

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL



Crecimiento y Producción de Semillas de *Pinus johannis* M. F. Robert  
en un Ensayo de Tres Procedencia a 13 años de su Establecimiento  
en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila

Por:

**JOSÉ ALBERTO SOLANO MONTOYA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Crecimiento y Producción de Semillas *Pinus johannis* M. F. Robert  
en un Ensayo de Tres Procedencia a 13 años de su Establecimiento  
en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila

Por:

**JOSÉ ALBERTO SOLANO MONTOYA**

TESIS

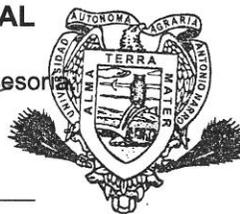
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesores



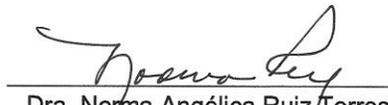
Dr. Celestino Flores López  
Asesor Principal



DEPARTAMENTO FORESTAL



Ing. Sergio Braham Sabag  
Coasesor



Dra. Norma Angélica Ruiz Torres  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morelos  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Junio, 2016

Este proyecto de tesis ha sido apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38.111.3613.21.22, como responsable el Dr. Celestino Flores López.

## DEDICATORIA

Con mucho amor a mis padres

Gerardo Solano Pérez y Josefa Montoya González

Por el esfuerzo que han hecho para lograr este objetivo que también es de ellos, por el amor y dedicación que nos han dado a mí y a mis hermanos para salir adelante como personas e inculcarnos buenos valores.

A mi hermano

Alfredo Solano Montoya

Por el apoyo incondicional que en todo momento me ha brindado a pesar de todo lo que hemos vivido, gracias por tu confianza y amistad, te quiero hermano.

A mis hermanitos

Víctor Manuel, Miguel Ángel, Alfonso de Jesús

Por formar parte de este logro tan importante en mi vida, ustedes también han sido mi inspiración para salir adelante, espero ser un ejemplo para ustedes y que en un futuro sean mejor que yo, los quiero.

Me siento muy orgulloso y agradecido con dios por haberme dado una familia en la que a pesar de las adversidades hemos salido adelante.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de existir e iluminar mi camino y el de mi familia para poder salir adelante y logran uno de mis objetivos en mi vida.

A mis padres y hermanos por su confianza por creer en mí y por estar siempre en todo momento a lo largo de este proceso de mi vida.

A mí *Alma Mater*, La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado esa enorme oportunidad de llevar a cabo mi formación profesional superior dentro de su plantel.

Al Dr. Celestino F. L. por haberme apoyado, asesorado y compartir su experiencia en la realización del presente trabajo y haber depositado la confianza en mí.

Al Ing. Sergio Braham Sabag y Dra. Norma Angélica Ruiz Torres, por haber revisado y contribuido en el presente trabajo.

Al Ing. Jorge Hernández Solano por haberme permitido realizar mis prácticas profesionales en su despacho y compartir sus conocimientos y experiencias.

A mí novia Sarita por ayudarme en la toma de datos y colecta de conos en campo así como del análisis de los mismos. Además por estar en todo momento a mi lado durante mi formación de la que también ha formado parte, a pesar de los malos entendidos que hemos vivido.

A mi primo Luis por ayudarme en la toma de datos y colecta de conos en campo así como el análisis de los mismos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
1.1    Objetivos generales.....	3
1.2    Objetivos específicos.....	3
1.3    Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Descripción taxonómica de <i>Pinus johannis</i> .....	4
2.2 Distribución de <i>Pinus johannis</i> .....	5
2.3 Aspectos Ecológicos.....	5
2.4 Análisis de conos y semillas.....	6
2.5 Situación actual de la especie.....	7
2.6 Estudios realizados con <i>Pinus johannis</i> en ensayos de procedencias y poblaciones naturales.....	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1 Descripción del área de plantación.....	10
3.2 Descripción de las procedencias.....	10
3.3 Crecimiento en diámetro, altura, número de ramas, sobrevivencia y proporción de sexos de cada procedencia a 13 años de establecimiento de la plantación.....	11
3.4 Análisis de la producción de semillas y germinación por procedencia.....	14
3.4.1 Análisis de la producción de semillas.....	14
3.4.2 Ensayo de germinación.....	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1 Crecimiento de tres procedencias a 13 años de su establecimiento y proporción de sexos.....	17
4.1.1 Altura.....	17
4.1.2 Diámetro Basal.....	19

4.1.3 Número de Ramas.....	21
4.1.4 Sobrevivencia.....	22
4.1.5 Proporción de sexos.....	23
4.2 Producción de semillas de tres procedencias para el año de colecta 2015.....	25
4.2.1 Potencial de Semillas y eficiencia de semillas.....	25
4.2.2 Pérdida de semillas.....	28
4.2.3. Ensayo de germinación.....	29
5. CONCLUSIONES.....	31
6. RECOMENDACIONES.....	32
7. LITERATURA CITADA.....	33
8. ANEXOS.....	40

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Estudios realizados de <i>Pinus johannis</i> en poblaciones naturales y sobre el ensayo de procedencia en estudio.....	8
Cuadro 2. Descripción de los diferentes tratamientos del ensayo de germinación ...	16
Cuadro 3. Comparación de medias de las tres procedencias de <i>Pinus johannis</i> en el ensayo de procedencia de Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.....	17
Cuadro 4. Comparación de potencial y eficiencia de semillas, entre diferentes especies de coníferas.....	27
Cuadro 5. Análisis de varianza de comparación de medias por Tukey (0.05) de las tres procedencias evaluadas.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Muestra de estructura reproductora masculina (a) y estructura reproductora femenina (b) de <i>Pinus johannis</i> en Mesa de las Tablas, Sierra de Arteaga, Coahuila.....	13
Figura 2. Proporción de sexos de <i>Pinus johannis</i> con 17 años de edad de la procedencia La Encantada.....	23
Figura 3. Proporción de sexos de <i>Pinus johannis</i> con 17 años de edad de la procedencia Salaverna.....	24
Figura 4. Proporción de sexos de <i>Pinus johannis</i> con 17 años de edad de la procedencia Laguna de Sánchez.....	24
Figura 5. Proporción de sexos de <i>Pinus johannis</i> con 17 años de edad de toda la plantación.....	25
Figura 6. Producción de semillas de tres procedencias de <i>Pinus johannis</i> M.- F. Robert para la colecta 2015.....	26

## RESUMEN

En este estudio se comparó el crecimiento y producción de semillas de tres procedencias de *Pinus johannis* M. –F. Robert, de una plantación establecida hace trece años en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila, para conocer las diferencias entre las procedencias. Las procedencias evaluadas fueron La Laguna, N.L., Salaverna, Zac., y La Encantada, N. L.

Las variables evaluadas a los trece años (2015) de establecida la plantación fueron diámetro a la base de la planta, altura total, número de ramificaciones, sobrevivencia, proporción de sexo y análisis de conos y semillas. Para el crecimiento se realizó un análisis de varianza entre procedencias, utilizando un modelo de bloques completos al azar que constó de cuatro bloques con un total de 282 plantas; posteriormente se hizo la prueba de Tukey para la separación de medias. Para la evaluación de conos y semillas se realizó el análisis de varianza utilizando un modelo de clasificación anidado, para detectar diferencias entre procedencias.

Los resultados obtenidos de crecimiento no reflejan diferencias significativas entre procedencias en las variables altura total, diámetro basal y número de ramas, de igual manera para la sobrevivencia. Para la proporción de sexos, existe un mayor número de individuos que solo tienen estructuras reproductoras masculinas para las tres procedencias, además se encontró un mayor número de individuos con ambos sexos. Para potencial y eficiencia de semillas no hubo diferencias significativas entre procedencias, los valores encontrados para La Encantada 35 y 24 %, Salaverna 33 y 20 % y Laguna de Sánchez 30 y 19 %. Los resultados del ensayo de germinación fueron bajos y no presentaron diferencias significativas entre procedencias, donde se encontraron los siguientes porcentajes Salaverna con 25%, seguido de La Encantada y Laguna de Sánchez con 22 y 19 % respectivamente.

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

Correo electrónico; José Alberto Solano Montoya, [solano.26for@gmail.com](mailto:solano.26for@gmail.com)

## ABSTRACT

In this study it was compared the growth and production of seed of three provenances of *Pinus johannis* M. –F. Robert, of a plantation established thirteen years ago in Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila, in order to find out differences between provenances. The evaluated provenances were: La Laguna, N.L., Salaverna, Zac., y La Encantada, N.L.

The evaluated variables after thirteen (2015) of the establishment of the plantation were diameter at the base of the plant, total height, number of branches, survival, proportion of sex and analysis of cones and seeds. For the growth it was performed an analysis of variance between provenances, using a randomized complete blocks model, it consisted of four blocks with a total of 282 plants. Subsequently a Tukey test was performed for the means separation. For the evaluation of cones and seeds it was performed the analysis of variance using a nested classification model to detect differences between provenances.

The results obtained of growth did not reflect significant differences between provenances in the variables total height, basal diameter, number of branches, as well as for the survival. For the proportion of sex there is a greater number of individuals that have only male reproductive structures for three provenances, it was also found a greater number of individuals with both sexes. For the potential and seed efficiency there were no significant differences among provenances, the values found for the Encantada 35 y 24 %, Salaverna 33 y 20 % y Laguna de Sánchez 30 y 19 %. The results for the germination test were low, with no significant differences among provenances, the following percentages were found Salaverna with 25%, followed by La Encantada y Laguna de Sánchez with 22 y 19 % respectively.

