

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



PRODUCCIÓN Y VIABILIDAD DE SEMILLAS DE *Pinus johannis*
M.-F. Robert EN DOS POBLACIONES NATURALES DE MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

YOLANDA LÓPEZ CALDERÓN

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
JUNIO DE 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

PRODUCCIÓN Y VIABILIDAD DE SEMILLAS DE *Pinus johannis*

M.-F. Robert EN DOS POBLACIONES NATURALES DE MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

YOLANDA LÓPEZ CALDERÓN

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

ASESOR PRINCIPAL

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

PRODUCCIÓN Y VIABILIDAD DE SEMILLAS DE *Pinus johannis*
M.-F. Robert EN DOS POBLACIONES NATURALES DE MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

YOLANDA LÓPEZ CALDERÓN

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

ASESOR M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO

ASESOR DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
JUNIO DE 2005

Este proyecto de tesis ha sido apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 02.03.0207.2412, titulado: Indicadores reproductivos de conos y semillas en poblaciones de *Picea mexicana* Martínez, *Pinus johannis* M. -F. Robert *Pinus arizonica* Var. *stormiae* Martínez. Y *Pseudotsuga flahaulti* Flous de la Sierra de Arteaga, Coahuila y áreas de Nuevo León.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

JUAN Y OLGA:

Los mejores seres que me ha dado Dios, por los cuales pude salir adelante y a quienes hoy les doy las gracias por todo el esfuerzo que realizaron durante toda mi formación. Hoy y siempre les estaré agradecida no sólo por el apoyo que me dieron a mi, sino por el que le brindaron a mi pequeña hija; gracias por toda la educación que me han legado.

A MIS HERMANOS:

JOSÉ GUADALUPE, ALFREDO, JUAN ANTONIO, OSCAR, PALOMA Y BENJAMIN.

Ustedes son la parte que conforma nuestra familia y por lo que hoy me toca darles únicamente las gracias por todo el apoyo que me han dado.

A MI ESPOSO E HIJA:

EDUARDO Y HEIDY

Gracias por todo lo que me han dado porque gracias a ustedes hoy tengo un motivo más para salir adelante, ustedes son los seres que han venido a dar un mejor complemento a mi vida y por lo que de ahora en adelante formaremos un nuevo núcleo familiar unido. Gracias por la comprensión y por toda la fortaleza que ambos me han dado siempre voy a estar agradecida con Dios por la nueva familia que hoy me toca conformar.

A MIS SUEGROS:

JOSE EDUARDO † Y DELIA:

Nunca le podré dar las gracias de frente por que yo esperaba el día en que pudiéramos convivir un poco más. Hoy les escribo las palabras que yo les

quise decir gracias por el hijo que formaron y el cual me regalaron, por el apoyo que me brindaron y por los consejos que un día me dió Don José Eduardo.

A MIS ABUELOS:

RODOLFO Y AMALIA:

Son los mejores abuelos que Dios pudo haberme regalado; porque jamás conocí mejores seres humanos que dieran consejos tan sabios. Gracias por ser tan comprensivos y amorosos conmigo.

AGRADECIMIENTO

AL ETERNO CREADOR DEL UNIVERSO: Por darme la oportunidad de nacer, crecer, desarrollarme y formarme; como una persona llena de alegría por la vida que me ha tocado vivir y por la oportunidad de salir adelante. Por lo que hoy me comprometo a regresar a la naturaleza, el cuidado para que vengan nuevos brotes a formar parte de este mundo y den nueva vida a más seres vivos y humanos.

A MI ALMA MATER: La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ofrecerme la gran oportunidad de formarme dentro de la carrera de Ingeniero Forestal.

A LOS PROFESORES DEL DEPARTAMENTO FORESTAL: Por darme las herramientas necesarias para poder sobresalir en esta carrera y guiarme para ser una mejor persona cada día.

AL M. C. CELESTINO FLORES LÓPEZ: Por su paciencia y apoyo incondicional durante la realización de este trabajo, sin el cual este trabajo no se podría haber realizado.

AL M. C. SALVADOR VALENCIA MANZO, y al DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO: Por su disposición en el asesoramiento y revisión de esta tesis.

