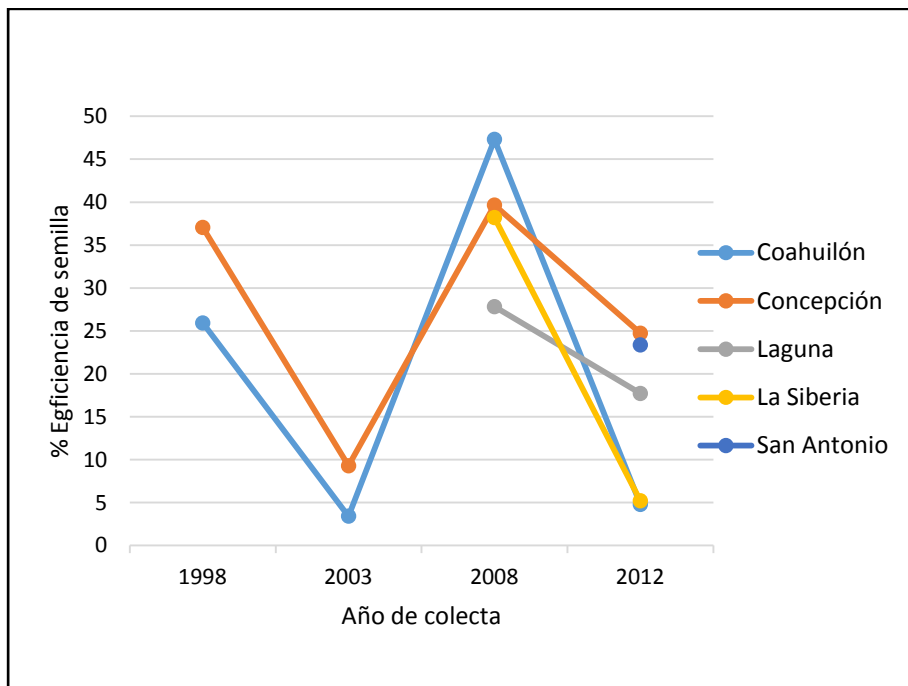
## APÉNDICE

Apéndice 1. Tendencia de medias para cada característica evaluada en *Pinus johannis* M.-F. Robert de acuerdo al año de colecta.

Apéndice 1a. Tendencia en potencial de semillas.

Apéndice 1b. Tendencia en eficiencia de semillas.