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

## 1 INTRODUCCIÓN

En México existen 15 especies de pinos piñoneros, las cuales están distribuidas en los estados del norte y centro del país (Eguiluz-Piedra, 1982; Fonseca, 2003). Estos a su vez se dividen en dos grupos; Cembroides: *Pinus monophylla* Torr. et Frem., *P. edulis* Engelm, *P. remota* (Little) Bailey et Hawksworth, *P. catarinae* M-F. Robert-Passini, *P. cembroides* Zucc. *P. cembroides* subsp. *orizabensis* Bailey, *P. discolor* Bailey et Hawksworth, *P. johannis* M-F. Robert, *P. lagunae* M-F. Robert-Passini, *P. quadrifolia* Parl., *P. juarezensis* Lanner y *P. culminicola* Andresen et Beaman, y la sección de los pinceanas: *Pinus pinceana* Gord. *P. maximartinezii* Rzedowski, *P. nelsoni* Shaw y *P. rzedowski* Madrigal et Caballero (Perry, 1991). Cada una de estas especies se encuentran en un estatus de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

Dentro del grupo de los piñoneros, *Pinus johannis* M.F. Robert. es una especie que se encuentra sujeto a protección especial de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a que sus poblaciones son relativamente pequeñas y se ubican aisadas, sin embargo si existen valores reproductivos bajos, la permanencia de la población se vuelve crítica, es de aquí donde parte la idea de realizar un análisis de conos y semillas para conocer su estado reproductivo (SEMARNAT, 2010).

En nuestro país las especies de pinos juegan un papel muy importante, sobre todo aquellas que se encuentran clasificadas dentro de algún estatus, es necesario realizar plantaciones para la conservación y proliferación de las mismas, como es el caso de *Pinus johannis* que es una especie endémica y que además se encuentra sujeta a protección especial (Pr), por tal motivo es de gran interés conocer su estado reproductivo en ensayos de procedencias (Zobel y Talbert, 1988; SEMARNAT, 2010).

Una de las mejores alternativas para poder obtener gran parte de la información sobre la calidad y distribución de la variación genética de los árboles forestales, es a través de los ensayos de procedencia, estos nos ayudan a identificar

aquellas especies que presentan una mejor adaptabilidad al sitio y nos permite tener una amplia gama de diferencia en las especies que podrán ser de gran utilidad para escoger a aquel individuos que presente las mejores características, así como también obtener las fuentes superiores de las semillas para satisfacer las necesidades de reforestación. Los ensayos de procedencia nos ayudan también a definir la zonificación de las semillas como herramienta en el mejoramiento forestal y control del movimiento de semillas (Zobel y Talbert, 1988; Nienstaedt, 1990; Young, 1991).

Para poder distinguir de una forma más precisa aquella procedencia que tenga mayor crecimiento, así como producción y eficiencia de semilla, es necesario realizar los ensayos de procedencia en zonas donde se encuentre la distribución natural de dicha especie y poder realizar las actividades de reforestación (plantaciones) con semilla de la y/o las procedencias que obtuvieron los mejores resultados y así contribuir a la conservación de la especie y al mismo tiempo a revertir la degradación forestal (Zobel y Talbert, 1988; Nienstaedt, 1990).

*Pinus johannis* es un pino que se pretende utilizar para actividades de reforestación, puesto que es una especie que se ha demostrado un desarrollo favorable en regiones con características similares al tipo de clima, y suelo que presenta el lugar de la plantación dentro de la localidad de Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila. Es por ello que es de gran importancia realizar ensayos de procedencias, puesto que estos nos podrán reflejar que tan adecuados o adaptados se encuentran los árboles en la plantación en cuanto a sobrevivencia, crecimiento, desarrollo, vigor así como su estado reproductivo y por ende saber cuál de las procedencias y familias pueden ser la mejor para tal fin (CETENAL, 1977).

El presente estudio es parte de la continuación del ensayo de procedencias establecido el año 2002 en el Cerro el Coahuilón, Ejido Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila, con plantas de *Pinus johannis* de cuatro años de edad provenientes de Salaverna, Zacatecas, Encantada, Zaragoza, Nuevo León y Ejido la Laguna de Sánchez, Nuevo León. Estas fueron evaluadas en los años 2002, 2004 y 2012 estas evaluaciones consistieron nada más en la sobrevivencia y crecimiento de la especie.

Por lo tanto, el seguimiento del ensayo de procedencias es hasta trece años de su establecimiento agregando la evaluación del potencial y eficiencia de semillas. Con el fin de certificar que la producción de semillas de las plantación es viable y poder tomar decisiones de que la plantación puede ser apta como una fuente de semillas así como para conocer las condiciones en que se reproduce la especie y diseñar estrategias para su conservación.

## OBJETIVOS

### 1.1 Objetivos generales:

- Comparar el crecimiento y sobrevivencia entre tres procedencias de *Pinus johannis* a trece años de su establecimiento en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.
- Estimar la producción y eficiencia de semillas de *Pinus johannis* de tres procedencias en la producción de 2015 en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

### 1.2 Objetivos específicos:

- Comparar entre procedencias las variables altura total, diámetro basal, número de verticilos y sobrevivencia para el año 2015.
- Comparar la producción y eficiencia de semillas entre las tres procedencias
- Determinar la proporción de sexos para la especie de *Pinus johannis* a la edad de 17 años.
- Determinar las diferencias en porcentaje de germinación para las tres procedencias.

### 1.2 Hipótesis

**Ho:** El potencial y eficiencia de semillas de *Pinus johannis* son similares entre procedencias.

**Ho:** Existe diferencia significativa en las variables altura total, diámetro basal, número de ramas y sobrevivencia de *Pinus johannis* entre procedencias.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción taxonómica de *Pinus johannis*

Es un arbusto que puede alcanzar de los 2-4 metros de altura, debido a su condición dioica es muy raro que se encuentre únicamente con un solo fuste dominante. Su copa es muy densa baja y redonda. La corteza es de color gris y lisa, en los arboles jóvenes, mientras que en los arboles más viejos es áspera y escamosa, teniendo también los canales no muy profundos. Las ramas son de color gris oscuro y áspero. Regularmente los fascículos están formados por 3 acículas, aunque a veces se pueden encontrar de 2 y 4 acículas, con una longitud de 3-5 cm de largo y 0.9-1.2 mm de espesor, son flexibles, márgenes enteros, con estomas presentes solo en las superficies ventrales y con 2 canales resiníferas. Los cotiledones son de color café y miden de 9-11 mm de largo y 5-7 mm de ancho; sostenidos individualmente o por parejas en pedúnculos delgados. Los conos son oblongos y resinosos miden de 3-4 cm de largo y 2-3 cm de ancho cuando abren; se pueden encontrar solos o en pares sobre pedúnculos cortos y delgados. El pedúnculo es muy corto, 3-4 mm de largo y se cae con el cono. Las escamas del cono son delgadas y rígidas, el apófisis irregularmente romboide, pequeña, delgada y plana o ligeramente elevada, 10-15 mm de ancho, las escamas intermedias son fértiles a diferencia de las que se encuentran en la base y el ápice del cono, además de que estas son muy pequeñas. Las semillas son comestibles, de color marrón, sin alas, unos 10 mm de ancho, la cubierta de la semilla o cáscara es gruesa, de 0.5-1.0 mm y dura; cotiledones 6-11, endospermo blanco y comestible. Madera de color marrón amarillento pálido, utilizado sólo para combustible (Perry, 1991; Flores *et al.*, 2013).

## 2.2 Distribución de *Pinus johannis*

*P. johannis* se localiza generalmente en la Sierra Madre Occidental (Zacatecas, Coahuila) y la Sierra Madre Oriental (Nuevo León), con rangos altitudinales superiores a los 2700 msnm. Se desarrolla en suelos pobres y pedregosos, con climas templados subhúmedos y con menor preferencia al clima semifrío húmedo. Las poblaciones Ejido San Antonio La Osamenta con una superficie de 400.274 ha, en la Propiedad Privada Mesa del Rosario existen 118.927 ha pobladas de esta especie, en la comunidad Laguna de Sánchez se encuentran 305.453 ha (estas tres poblaciones en el estado de Nuevo León) y en el Ejido Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila, se tiene una superficie de 211.378 ha (Barrera, 2007).

La especie fue descrita por primera vez en Concepción del Oro y Mazapil, Zacatecas entre las coordenadas 24° 37' N, 101° 28' O. Encontraron también otras localidades, las cuales se localizan en el extremo norte de Zacatecas, Oeste de Coahuila, y en el estado de Nuevo León entre los pueblos de Miquihuana, Tamaulipas y Aramberri, N. L. Así como en el estado de 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; Barrera, 2007).

## 2.3 Aspectos Ecológicos

Los piñoneros del grupo *Cembroides* tienen una dispersión muy amplia, desde los 18° hasta los 40° de latitud norte (Passini, 1985). Debido a esto, los aspectos ecológicos varían a diferente grado altitudinal y es de esa manera en que se comportan las diferentes especies, a continuación se describen algunos aspectos ecológicos donde desarrolla *P. johannis*.

*P. johannis* se encuentra con mayor frecuencia en pendientes expuestas, rocosas, áridas o espinosas, con pendientes poco elevadas, los suelos son muy

variables desde nulo a pleno afloramiento de roca madre hasta 40 cm de profundidad, posee un pH ligeramente alcalino (7.7) (García y Passini, 1993; González, 1998).

Se encuentra en climas templados y secos (BS, clasificación climática de Koppen), es común que se encuentre en áreas de inviernos fríos, siendo una especie resistente a las heladas; presenta precipitaciones mínimas de 150 mm y máximas de 250 mm; temperaturas mínimas de -15.3 °C y máximas de 39 °C (Eguiluz, 1982; Malusa, 1992; García & Passini, 1993).

*P. johannis* se encuentran en poblaciones fragmentadas y aisladas en una altitud de 1,900-3,000 m.s.n.m. Debido a esta condición de fragmentación se asocia con poblaciones de *Pseudotsuga menziessii* (Mirb), *Quercus hypoxantha* Trel y *Quercus greggii* Liemb. En poblaciones que existe mayor homogeneidad se puede encontrar asociado a una vegetación de tipo matorral de *Agave* sp, *Arctostaphylos* sp, *Ceanothus* sp, *Dasyllirion* sp, *Yucca* sp, con algunas herbáceas como *Eupatorium* sp, *Penstemon* sp, y *Salvia* sp. (García y Passini, 1993; González, 1998).