A LOS COMPAÑEROS: DAMIAN SANCHÉZ MENDOZA, JOSÉ DOMINGO BARRERA AGUILAR, JOSÉ MARCOS GARCÍA HERNÁNDEZ, MANUEL MENDOZA HERNÁNDEZ: Por su valiosa ayuda para la colecta de las muestras utilizadas en el presente trabajo.

A LA LABORATORISTA SANDRA LUZ GARCÍA VALDEZ: Por su apoyo en el presente trabajo dentro del laboratorio de Tecnología de Semillas.

A MIS AMIGOS: Los cuales siempre estuvieron ayudándome y brindándome su amistad y apoyo incondicional durante mi estancia dentro de la Universidad; Francisco Cruz Maldonado, Trinidad Muñoz Fernández, Vicenta Constante, Gabriela García Ramos, Homero Quintero Castañeda, José Luis Guerrero Soto y Juan Carlos Cal y Mayor Trinidad.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN: Por quienes me brindaron su ayuda dentro y fuera de las aulas de clase para poder realizar mis estudios con mayor éxito.

Y POR TODOS AQUELLOS QUE OMITÍ: Sin tener el deseo de hacerlo, gracias por todo el apoyo brindado durante mi estancia en la Universidad.

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN.	v
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Aspectos generales de los pinos piñoneros	4
Germinación y viabilidad	7
Descripción de <i>Pinus johannis</i>	9
Características taxonómicas	9
Localidades de <i>Pinus johannis</i>	10
Ecología de <i>Pinus johannis</i>	12
Indicadores reproductivos	14
Problemática de <i>Pinus johannis</i>	16
MATERIALES Y MÉTODOS.	18
Descripción de las localidades de estudio	18
Muestreo y colecta de conos	18
Análisis de conos y semillas.	19
Análisis estadístico.	22
Producción de semillas en poblaciones.	23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Producción de semillas.25
Pérdida de semilla	27
Comparación de características reproductivas.	29
Relación de viabilidad de semillas con	
características reproductivas	30
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	34
LITERATURA CITADA.	35
APÉNDICE	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características de la subsección <i>Cembroides</i>	5
2	Características geográficas, fisiográficas del suelo y la vegetación de las dos localidades de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	19
3	Comparación de medias para características reproductivas de conos y semillas de dos poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert evaluados en dos años de colecta	30
4	Coefficientes de correlación de Pearson entre los caracteres de semilla de los árboles de dos poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert, en la colecta 2003	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Producción y pérdida de semillas de dos poblaciones de <i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert para los años de colectas de 1998 y 2003	26

RESUMEN

Se comparó la producción de semillas de *Pinus johannis* M.-F. Robert, de las colectas de 1998 y 2003 en señaladas poblaciones naturales; sólo en la colecta 2003 se evaluó la viabilidad de semillas, así como la relación entre las plántulas normales e indicadores reproductivos de la semilla.

En 1998 se colectaron 20 árboles por cada población en los que se cortaron 10 conos por árbol. Para el 2003 en la población El Coahuilón se colectaron 30 árboles con 10 conos por cada uno y para Concepción del Oro fueron 54 árboles colectados en los que varió de 1 a 10 conos por árbol. Se realizó el análisis de conos y semillas donde se determinaron los indicadores reproductivos. Con las semillas de la colecta 2003 se realizó una prueba de germinación, donde se evaluaron plántulas normales y anormales.

Se realizó el análisis de varianza utilizando un modelo de clasificación anidada; primero se utilizó el modelo completo, pero debido a que se encontraron diferencias significativas entre años, se decidió hacer un análisis para cada año de colecta. Para comparar la relación entre los indicadores reproductivos, con respecto a las variables de germinación, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r).

La producción de semillas es variable en las dos poblaciones principalmente por los años semilleros. La población El Coahuilón presentó los valores más altos en el coeficiente de endogamia;

así como una baja eficiencia en la producción de semilla en comparación con la población más grande, Concepción del Oro. La presencia de plántulas anormales es un indicador de autopolinización y endogamia en las poblaciones, por lo que esta especie requiere de manejo para su conservación.

INTRODUCCIÓN

Los pinos son especies pioneras y que probablemente se dispersaron rápidamente sobre los suelos de origen volcánico resultado de la actividad volcánica que ocurrió en gran parte de México (Ramamorthy *et al.*, 1993).