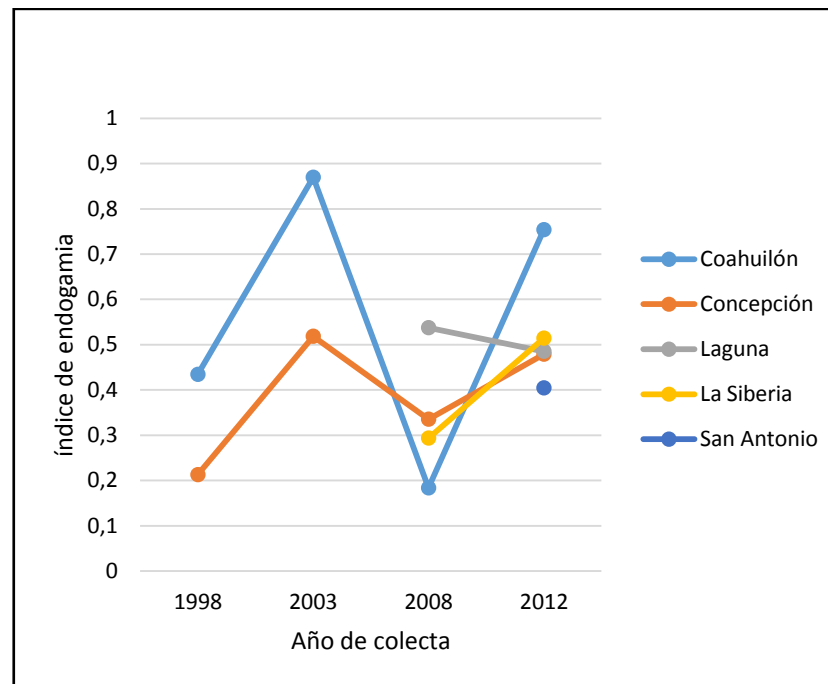
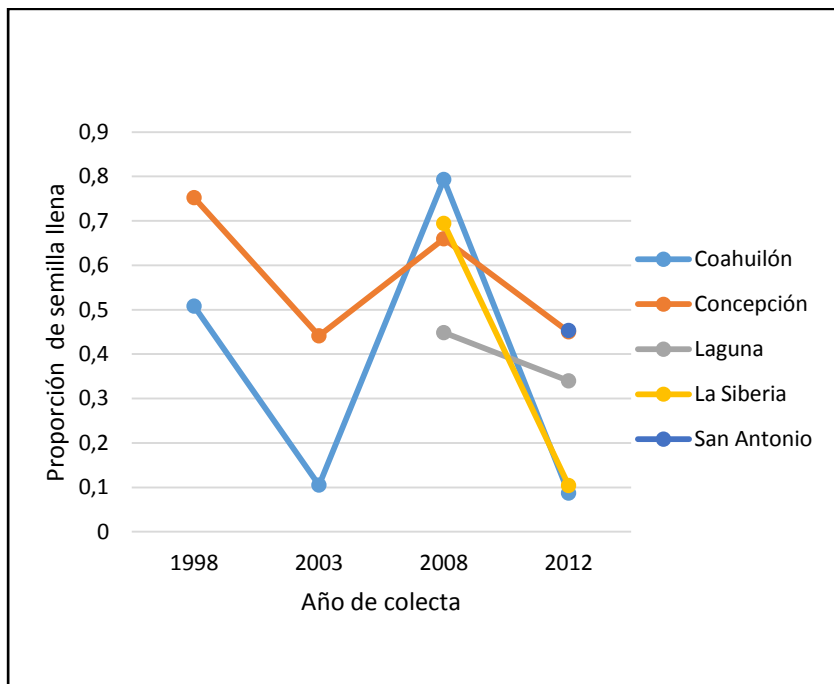




Laguna= Laguna de Sánchez. Concepción= Concepción de Oro. San Antonio= San Antonio de la Osamenta.