#### 2.4 Análisis de conos y semillas

Mediante el análisis de conos y semillas, se puede evaluar el potencial y eficiencia de semillas de un área deseada, ya sea huerto semillero, rodal natural, ensayos de procedencias (plantación). Esta técnica fue utilizada por primera vez por Lyons (1956) para determinar la eficiencia de semillas para el pino rojo, *Pinus resinosa* Ait. Consiste en separar manualmente las escamas del cono de manera sistemática, una vez terminado se realiza la evaluación de las siguientes características: óvulos abortados de primero y segundo año, número de semillas llenas y vanas y el número de escamas fértiles e infértiles (Bramlett *et al.*, 1977).

Realizando este análisis de los conos podemos obtener información necesaria para evaluar la productividad de las semillas que puede expresarse en términos de eficiencia de semilla. El potencial de semillas podemos expresarlo como dos veces el número de escamas fértiles de un cono, por lo tanto el resultado de esta expresión es el número máximo de semillas que estos frutos pueden llegar a producir, la

eficiencia de semillas llenas es la cantidad de semillas llenas en relación al potencial de semillas. La deficiencia de esto, está dado principalmente por la falta y baja viabilidad del polen, daños por insectos y hongos (Bramlett, 1974; Bramlett *et al.*, 1977).

Bramlett *et al.* (1977) modificaron y desarrollaron el método conocido como análisis del cono, para evaluar la productividad de las semillas. Mediante el cual se puede determinar la fase de desarrollo de la semilla en la que ocurren pérdidas, además de identificar y cuantificar los diferentes tipos de deficiencia en la semilla. También 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.

## 2.5 Situación actual de la especie

Debido a que *Pinus johannis* se encuentra en poblaciones pequeñas, aisladas y fragmentadas se considera amenazada por distintos factores, tales como: las actividades de agricultura, ganadería y explotación de la madera para leña por las poblaciones rurales cercanas a las poblaciones de dicha especie, aun así, en poblaciones principales se ha notado que la regeneración de *P. johannis* es media. Estos factores inciden de forma negativa en su reproducción, catalogándolo así bajo protección especial en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Debe señalarse también que hay especies forestales que se encuentran en poblaciones aisladas y de tamaños relativamente pequeños, lo 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, que repercute en la capacidad germinativa, el vigor de plántulas y la tasa de crecimiento y supervivencia en campo. 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 (Robert, 1978; García & Passini, 1993; Mosseler, 1998; SEMARNAT, 2010).

Cuadro 1. Estudios realizados de *Pinus johannis* en poblaciones naturales y sobre el ensayo de procedencia en estudio.

PN= Población Natural, EP= Ensayo de Procedencias.

Tema	Número de poblaciones o procedencias	Colecta y/o evaluación de variables dasométrica (año)	Lugar de Estudio	Variables evaluadas	Resultados	Autor
Producción y viabilidad de semillas (PN)	2	1998 y 2003	El Coahuilón Arteaga, Coah. y Puerto el Dique, Concepción de Oro, Zac.	Producción y viabilidad de semillas	Diferencia entre las dos poblaciones	López, 2005
Crecimiento (EP)	3	2002, 2003 y 2004	Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila	Diámetro a la base de la planta, altura total y número de ramificaciones	Diferencia en altura y número de ramas	Muñoz, 2006
Producción de semillas e Indicadores reproductivos (PN)	4	1998, 2003 y 2008	Laguna de Sánchez N.L., El Coahuilón Arteaga, Coah., Concepción de Oro, Zac., y La Siberia N.L.	Potencial y eficiencia de semilla e indicadores reproductivos	Diferencia entre los años de colecta	Villa, 2010
Sobrevivencia y Crecimiento (EP)	3	2002, 2004 y 2012	Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila	Diámetro basal, altura total y número de ramificaciones, área de copa, proporción de sexos y sobrevivencia	Diferencia en altura y número de ramas	Sánchez, 2013
Crecimiento e Incremento (PN)	6	2015	Laguna de Sánchez N.L., Mesa de las Tablas, Arteaga, Coah., Concepción de Oro, Zac., La Siberia N.L., Mesa del Rosario N.L. y San Antonio de la Osamenta N.L.	Altura, diámetro basal y diámetro de copa,	Diferencia entre las poblaciones	Salmerón, 2015
Producción e Indicadores Reproductivos de Conos y Semillas (PN)	5	1998, 2003, 2008 y 2012	Laguna de Sánchez N.L., El Coahuilón, Arteaga, Coah., Concepción de Oro, Zac., La Siberia N.L. y San Antonio de la Osamenta N.L.	Potencial y eficiencia de semilla e indicadores reproductivos	Diferencia entre años y procedencias	Corona, 2015

## 2.6 Estudios realizados con *Pinus johannis* en ensayos de procedencias y poblaciones naturales

Es importante señalar que dentro de la evaluación de los ensayos de procedencias, las variables más utilizadas para la valoración de procedencias más prometedoras son el diámetro a la base, la altura total y la sobrevivencia de las plantas, así como también el potencial y eficiencia de semillas para poder determinar si puede ser una fuente de semillas viable. Sin embargo los estudios de la especie se han concentrado más en las poblaciones naturales, los cuales se enfocan en la producción y viabilidad de semillas e indicadores reproductivos (Cuadro 1).

Como antecedentes, Muñoz (2006) evaluó el ensayo de procedencia en estudio, obteniendo resultados con diferencia significativa entre las procedencias para las variables altura y número de ramas, debido a que estas son fácilmente perceptibles a temprana edad. De igual manera Sánchez (2013) evaluó dicho estudio, encontrando también una diferencia significativa entre las procedencias para las variables altura y número de ramas. Además evaluó las variables de sobrevivencia y proporción de sexo, en estas variables no encontró diferencia significativa alguna.

Los ensayos de procedencia juegan un papel muy importante en el mejoramiento genético, ya que debido a ellos se pueden obtener información necesaria para considerar la introducción de una especie, los estudios comparativos de los climas y demás condiciones ecológicas de la región de origen y de la región de introducción, permiten hacer previsiones generales sobre las posibilidades de éxito (Moreno *et al.*, 1986).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de plantación

La plantación se encuentra localizada en la localidad Mesa de las Tablas, Arteaga, Coah. (25° 15' 9.6" N, 100° 25' 30" O) a 2580 msnm, en una superficie de 5,000 m<sup>2</sup>, con una pendiente de 25% (CETENAL, 1977). Donde predomina el suelo aluvión, presentándose rocas rudimentarias (lutita y caliza), dando origen a la siguiente fórmula de suelos, Hc + E/2 descrito como suelo predominante el feozem calcárico (Hc), como suelo secundario a la rendzina (E) y con una clase textura media (CETENAL, 1977).

De acuerdo a la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., la temperatura medio anual es de 12.7 °C; la precipitación promedio anual es de 470.6 mm, con un régimen de precipitación escasa aunque puede presentarse lluvia durante todo el año. El mes más cálido es mayo con una temperatura media 15.8 °C, los meses de julio y agosto son los que registran una mayor precipitación pluvial y es más escasa en el invierno. El tipo de clima es Cx' b (e') g descrito como clima templado – subhúmedo, con lluvias escasas todo el año, con un verano fresco largo, muy extremoso (Mendoza, 1983).

El tipo de vegetación es matorral normalmente mezclado en los bosques de *Pseudotsuga menziessi*, *Quercus hypozantha*, *Quercus greggii* y con *Pinus cembroides*, además de encontrarse géneros como *Agave*, *Arctostaphylos*, *Juníperos*, *Ceanothus*, *Dasyllirion*, *Yucca*, *Opuntia*, y algunas herbáceas tales como: *Eupatorium*, *Penstemon* y *Salvia* (García y Passini, 1993; González, 1998).

#### 3.2 Descripción de las procedencias

Las procedencias sujetas a estudio son Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León; Salaverna Mazapil, Zacatecas y La Encantada, Zaragoza, Nuevo León. La

procedencia Laguna de Sánchez se localiza en 25° 21' 14" N y 100° 21' 08" O, pertenece al Ejido de Santiago, Nuevo León, presenta una altitud de 1730 msnm, con una precipitación anual de 660 mm y con tipo de suelo Leptosol. La procedencia de Salaverna se localiza a bordo del camino de Concepción del Oro a Mazapil en los parajes "Puerto El Dique", "Cerro El Guaje", "Cerro El Bofe", en el municipio de Mazapil, Zacatecas con coordenadas de 24° 36' 44" N y 101° 27' 44" O, a una altitud de 2,820 msnm, presentando una precipitación anual de 440 mm y con un suelo Calcisol áplico. Y la procedencia La Encantada, Zaragoza, Nuevo León se localiza entre el poblado La Encantada y La Siberia con coordenadas de 27° 52' 41" N y 99° 50' 25" O, con una altitud de 2700 msnm, con un rango de precipitación anual de 600-800 mm y un tipo de suelo Leptosol (Anexo 1) (CETENAL, 1977; Barrera, 2007; Muñoz, 2006; Hernán, 2010).

### 3.3 Crecimiento en diámetro, altura, número de ramas, sobrevivencia y proporción de sexos de cada procedencia a 13 años de establecimiento de la plantación.

En el presente trabajo se evaluó el crecimiento de *Pinus johannis* para las variables diámetro, altura y número de ramas, sobrevivencia y proporción de sexo. Para la obtención del diámetro basal se utilizó un vernier digital calibrado en milímetros, tomando la medida de la base del tallo a nivel del suelo.

Para la altura y número de ramas, se utilizó un flexómetro tomando la medida en centímetros desde la base de la planta hasta la yema terminal. Para la estimación del número de ramas, fue necesario la contabilización directa de ellos en cada una de las plantas evaluadas.

En la determinación de la sobrevivencia, se hizo observación del número de plantas vivas relacionadas con el número de plantas muertas dentro de la parcela de estudio, considerando plantas vivas a aquellas que presentaban  $\geq$  de  $\frac{3}{4}$  partes de follaje color verde, además, se consideró la proporción de sexos como una variable más dentro del ensayo de procedencias, con el fin de conocer el porcentaje de

plantas que presentan estructuras reproductoras masculinas o estructuras reproductoras femeninas por procedencia.