Desde tiempos, la semilla del piñón ha formado parte de los grupos humanos que conviven con los piñonares. En la parte norte del país, los pinos piñoneros eran uno de los recursos que servían para determinar las rutas migratorias de los pueblos nómadas quienes tenían en alto aprecio a la semilla de los piñoneros (Passini, 1985a).

Los ecosistemas de piñonares, a pesar de su limitada capacidad productiva, aportan varios tipos de productos que tienen impacto decisivo en la sobrevivencia de las comunidades rurales; benefician a sus pobladores, aportando semilla comestible o piñón, leña, postes, madera para construcción de vivienda y muebles rústicos, abrigo de fauna silvestre, árboles de navidad, resina y servicios como áreas de recreo y dasonomía urbana. Estas comunidades se han reducido notablemente en los últimos años y varias de ellas se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, tal es el caso del *Pinus johannis* M.-F. Robert, dentro de las causas más importantes que influyen en su reducción están los factores antropogénicos y naturales (Caballero y Ávila, 1989).

Los pinos piñoneros tienen un alto grado de endemismo en México. Existen 10 taxas endémicas, algunas con distribución muy restringida, como la de *P. culminicola* Andresen y Beaman y *P. maximartinezii* Rzedowski. Sin embargo, también existen especies con distribución muy amplia, como el *P. cembroides* Zucc., y no tan amplia, como *P. pinceana* Gordon y *P. nelsonii* Shaw (Eguiluz, 1988).

Pinus johannis, es la especie a tratar en este estudio y se encuentra sujeta a protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002). Una especie sujeta a protección especial es aquella que se encuentra amenazada por factores que inciden de forma muy negativa en su viabilidad, por lo que se tiene la necesidad de propiciar su recuperación y conservación.

Hay especies forestales que se encuentran en poblaciones aisladas y de tamaños relativamente pequeños, lo que origina una pobre producción de semillas, donde muchas de ellas son vanas, como resultado de una autopolinización produciéndose el fenómeno de endogamia, que repercute en la reducida capacidad germinativa, el bajo vigor de plántulas y la baja tasa de crecimiento y supervivencia en campo. Esa es una razón para llevar a cabo un análisis de semillas y la evaluación de su viabilidad, para conocer las condiciones en que se reproduce la especie y diseñar estrategias para su conservación (Mosseler, 1998).

Las poblaciones pequeñas y fragmentadas como las de *Pinus johannis* se encuentran en mayor riesgo de desaparecer si existen valores reproductivos bajos, es de aquí de donde parte la idea de realizar un análisis de conos y semillas para ver como se está dando la producción de semillas en esas poblaciones, y ver si

existen diferencias entre diferentes periodos de colecta, asimismo se evalúan las características de los conos asociadas con la producción de semillas.

Objetivos

- Comparar la producción de semillas de *Pinus johannis* en las colectas de 1998 y 2003 para las poblaciones El Coahuilón y Concepción del Oro.
- Relacionar la viabilidad de semillas con características reproductivas de *Pinus johannis* en la colecta 2003, para las poblaciones El Coahuilón y Concepción del Oro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de las localidades de estudio

Las poblaciones sujetas a estudio fueron cerro El Coahuilón, que pertenece al Ejido Mesa de las Tablas, en el Sureste de la Sierra de Arteaga y la segunda colecta se realizó en el estado de Zacatecas, en el camino que va de Concepción del Oro a Mazapil, en el paraje del Dique (Cuadro 2).

Muestreo y colecta de conos

El material que se obtuvo para la colecta de octubre de 1998 fue de 20 árboles para ambas poblaciones (El Coahuilón y Concepción del Oro); distribuidos a lo largo de las mismas, en las diferentes exposiciones y condiciones del terreno, de manera que la muestra fuera representativa, además, se colectó a una distancia no menor a 50 metros entre árboles. En la colecta realizada en septiembre de 2003 en el cerro El Coahuilón se colectaron 30 árboles y en Concepción del Oro se colectaron 54 árboles, tomando también como base los mismos criterios utilizados en la colecta de 1998.