Apéndice 1c. Tendencia en proporción de semilla llena

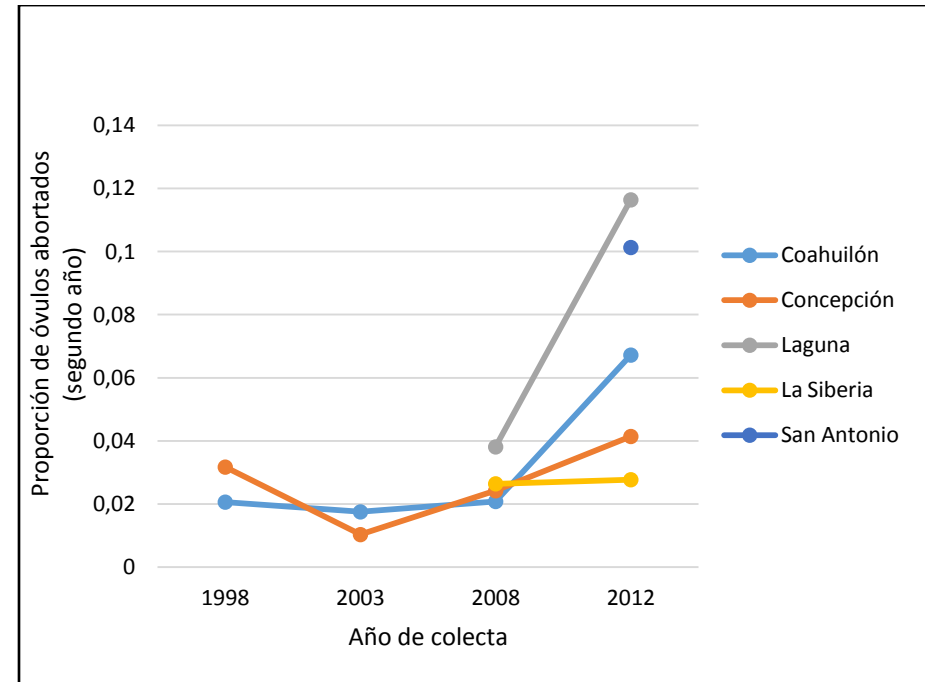
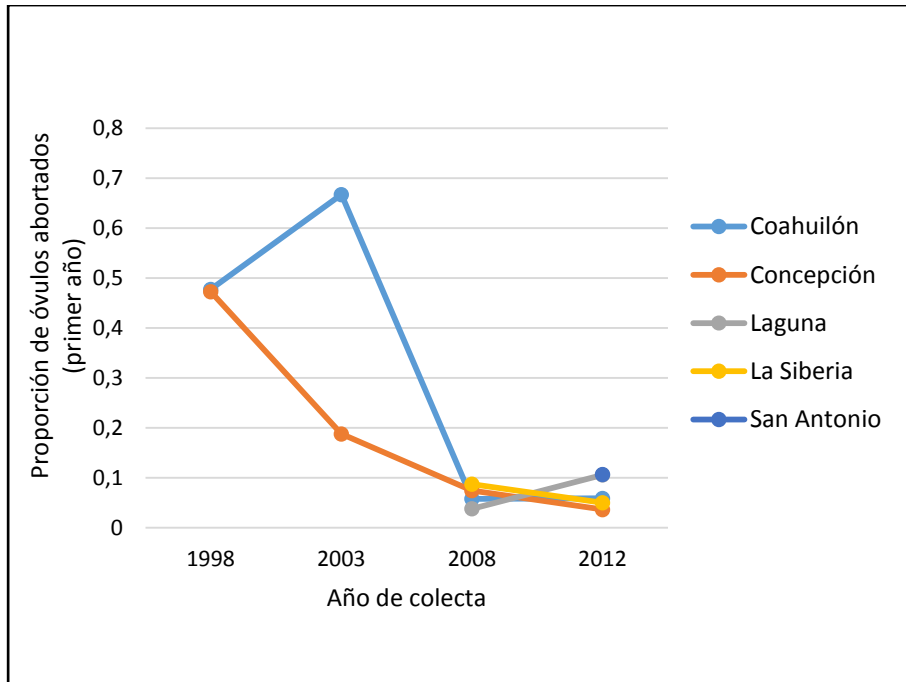
Apéndice 1d. Tendencia en Índice de endogamia



Laguna= Laguna de Sánchez. Concepción= Concepción de Oro. San Antonio= San Antonio de la Osamenta.

Apéndice 1e. Tendencia en óvulos abortados de primer año

Apéndice 1f. Tendencia en óvulos abortados de segundo año



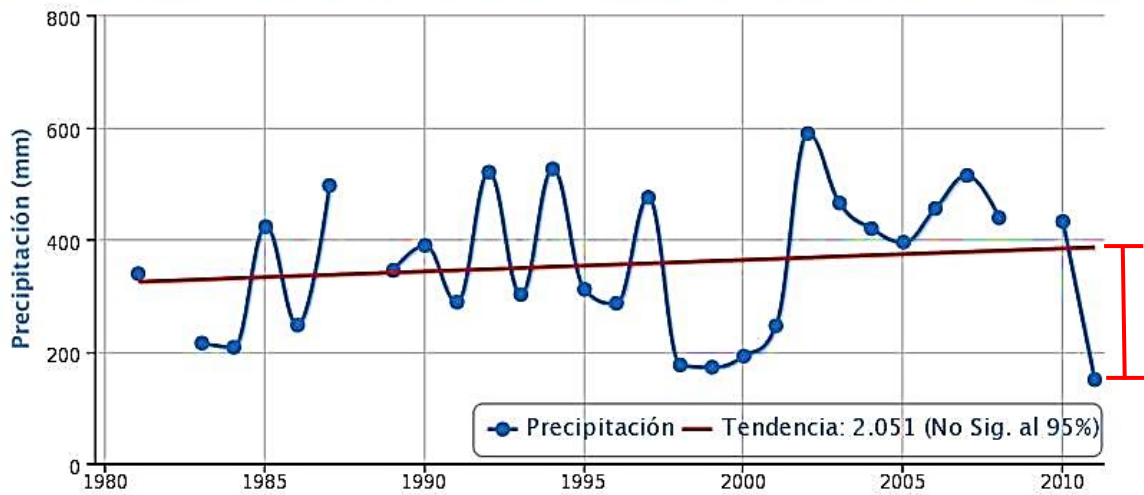
Laguna= Laguna de Sánchez. Concepción= Concepción de Oro. San Antonio= San Antonio de la Osamenta.