El estudio se realizó mediante el diseño de bloques completamente al azar, establecido el día 31 de agosto del 2002, utilizando plantas de *Pinus johannis* con 4 años de edad, todas fueron colocadas de forma manual en un sistema de plantación de marco real, en cajetes de 30 cm de profundidad y distanciamiento entre plantas de 2 m, además se establecieron franjas de protección alrededor del experimento (Muñoz, 2006). Considerando tres procedencias: Salaverna, Zac., La Encantada, Zaragoza, N. L. y La Laguna, N. L., el cual constó de 4 bloques y se evaluaron todas las plantas de cada procedencia utilizando un total de 282 plantas (Anexo 1). Se utilizó el siguiente modelo estadístico.

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + P_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, n;$$

$$j = 1, 2, \dots, k$$

En donde:

$X_{ij}$  = Es un valor típico de la unidad experimental.

$\mu$  = Media poblacional.

$\beta_i$  = Representa un efecto de bloque que refleja el hecho de que la unidad de experimentación cae en el  $i$  – ésimo bloque.

$P_j$  = Representa un efecto de tratamiento, que refleja el hecho de que la unidad experimental recibió la  $j$  – ésima procedencia.

$\varepsilon_{ij}$  = Es un componente residual que representa todas las fuentes de variación que no sean las procedencias o los bloques.

Los resultados de las variables evaluadas fueron procesados en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) mediante el procedimiento PROC GLM. Para las variables que presentaron diferencias estadísticamente significativas se realizó la comparación de medias por medio de la prueba de Tukey (0.05) (Vera, 1995).

En la última evaluación de la plantación, se consideró la proporción de sexos como una variable más dentro del ensayo de procedencias, con el fin de conocer el porcentaje de plantas que presentan estructuras reproductoras masculinas o estructuras reproductoras femeninas (Figura 1) por procedencia y de nueva cuenta para la evaluación 2015 se consideró esta variable para ver su comportamiento al paso del tiempo.



Figura 1. Muestra de estructura reproductora masculina (A) y estructura reproductora femenina (B) de *Pinus johannis* en Mesa de las Tablas, Sierra de Arteaga, Coahuila (Sánchez, 2013).

Con base a la evaluación de las estructuras masculinas y femeninas de cada uno de los árboles de cada procedencia, se realizaron gráficas donde se representa el porcentaje de; machos, hembras, monoico predominante macho y monoico predominante hembra. De igual manera se realizó una sola gráfica que representa toda la plantación.

### 3.4 Análisis de la producción de semillas y germinación por procedencia

#### 3.4.1 Análisis de la producción de semillas

El material utilizado para este trabajo consistió en una colecta de conos de todos los árboles del ensayo de procedencias. La colecta de los conos se realizó de manera manual, obteniendo todos los conos del árbol, utilizando para ello gancho y garrocha corta conos. En la colecta se cortaron todos los conos por árbol, los conos extraídos fueron colocados en bolsas de plástico, cada una de estas bolsas fue identificada 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 del Departamento Forestal, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

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 plumón de tinta permanente). En esta actividad se perforaron las bolsas para evitar la presencia de hongos y ayudar a que el cono secase más rápido.

Una vez que los conos se habían deshidratado y estaban secos (esto después de 30 días), se procedió a separar las escamas. A cada cono se le extrajo 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. Al terminar la extracción se realizó la evaluación de las siguientes características: número de semillas (llenas y vanas) y de escamas (fértils e infértiles) (Bramlett *et al.*, 1977).

La eficiencia de semillas se obtuvo separando las semillas desarrolladas y las semillas vanas; esto se realizó sumergiendo las semillas en alcohol etílico a 70 % con un tiempo de operación menor de un minuto (Caron y Powell, 1989). Las semillas llenas se hunden y las vanas flotan, se separaron del alcohol con un cedazo y se colocaron sobre un papel absorbente durante cinco minutos, esto con el propósito de evaporar el alcohol; una vez ocurrido lo anterior, las semillas fueron

colocadas en bolsas de plástico con identificación y se guardaron en un refrigerador a temperaturas de 0 a 4°C.

Los datos obtenidos del análisis de conos y semillas de las tres procedencias fueron capturados en Excel y después al paquete estadístico SAS, a través del cual 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.

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

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

Donde:

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

$\mu$  = es la media poblacional.

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

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

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

#### 3.4.2 Ensayo de germinación

Se realizó para ver el porcentaje de germinación de las tres procedencias en estudio, donde cada una de estas fue un tratamiento, además de incluir un tratamiento con la mezcla de las semillas de las tres procedencias, se utilizó un diseño completamente al azar, los tratamientos se muestra en el Cuadro 2, el establecimiento de este ensayo se realizó con el material colectado en el 2015 en el ensayo de procedencias de mesa de Las Tablas Arteaga, Coahuila.

Para el establecimiento del ensayo se requirió 600 semillas de *P. johannis*, 125 semillas por tratamiento; 5 repeticiones con 25 semillas cada una, el diseño del experimento se realizó completamente al azar (Anexo 3).

Cuadro 2. Descripción de los diferentes tratamientos del ensayo de germinación

Clave del Tratamiento	Descripción del Tratamiento
T0	Semillas de las tres procedencias
T1	La Encantada
T2	Salaverna
T3	Laguna de Sánchez

De acuerdo a los tratamientos, se procedió a la colocación de las semillas en papel Anchor; previamente humedecido con agua destilada; se cubrieron las semillas con otro papel, para posteriormente enrollarlo y así formar los tacos de papel, los cuales se establecieron en una cámara de germinación a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm \text{ }^{\circ}\text{C}$  de temperatura y 80 % de humedad relativa.

Las evaluaciones se realizaron cada 3 días durante 28 días, evaluando el porcentaje de germinación y para los días 14 y 28 se registró el número de semillas germinadas, evaluando plántulas normales y anormales. Teniendo la base de datos en Excel se procedió a calcular el porcentaje de germinación de las plántulas normales y anormales de las clases de vigor del 1-4, para cada una de las procedencias dentro del periodo de la prueba de germinación (Petawawa National Forestry Institute, s.f.; Alberta Sustainable Resource Development Forestry Division, 2009). Para la comparación entre las procedencias se utilizó la ecuación simple aleatoria sin corrección finita como se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la  $j$ -ésima repetición del  $i$ -ésimo tratamiento

$\mu$  =Media general  $\tau_i$  = Efecto del tratamiento  $i$   $\varepsilon_{ij}$  =Error aleatorio

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Crecimiento de tres procedencias a 13 años de su establecimiento y proporción de sexos.

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias para las tres variables dasométrica evaluadas en el ensayo de procedencias, se hace la comparación entre procedencias para la colecta 2015. También se obtuvieron resultados del análisis de varianza (Anexo 2) de las diferentes variables, en la cual se hace la comparación de medias de una manera general y el cual nos permite realizar una comparación con los estudios realizados anteriormente por Muñoz (2006) y Sánchez (2013), ambos realizaron un análisis de crecimiento de *P. johannis* a diferentes fechas de colecta.

Cuadro 3. Comparación de medias de las tres procedencias de *P. johannis* en el ensayo de procedencia de Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Variable	Estadístico		Procedencia		
	*C. V.	Pr > F	La Encantada	Salaverna	Laguna de Sánchez
Altura (cm)	29.618	0.11	121.029	116.378	120.371
Diámetro Basal (mm)	26.252	0.42	50.669	52.694	51.800
Número de ramas	18.200	0.07	21.729	22.351	21.428

\* Coeficiente de Variación, Pr > F = F calculada.

#### 4.1.1 Altura

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (Cuadro 3, Anexo 4), para la variable altura no se encontraron diferencias significativas entre procedencias. A trece años de su establecimiento La Encantada mostró el mayor crecimiento entre procedencias (121.029 cm), seguido de Laguna de Sánchez (120.371) y por último Salaverna (116.378). Cabe mencionar que en los estudios realizados anteriormente si se encontraron diferencias significativas.

Muñoz (2006) encontró en el análisis de varianza, diferencias significativas entre dos de las procedencias ( $Pr= 0.04$ ). Para la fecha de establecimiento (2002) La Laguna mostró el mayor crecimiento entre procedencias (11.5 cm), lo que la hace diferente a la procedencia La Encantada (10.04 cm), pero similar a la de Salaverna (10.0 cm). Al el primer año de establecimiento de la plantación (2003) se presentó una respuesta parecida a la del momento de su establecimiento, puesto que se encontraron diferencias significativas entre procedencias ( $Pr= 0.03$ ), en donde la procedencia de La Encantada fue la que tuvo el mayor promedio en altura (11.9 cm), lo que la hace similar a la procedencia de La Laguna (11.7 cm), pero diferentes a la procedencia de Salaverna, la cual obtuvo el menor crecimiento (10.7 cm). Y para el segundo año no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza entre las procedencias. La procedencia La Laguna tuvo una altura promedio de 18.0 cm, y las procedencias La Encantada y Salaverna tuvieron un promedio de 17.1 y 17.0 cm, respectivamente

Sánchez (2013) añadió una colecta más al análisis hecho por Muñoz y esta colecta fue a los diez años del establecimiento de la plantación y los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado, arrojaron que no existe diferencia significativa entre las procedencias, nada más en los años de colecta y este fue para la fecha del establecimiento de la plantación. Debido a los resultados obtenidos en los diferentes años de colecta, se puede afirmar que esta variable no es continua a lo largo del crecimiento de la especie.

Comparando estos resultados, son semejantes a los que se obtuvieron en el ensayo de procedencias de pinos piñoneros (*Pinus nelsonii*, *P. pinceana* y *P. cembroides*) en el Noreste de México, donde tampoco existió diferencias entre especies ni entre localidades, pero si entre las edades de las plántulas, esto se argumenta en que para desarrollar en altura, las plántulas necesitan mayor tiempo para adaptarse a las condiciones del sitio e iniciar su crecimiento vertical (De los Ríos *et al.*, 2008).

De igual manera existen otros estudios que registran resultados similares a los anteriores, tal es el caso de *Pinus cembroides* en donde no se encontraron

diferencias significativas para la variable altura a la edad de 1 año cinco meses (Manzano, 1993); en *Pinus greggii*, evaluados a los 4.5 años en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L., no se obtuvieron diferencias entre procedencias para la variable altura a pesar que los valores van de 109.7 cm a 132.4 cm (Hernández, 2005).

Sin embargo, existen estudios donde se han encontrado diferencias para la variable altura, como el ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* en dos localidades, en donde la localidad de Lomas de San Juan, Chapingo, presentó una altura promedio que va desde los 56.9 a 147.9 cm para las procedencias de Los Lirios, Coah., y El Piñón, Hgo. (Valencia *et al.*, 1993). También con *Pinus oaxacana* evaluada en dos localidades de la Mixteca Alta de Oaxaca, hubo diferencias entre procedencias (Ruíz, 2003).

Una explicación del porque se presentan estos resultados, podría atribuirse a que existe poca variación entre procedencias dado, a que la plantación se localiza dentro de la distribución natural de *Pinus johannis* y no existe una separación ambiental más drástica; es decir, es probable que si se colocara esta especie dentro de una amplia variedad de ambientes podrían observarse diferencias en la variable (Zobel y Talbert, 1988).

#### 4.1.2 Diámetro Basal

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas entre las procedencias, como se muestra en el Cuadro 3 y Anexo 5. Con base a estos resultados la procedencia que presentó el mayor valor en diámetro basal fue Salaverna, seguido de Laguna de Sánchez y por último La Encantada.

De igual manera Muñoz (2006) no encontró diferencias entre procedencias para ninguno de los años evaluados. Al momento del establecimiento (2002) el diámetro basal por procedencias varió de 6.1 a 6.7 mm; para el primer año (2003) la media del diámetro basal varió de 6.8 a 7.5 mm y para el segundo año (2004) el diámetro basal promedio vario de 10.4 a 10.8 mm.

Similar fue el resultado que obtuvo Sánchez (2013), quien agregó una colecta más al estudio que realizó Muñoz, que fue a los 10 años del establecimiento de la plantación, los resultados que obtuvo de la colecta agregada fueron 30.22, 31.15 y 33.4 mm para las procedencias Salaverna, Laguna y la Encanta, respectivamente.

Estos resultados son similares a los obtenidos en el estudio del ensayo de procedencias con pinos piñoneros en el noreste de México. Los resultados del análisis de varianza para las primeras fechas (< 5 años) mostraron que las especies ( $P=0.0001$ ) y las edades ( $P=0.0001$ ) tuvieron un efecto estadísticamente significativo en el diámetro basal pero no en las localidades ( $P=0.3790$ ). Las pruebas de Tukey mostraron para las especies, que *P. cembroides* (0.84A) tuvo el mayor diámetro basal, seguido de *P. pinceana* (0.49B) y finalmente por *P. nelsonii* (0.21C). Las plántulas no mostraron diferencias significativas durante las primeras tres fechas de medición (julio de 1983, febrero de 1984 y julio de 1985), posiblemente porque éstas se encontraban todavía en un periodo de adaptación al sitio (De los Ríos *et al.*, 2008).

Otros estudios muestran resultados diferentes, tal es el caso de la evaluación de un ensayo de procedencias y progenies para *Pinus greggii* en dos localidades, en donde si hubo diferencias significativas entre procedencias en la localidad de Lomas de San Juan, Chapingo, esto debido a que la especie se estableció bajo dos condiciones ecológicamente diferentes; por lo tanto presenta una alta variación genética entre sus poblaciones (Valencia *et al.*, 1993). Otro claro ejemplo de diferencias es el ensayo de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca, donde se encontraron diferencias altamente significativas entre los sitios de plantación (Ruíz, 2003).

En los resultados en donde no se muestra diferencia alguna entre procedencias para las variables diámetro y altura puede deberse a que *Pinus johannis* es de lento crecimiento y corta edad, además de ser una especie de talla y porte bajo (Perry, 1991; Farjon y Styles, 1997).

#### 4.1.3 Número de Ramas

De acuerdo al análisis de varianza (Anexo 6) y al Cuadro 3 de comparación de medias, no se encontró diferencia significativa alguna entre las procedencias, el número de ramas promedio que se encontró para las tres procedencias es de 7.

Por otra parte Muñoz (2006) encontró diferencia significativa entre procedencias ( $Pr= 0.02$ ) al inicio de la plantación, donde la procedencia La Encantada fue semejante a la procedencia La Laguna, obteniendo un promedio de la variable número de ramas de 3.7 y 3.6, respectivamente; las cuales fueron diferentes a Salaverna, que registró un valor promedio de 2.5 ramas. Sin embargo para el primer año de establecimiento ya no se registraron diferencias entre procedencias. Y para el segundo año se encontraron diferencias significativas entre procedencias ( $Pr= 0.02$ ), en donde las procedencias de La Laguna y La Encantada obtuvieron valores altos y similares (7.9 y 7.5, respectivamente) pero diferentes a la población de Salaverna, que obtuvo el menor valor en promedio (6.0 ramas).

De igual manera Sánchez (2013) en la última evaluación (2012), y de acuerdo al análisis de varianza y el procedimiento de agrupación de medias Duncan, no se encontraron diferencias significativas entre procedencias.

El estudio de procedencias y progenies de *Pinus greggii*, mostró diferencias a nivel de familias para esta variable y se estimó una heredabilidad de medias familias de 0.40 para las localidades evaluadas (Valencia *et al*, 1993). Para el ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana*, se encontraron diferencias significativas entre procedencias, destacando la procedencia de San Miguel Aloapan, Oax., con un promedio de 6.74 verticilos (Ruíz, 2003).

Lucio (2011) en la evaluación de un ensayo con *Pinus cembroides* Zucc. en el C.A.E.S.A. (Centro Agrónomo Experimental de la Sierra de Arteaga) declara que no existen diferencias significativas en el número de verticilos con promedio de 8.2, por lo tanto, el número total de ramas promedio fue de 25.4, entonces, la especie piñonera *Pinus cembroides* con aproximadamente 14 años de edad, presenta una cantidad de número de ramas ligeramente mayor a la de *Pinus johannis* de la misma

edad, lo cual quiere decir que probablemente las dos especies presentan un similar proceso de aclimatación.

#### 4.1.4 Supervivencia

En la supervivencia evaluada el 24 de Noviembre de 2015, no se detectó diferencia significativa alguna en el análisis de varianza (Anexo 7). La supervivencia promedio general es de 69.2%, la procedencia de la Laguna es la que presenta mayor porcentaje de supervivencia con 72.9%, seguido de Salaverna con un valor de 69.4% y la Encantada con 65.4%.

Similares fueron los resultados que obtuvo Sánchez (2013), ya que tampoco encontró diferencia significativa, de igual manera la procedencia con mayor porcentaje de supervivencia fue La Laguna, seguida de Salaverna y por último La Encantada.

Estos niveles de supervivencia son un poco bajos comparados con un estudio realizado de la especie *Pinus oaxacana* con ocho procedencias, en donde tampoco hubo diferencias significativas para la variable en cuestión, el promedio general de supervivencia fue de 97 % con valores entre 92% y 100% por procedencia (Ruiz, 2003).

Comparando estos resultados obtenidos de las dos evaluaciones (2012 y 2015) son diferentes a los que muestran el ensayo de procedencias de *Pinus pinceana*, *P. nelsonii* y *P. cembroides* llevado a cabo en el Nordeste de México, en el cual las diferencias significativas se hicieron presentes entre las procedencias, entre especies y entre las fechas de medición, teniendo que *P. pinceana* fue la de mayor supervivencia con 62%, junto con *P. cembroides* con 60% y *P. nelsonii* es estadísticamente diferente a las otras dos con únicamente 44% de supervivencia (De los Ríos, 2008).

#### 4.1.5 Proporción de sexos

Con esta variable se puede discernir que las tres poblaciones incluidas en el estudio presentan una diferencia de porción para ambos sexos, observándose que los porcentajes de plantas que cuentan con estructuras reproductoras masculinas son mayor a los que tienen estructuras reproductoras femeninas a los diecisiete años de edad de *Pinus johannis*, además en las tres procedencias también se encontraron individuos con tipo de sexo monoico (Figura 2, 3,4 y 5).

Sánchez (2013) encontró para esta variable una proporción más homogénea para ambos sexos, además de que solo en dos procedencias (La Encantada y Salaverna) presentaron individuos con tipo de sexo monoico. Cabe señalar que para la evaluación de 2015 se tiene sesgo debido a que la evaluación se realizó fuera de tiempo en el que la plantación produjo estructuras reproductivas masculinas o estructuras reproductoras femeninas.

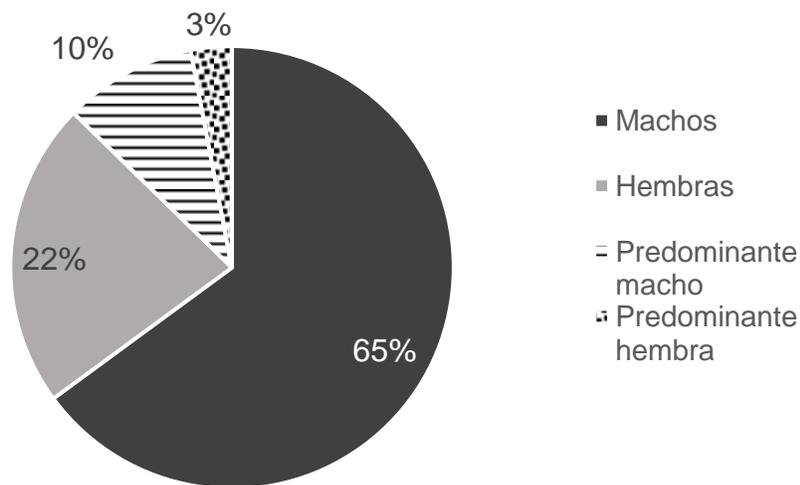


Figura 2. Proporción de sexos de *Pinus johannis* M.-F. Robert con 17 años de edad de la procedencia La Encantada, Zaragoza, Nuevo León.