Apéndice 2. Tendencia de precipitación, donde se muestra el descenso mayormente marcado en 2011, con efectos para 2012.

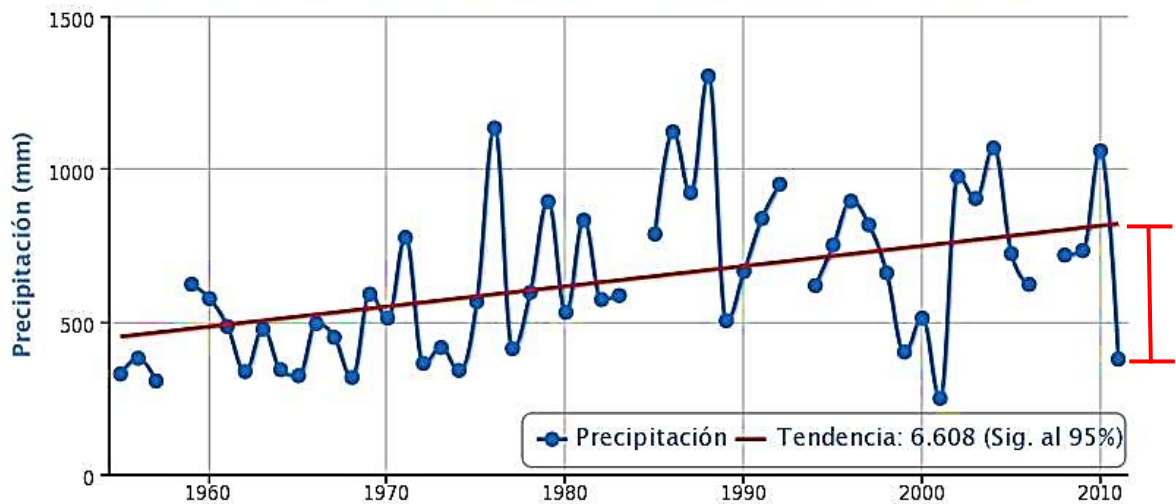
Apéndice 2a. Precipitación para La Siberia, N.L.

Climatología Anual de Precipitación (1980-2011)  
19159-SAN ANTONIO PEÑA NEVADA, NL (-100.0W,23.7N), Elev: 1491.0 m, PROM: 356.6, STD: 124.0



Apéndice 2b. Precipitación para San Antonio de la Osamenta, N.L.

Climatología Anual de Precipitación (1955-2011)  
19031-LA CRUZ, NL (-100.5W,25.5N), Elev: 2224.0 m, PROM: 634.8, STD: 251.4



Apéndice 3. Equipo de rayos X (CONAFOR, Veracruz), utilizado para el análisis de semillas de *Pinus johannis* M.F Robert.



(Fotografías tomada por Celestino Flores López)

Apéndice 4. Inmovilización de semillas de *Pinus johannis* M. F Robert y etiquetado para su análisis en el equipo de rayos X.



(Fotografías tomada por Celestino Flores López)

Apéndice 5. Proceso para el analisis de la semilla dentro del equipo de rayos X y obtencion de la imagen digital.



Apéndice 6. Resultados de ratificación con rayos x en semillas para la población de San Antonio de la Osamenta.

De acuerdo a la separación por densidad se colocaron en la parte superior las semillas vanas y en la inferior las llenas.