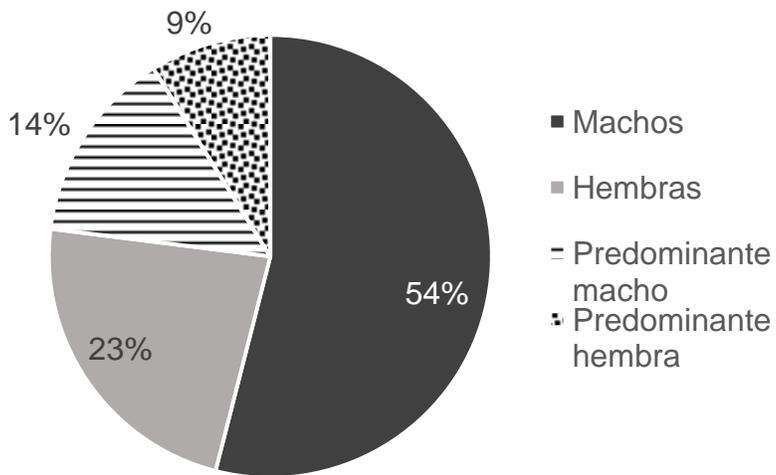


Figura 3. Proporción de sexos de *Pinus johannis* M.-F. Robert con 17 años de edad de la procedencia Salaverna Mazapil, Zacatecas.

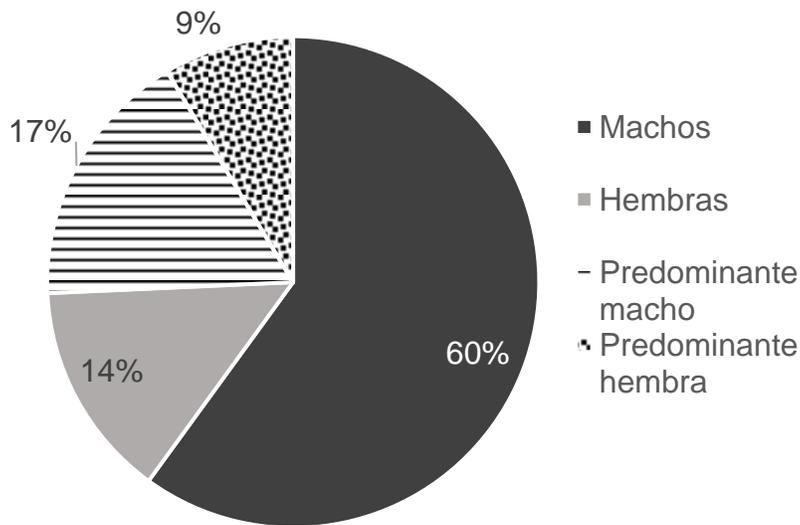


Figura 4. Proporción de sexos de *Pinus johannis* M.-F. Robert con 17 años de edad de la procedencia Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León.

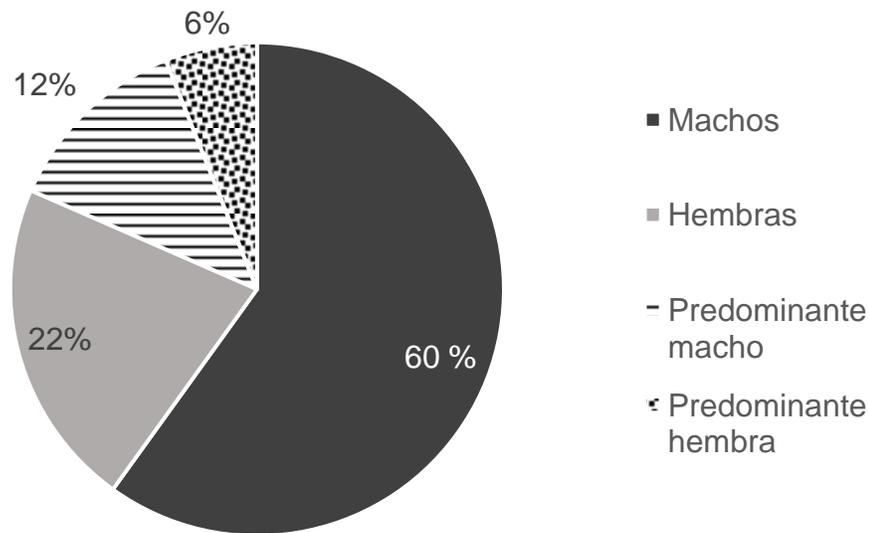


Figura 5. Proporción de sexos de *Pinus johannis* M.-F. Robert con 17 años de edad de toda la plantación.

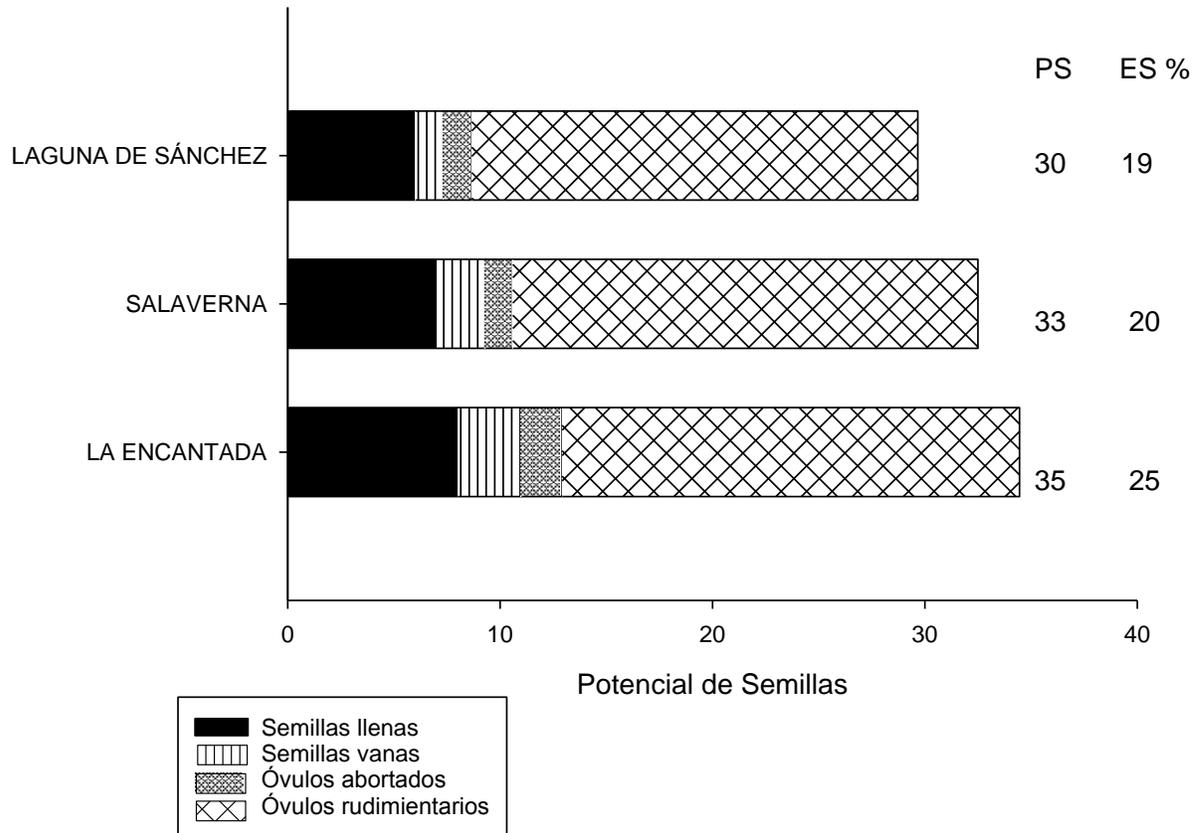
#### 4.2 Producción de semillas de tres procedencias para el año de colecta 2015.

##### 4.2.1 Potencial de Semillas y eficiencia de semillas

De acuerdo al análisis de conos realizado por primera vez para este ensayo de tres procedencias de *Pinus johannis*, La Encantada presenta el potencial de semillas más alto (35) y es similar al resto de las poblaciones, los valores más bajos son para Salaverna (33) y para Laguna de Sánchez (30) (Figura 6). En promedio de las tres procedencias, *P. johannis* tiene un potencial de 33 semillas por cono. De acuerdo al análisis de varianza realizado no se encontraron diferencias significativas entre las procedencias.

Como se puede observar el potencial de semillas por cono no fue muy variable entre las procedencias de *Pinus johannis* (Figura 6), este resultado ha sido diferente en otros estudios que se han realizado en las poblaciones naturales de dicha especie, así como de otras especies de Pinos (Cuadro 4). 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).



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

Figura 6. Producción de semillas de tres procedencias de *Pinus johannis* M.-F. Robert para la colecta 2015.

Como se puede observar (Cuadro 4), el potencial de semilla para *P. johannis* es variable en las diferentes poblaciones naturales y comparando estos valores con los obtenidos en el ensayo de procedencia en estudio, son inferiores para algunas de ellas. Haciendo una comparación entre piñoneros, también existe 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 semillas por cono.

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.

Cuadro 4. Comparación de potencial y eficiencia de semillas, entre diferentes especies de coníferas.

Especie	Potencial de semilla (rango)	Eficiencia de semilla % (rango)	Cita
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	41 (34 a 48)	19 (16-22) ¶‡	Villa (2010)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	33 (30-35)	21 (19-25)	Trabajo actual
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	23 (18 a 26)	8 ( 4-12) ¶‡	López (2005)
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert (4,2 y 1 años de colecta)	19.7 (19.3- 20.1)	25.8 (21.5- 30.1) ¶‡	Corona (2015)
	16.7 (14.6- 17.9)	29.9 (21.9- 34.7 ) ¶‡	
	10.5 (4.2- 15.7)	15.4 (4.7-23.3) ¶‡	
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	50 (44-66)	35 (0-54) ¶‡	Hernández (2006)
<i>Pseudotsuga macrolepis</i> Flous	44.2	7.06	Ponce y Bautista (2008)
<i>Pinus teocote</i> Schl	73.8 (81.0-66.7)	40.25 (36.0-44.4) ‡	Mendizábal et al. (2010)
<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i> D.K.	29	57.6	Sánchez et al. (2005)
<i>Pinus culminicola</i> Andresen et Beaman	14	0	Pérez (2014)
<i>Pinus coulteri</i> D. Don	202.5 (199-206)	61.5 (61-62) ¶	García (2012)
<i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson	266 (254-294)	7 (4-13)¶	López (2007)
<i>Pinus greggii</i> Engelm	161 (152 a 170)	78.9 ( 70.8-86.9) ‡	Alba et al. (2005)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	193 (187 a 200)	71.5 % (68 a 75 %)	Alba et al. (2003)
<i>Picea mexicana</i> Martínez	103 (91 a 116)	13.5 % (9 a 18%) ¶	Flores et al. (2005)
<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	90 (48 a 126)	37 % (4.4 a 80.7 %)	Narváez (2000)

¶ Estudio realizado en diferentes poblaciones. ‡ Estudio realizado en diferentes años

Para este estudio se encontró una eficiencia de semillas promedio de 21 % de las tres procedencias de *P. johannis* bajo estudio en el ensayo de procedencias; donde el porcentaje más bajo de eficiencia de semillas se presentó en la población Laguna de Sánchez con 19 %, sin embargo estadísticamente es igual para Salaverna con 20 %, el valor más alto se presentó para La Encantada con 25 % (Figura 6).

Los valores de eficiencia de semilla encontrados en *Pinus johannis* son diferentes a los encontrados en estudios realizados en poblaciones naturales, sin embargo estos resultados están por arriba de los encontrados para algunas poblaciones. En comparación con otras coníferas estos resultados son completamente variables (Cuadro 4).

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos tanto del potencial de semillas como la eficiencia con otras especies de coníferas, estos valores pueden ser relativos 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). Tal es el caso de *P. johannis* que se encuentra en poblaciones relativamente pequeñas y fragmentadas, debido a esto no es una especie que sobresalga por presentar valores altos de eficiencia, se puede observar (Cuadro 4) 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.

#### 4.2.2 Pérdida de semillas

De acuerdo al análisis de conos y semillas, los resultados indican valores altos en pérdida de semillas, durante el proceso de producción, la cantidad de óvulos

abortados es igual para las tres procedencias de *P. johannis* con un promedio de dos óvulos por cono (Figura 6).

Flores *et al.* (2005) reportan una alta proporción de óvulos abortados en un estudio realizado de *Picea mexicana* Martínez con tres poblaciones, se debe probablemente a una deficiente producción y viabilidad del polen, ya que no encontraron evidencias de daños por insectos. 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 las procedencias La Encantada y Salaverna presentan la misma cantidad de óvulos rudimentarios (22) en comparación con Laguna de Sánchez que es similar a las dos anteriores (21) (Figura 6). 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 La Encantada es la que presenta la mayor cantidad con tres, similares a los de Salaverna y Laguna de Sánchez (2 y 1), en promedio para las tres procedencias se tiene dos semillas vanas por cono (Figura 6).

#### 4.2.3. Ensayo de germinación

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Cuadro 5) muestra la comparación de medias del porcentaje de germinación de cada procedencia. Se puede ver no existe alguna diferencia significativa entre las procedencias, la procedencia Salaverna (T2) es la que tuvo el más alto porcentaje de germinación con un 25 %, seguida de La Encantada (T1) con un 22% y por último se encuentra Laguna de Sánchez (T3) con el 19%. Se encontró también un porcentaje menor que es para T0 (una mezcla de semillas de las tres procedencias en estudio) con un valor de 16%.

Cuadro 5. Análisis de varianza de comparación de medias por Tukey de las tres procedencias evaluadas.

Tratamiento	Porcentaje de germinación
T2	25
T1	22
T3	19
T0	16

T0= tratamiento con semillas de las tres procedencias, T1= La Encantada, T2= Salaverna, T3= Laguna de Sánchez

Se puede observar en los resultados que el porcentaje de germinación a trece años de establecida la plantación es bajo, esto puede deberse a diversos factores. En primera instancia la aplicación de un tratamiento pre germinativo diferente al utilizado para aclarar la latencia de las semillas, ya que esto puede propiciar a obtener mejores resultados.

Uno más de los factores del porque no exista una germinación favorables es la latencia o dormancia, que es el estado en el cual una semilla viable no germina, aunque se coloque en condiciones de humedad, temperatura y concentración de oxígeno idóneas para hacerlo. Esta es una de las propiedades adaptativas más importantes que poseen los vegetales. Gracias a ello, las semillas sobreviven en condiciones desfavorables y adversas. Algunas causas de la latencia pueden ser; inmadurez del embrión, restricciones mecánicas para el desarrollo del embrión presencia de sustancias inhibidoras en diferentes tejidos de la semilla requerimientos especiales de luz y temperatura (Prisco *et. al.*, 1992; CATIE, 1996).

Estos valores también pueden verse afectados debido que las poblaciones de *Pinus johannis* se encuentran fragmentadas y por ende no existe un población homogénea, debido a esto disminuye la capacidad de los individuos para reproducirse y desarrollarse, al aumentar la endogamia producto de la autofecundación o polinización entre árboles emparentados (Robert, 1978; Mosseler *et al.*, 2000).

## 5. CONCLUSIONES

En el ensayo de procedencias las variables evaluadas de altura total, diámetro basal, número de ramas, así como de sobrevivencia, el ensayo de procedencias demuestra que no existe diferencia estadística después de 13 años de establecida.

El potencial y la eficiencia de semillas de *Pinus johannis* son similares entre las tres procedencias.

La poca variación ambiental del origen de las procedencias con el lugar de establecimiento, así como la estructura genética de éstas, podría explicar las diferencias no significativas.

En las tres procedencias se presentó un promedio de 60 % de individuos con solo estructuras reproductivas masculinas, mayor a los que presentaron solo estructuras reproductivas femeninas y con el 15 % fueron individuos de ambos sexos.

El porcentaje de germinación semillas para las tres procedencias fue muy bajo y no se encontraron diferencias significativas entre ellas.

## 6. RECOMENDACIONES

Seguir monitoreando la producción del ensayo de *Pinus johannis* durante los siguientes años y hacer la integración del análisis para comparar resultados y evaluar la frecuencia e incidencia de factores que contribuyen de la producción.

Realizar la colecta de conos preferentemente en el mes de septiembre.

## 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 greggii* Engelm en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 7 (2): 37- 40.
- 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.
- 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. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.45 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.
- CETENAL. 1977. Carta de uso de suelo. G14C45. San Rafael, Nuevo León y Coahuila. Escala 1: 50,000.
- CATIE. 1996. Mejoramiento genético, selección y manejo de fuentes semilleras y de semillas forestales. Turrialba, Costa Rica. 152 p.
- Corona M., D.L. 2015. 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. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal.

- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 55 p.
- De los Ríos C, E., R. De Hoogh, y J.J. Návar C. 2008. Ensayos de especies con pinos piñoneros en el nordeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2): 97-104.
- Eguiluz P.T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus*. *Ciencia Forestal*. 44p.
- 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.
- Fonseca J., R. M. 2003. De piñas y piñones. *Ciencias*. 69: 64-65.
- 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 Vecchyo., A. Ortiz M., A.V. Whipple., F.m 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 pine especies (Subsection cembroides). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69: 940-949.
- García A., A. y M. F. Passini. 1993. Distribución y ecología de *Pinus johannis* M. F. Robert. *Phytologia* 74 (2):125 – 127.
- 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. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 36 p.
- González A., J. 1998. Los bosques piñoneros de México. Estudio del bosque de *Pinus johannis* M. F. Robert en Concepción del Oro, Zacatecas. Tesis de Maestría en Ciencias. U.A.Ch. Chapingo, México. 152 p.
- Hernández B., E. 2005. Ensayo de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 53 p.

- Hernández S., P. 2006. Producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 32 p.
- López C., Y. 2005. Producción y viabilidad de semillas de *Pinus johannis* M.F. Robert en dos poblaciones naturales de México. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 48 p.
- López R., E. 2007. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 36 p.
- Lucio D., C. 2011. Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 60 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.
- Malusa, J. 1992. Phylogeny and Biogeography of the Pinyon Pines (*Pinus* subsect. *Cembroides*). Systematic Botany 17: 42-66.
- Manzano C., M. G. F. 1993. Ensayo regional de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., en las etapas de semillero y vivero. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 88 p.
- Mendoza H., J. M. 1983. Agrometeorología. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 616 p.
- 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]. 15 de

Mayo de 2015. Disponible en: <http://redalyc.org/www.redalyc.org/articulo.oa?id=49719770004>.

- Moreno V., A. Mercadet y M. Antón. 1986. Principios de mejoramiento genético forestal. Genética y su mejoramiento arbóreo. *In*: Colectivo de autores. Centro Universitario de Educación Superior. Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba. pp. 217 – 259.
- 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. 1998. Minimum viable population size and the conservation of forest genetic resources. Chapter 13. *In*: S. Puri (Ed.). *Tree Improvement: Applied Research and 84 Technology Transfer*. Science Publishers, Inc. U.S.A. pp 191- 205.
- 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 spruce, *Picea Rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. *Canadian Journal of Botany* 78:298-940
- Muñoz, F., T. 2006. Crecimiento de *Pinus johannis* M.-F. Robert en un ensayo de procedencia en Mesa de las Tablas, Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila. 33 p.
- 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.
- Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. *In*: Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 34 – 41.
- Passini, M. 1985. Algunas consideraciones acerca de los pinos piñoneros en México. *In* Simposium Nacional sobre Pinos Piñoneros 1985, memoria; Linares, Nuevo León, México, del 10 al 12 de junio de 1985. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Linares, Nuevo León, México. pp.130-136.

- 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.
- Perry, J.P 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber press. Portland, Oregón, U.S.A. 231 p.
- Petawawa National Forestry Institute [s.f], 2009. Seed testing guidelines. Seed Testing Guidelines. Canada. 10 p.
- Pérez P., E. A. 2014. Comparación del potencial y eficiencia de semillas de *Pinus culminicola* Andresen et Berman con pináceas. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 37 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.
- 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.
- Prisco, J. T.; C. R. Haddad, y P. Bastos, J. L. Hydration-dehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. Rev. Brasil. Bot., 1992, 15(1); 31-35.
- 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.
- Robert, M. F. 1978. Un nouveau pin pignon Mexicain: *Pinus johannis* M.-F. Robert. Adansonia. Serie 2. 18(3): 365-373.
- Ruíz A., V. 2003. Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov., en dos localidades de la región Mixteca Alta, Oax. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 93 p.

- Sánchez, R., H. 2013. Sobrevivencia y crecimiento de *Pinus johannis* M.-F. Robert en un ensayo de procedencias a diez años de su establecimiento en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 43 p.
- 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 Alzayaca, Tlaxcala, México. Foresta Veracruzana. 7(1):15-20. [En línea].15 de Mayo de 2015. Disponible en: <http://redalyc.org/www.redalyc.org/articulo.oa?id=49770104>
- Salmerón, B., S.A. 2015. Crecimiento e Incremento de árboles de seis poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert en el Noreste de México. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 62 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. 2010. 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. México, D. F. 77 p. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010)
- Valencia M., S., A. Plancarte B. y C. Cigarrero C. 1993. Evaluación de un ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* en dos localidades. *In: Memorias del I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de Ponencias.* Buenavista, Saltillo, Coah. pp. 78.
- Vera, S. 1995. Analyzing ANOVA Designs. *Biometrics Information Handbook No. 5.* Ministry of Forests Research Program. Province of British Columbia. 61 p.
- Villa, P., V.H. 2010. Producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus johannis* M.-F. Robert en el noroeste de México. Tesis Profesional. Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 37 p.

- Young, R. A. 1991. Introducción a las ciencias forestales. LIMUSA. 632 p.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de Mejoramiento de árboles forestales. Limusa. México, D. F. 545p.
- 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.

## 8. ANEXOS

Bloques

	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
I	X	E6	E9	E7	E8	E16	E15	S1	S5	S10	S3	S9	L2	L5	X	P E N D I E N T E  ↓
	X	E6	E9	E7	E8	E16	E15	S1	S5	S10	S3	S9	L2	L5	X	
	X	E6	E9	E7	E8	E16	E15	S1	S5	S10	S3	S9	L2	L5	X	
	X	E6	E9	E7	E8	E16	E15	S1	S5	S10	S3	S9	L2	L5	X	
	X	E2	E14	E11	E5	E12	E1	E4	S6	S2	S8	S7	S4	L4	X	
	X	E2	E14	E11	E5	E12	E1	E4	S6	S2	S8	S7	S4	L4	X	
	X	E2	E14	E11	E5	E12	E1	E4	S6	S2	S8	S7	S4	L4	X	
	X	E2	E14	E11	E5	E12	E1	E4	S6	S2	S8	S7	S4	L4	X	
II	X	S7	S3	S5	S1	S10	E14	E8	E2	E9	E4	E1	L2	L4	X	
	X	S7	S3	S5	S1	S10	E14	E8	E2	E9	E4	E1	L2	L4	X	
	X	S7	S3	S5	S1	S10	E14	E8	E2	E9	E4	E1	L2	L4	X	
	X	S7	S3	S5	S1	S10	E14	E8	E2	E9	E4	E1	L2	L4	X	
	X	S8	S4	S2	S9	S6	E15	E6	E16	E12	E11	E5	E7	L5	X	
	X	S8	S4	S2	S9	S6	E15	E6	E16	E12	E11	E5	E7	L5	X	
	X	S8	S4	S2	S9	S6	E15	E6	E16	E12	E11	E5	E7	L5	X	
	X	S8	S4	S2	S9	S6	E15	E6	E16	E12	E11	E5	E7	L5	X	
III	X	E2	E5	E8	E1	E9	E16	L4	L2	S3	S4	S1	S5	S9	X	
	X	E2	E5	E8	E1	E9	E16	L4	L2	S3	S4	S1	S5	S9	X	
	X	E2	E5	E8	E1	E9	E16	L4	L2	S3	S4	S1	S5	S9	X	
	X	E2	E5	E8	E1	E9	E16	L4	L2	S3	S4	S1	S5	S9	X	
	X	E11	E12	E14	E4	E6	E15	E7	L5	S6	S8	S2	S7	S10	X	
	X	E11	E12	E14	E4	E6	E15	E7	L5	S6	S8	S2	S7	S10	X	
	X	E11	E12	E14	E4	E6	E15	E7	L5	S6	S8	S2	S7	S10	X	
	X	E11	E12	E14	E4	E6	E15	E7	L5	S6	S8	S2	S7	S10	X	
IV	X	L5	E4	E12	E5	E2	E7	E14	E16	S2	S5	S10	S9	S8	X	
	X	L5	E4	E12	E5	E2	E7	E14	E16	S2	S5	S10	S9	S8	X	
	X	L5	E4	E12	E5	E2	E7	E14	E16	S2	S5	S10	S9	S8	X	
	X	L5	E4	E12	E5	E2	E7	E14	E16	S2	S5	S10	S9	S8	X	
	X	L2	L4	E1	E11	E15	E6	E9	E8	S3	S6	S1	S4	S7	X	
	X	L2	L4	E1	E11	E15	E6	E9	E8	S3	S6	S1	S4	S7	X	
	X	L2	L4	E1	E11	E15	E6	E9	E8	S3	S6	S1	S4	S7	X	
	X	L2	L4	E1	E11	E15	E6	E9	E8	S3	S6	S1	S4	S7	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Anexo 1. Mapa de distribución del Ensayo de Procedencias de *Pinus johannis* M. F.

Robert, en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coah. Localidades: L = Laguna, Nuevo

León S = Salaverna, Zacatecas; E = Encantada, Zaragoza, Nuevo León. X = Faja de

protección

Anexo 2. Comparación de medias para el año de colecta 2015, de las diferentes variables de *P. johannis* en el ensayo de procedencias en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coahuila.

Estadístico			Evolución 2015
Variable	*C. V. (%)	Pr > F	Media
Altura (cm)	29.274	0.1114	119.12± 5.68
Diámetro basal (mm)	26.306	0.4207	51.61± 2.28
Número de ramas	18.247	0.0665	21.94± 0.75

\* Coeficiente de Variación, Pr > F = F calculada, ± = Error estándar.

Anexo 3. Diseño del experimento de germinación en laboratorio completamente al azar

T0R2	T2R5	T2R4	T2R3	T3R2
T1R3	T0R4	T3R1	T1R4	T1R2
T1R1	T0R5	T2R1	T0R1	T3R4
T2R2	T3R5	T1R5	T0R3	T3R3

T0= tratamiento con semillas de las tres procedencias, T1= La Encantada, T2= Salaverna, T3= Laguna de Sánchez, R<sub>1,2,3...5</sub>= Numero de repeticiones.

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable altura total (cm) en el ensayo de procedencias de *Pinus johannis* en Mesa de las Tablas, sierra de Arteaga, Coah., a 13 años del establecimiento de la plantación (2015).

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	11	20830.3982	1893.6726	1.56	0.1114
B	3	4204.54546	1401.51515	1.15	0.3283
PRO	2	1342.56101	671.28051	0.55	0.5764
B*PRO	6	15283.29172	2547.21529	2.09	0.0541
Error	270	328300.7401	1215.9287		
total correcto	281	349131.1383			

F.V. = fuente de variación, GL = grados libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios, F = valor de F, Pr > F = F calculada, B = bloques, PRO = procedencias, B \* PRO = bloques por procedencias.

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable diámetro basal (mm) en el ensayo de procedencias de *Pinus johannis* en Mesa de las Tablas, sierra de Arteaga, Coah., a 13 años del establecimiento de la plantación (2015).

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	11	2086.23918	189.65811	1.03	0.4207
B	3	935.4112396	311.8037465	1.69	0.169
PRO	2	305.7988535	152.8994268	0.83	0.4373
B*PRO	6	845.0290901	140.8381817	0.76	0.5987
Error	270	49759.06933	184.29285		
Total correcto	281	51845.30851			

F.V. = fuente de variación, GL = grados libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios, F = valor de F, Pr > F = F calculada, B = bloques, PRO = procedencias, B \* PRO = bloques por procedencias.

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable número de ramas en el ensayo de procedencias de *Pinus johannis* en Mesa de las Tablas, sierra de Arteaga, Coah., a 13 años del establecimiento de la plantación (2015).

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	11	305.200390	27.745490	1.73	0.0665
B	3	197.5596892	65.8532297	4.11	0.0071
PRO	2	28.7828443	14.3914221	0.90	0.4085
B*PRO	6	78.8578561	13.1429760	0.82	0.5549
Error	270	4325.650674	16.020928		
Total correcto	281	4630.851064			

F.V. = fuente de variación, GL = grados libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios, F = valor de F, Pr > F = F calculada, B = bloques, PRO = procedencias, B \* PRO = bloques por procedencias.

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia en el ensayo de procedencias de *Pinus johannis* en Mesa de las Tablas, sierra de Arteaga, Coah., a 13 años del establecimiento de la plantación (2015).

F.V	G.L	SC	CM	F	Pr>F
Modelo	5	1562.25	312.449663	0.67	0.6638
BLO	3	1448.65	482.883497	1.03	0.4439
PROCE	2	113.51	56.798912	0.12	0.8881
ERROR	6	2814.77	469.128155		
Total correcto	11	4377.02			

F.V. = fuente de variación, GL = grados libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios, F = valor de F, Pr > F = F calculada, B = bloques, PRO = procedencias, B \* PRO = bloques por procedencias.