En los árboles, la colecta de los conos se hizo en forma manual, los conos fueron tomados de las cuatro exposiciones (Norte, Sur, Este y Oeste) y de las tres partes (superior, media e inferior) de la copa del árbol. Para la colecta de 1998 se cortaron 10 conos de cada árbol (teniendo un total de 200 conos por población); en la colecta 2003 para la población El Coahuilón

se cortaron 10 conos de cada árbol, mientras que para la población de Concepción del Oro como este año no fue un buen año semillero, la colecta de los conos varió de 1 a 10 conos por árbol; los conos extraídos se colocaron en bolsas (papel estraza), cada una de estas bolsas fueron identificadas con un plumón de tinta permanente con el número de árbol, el nombre de la localidad y la fecha de colecta.

Cuadro 2. Características geográficas, fisiográficas del suelo y la vegetación de las dos localidades de *Pinus johannis* M.-F. Robert.

Características	Población	
	Cerro El Coahuilón, Arteaga, Coahuila	Puerto del Dique, Concepción del Oro, Zacatecas
Coordenadas	25° 14' N 100° 20W	24° 36' 44" N 101° 27' 44" W
Altitud (msnm)	2,720	2,500
Temperatura (°C)	16	17
Pendiente (%)	35	43
Precipitación media (mm)	500	440
Tipo de suelo	Litosol	Litosol
Profundidad (cm)	40	15
Textura	Media	Media
Tipo de roca	Rendzina	Rendzina lítica
Vegetación asociada	Matorral - Herbáceas	Estrato arbustivo - Herbáceas
Regeneración natural	Media	Media
Actividades	Agricultura - Ganadería	Explotación - Ganadería

(Fuentes: CETENAL, 1977; Aldrete, 1981; García y Passini, 1993).

Análisis de conos y semillas

En el laboratorio cada cono fue separado y colocado en bolsa semillera de papel estraza, cada bolsa se identificó, con el número de árbol, número de cono y la localidad (utilizando un lápiz de cera). En esta actividad se perforaron las bolsas

semilleras para evitar la presencia de hongos y ayudar a que el cono secase más rápido.

Posteriormente, cada uno de los conos cerrados se midió utilizando un vernier con aproximación a 0.1 mm con el cuál se tomaron las medidas de los conos (largo y ancho), las cuales fueron anotadas en el formato de análisis de conos y semillas (Apéndice 1). Ya medidos los conos se devolvieron nuevamente a las bolsas correspondientes y se dejaron secar en el laboratorio a una temperatura ambiente, sin sacarlos al sol.

Cuando los conos estuvieron "secos" en un tiempo aproximado de 30 días se procedió a separar las escamas. A cada cono se le extrajo las escamas manualmente, excepto para algunos en que se utilizó una navaja. Las escamas se extrajeron de manera sistemática, comenzando por las escamas basales, luego las intermedias y por último las terminales. Al terminar la extracción se realizó la evaluación de las siguientes características: óvulos abortados (primero y segundo año), número de semillas (llenas y vanas) y escamas (fértils e infértiles) (Bramlett *et al.*, 1977).

Se determinó el peso seco de cada cono colocando las bolsas con las escamas en la estufa de secado por un período de 24 horas, a una temperatura constante de $102^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

La eficiencia de semillas se obtuvo separando de las semillas desarrolladas las semillas vanas; esto se hizo sumergiendo las semillas en alcohol etílico al 70° g.l. (Caron y Powell, 1989), con un tiempo de operación menor de 1 minuto. Las semillas llenas se separaron del alcohol con un cedazo y fueron colocadas sobre un papel absorbente durante cinco minutos, esto

con el propósito de que se evaporara el alcohol; una vez que estuvieron secas las semillas fueron colocadas en bolsas de plástico con identificación y se guardaron en un refrigerador, a temperaturas de 0 a 4 °C, el peso del total de semillas llenas por árbol se obtuvo utilizando una balanza analítica.

Para realizar la prueba de germinación, primeramente se sumergieron las semillas de cada árbol en agua destilada durante 24 horas. Al día siguiente se estableció la prueba de germinación; para la siembra de las semillas se preparó el agua destilada con captan 1.5 gr por 1.5 lt de agua, esto para disminuir el riesgo de afectación por hongos; las semillas de cada árbol fueron colocadas en una toalla con su previa identificación. Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14, 21 y 28 días después de establecida la prueba, proceso durante el cual se anotaron las evoluciones de la germinación en el formato que se presenta en el Apéndice 2.

Las clases de vigor (I. S. T. A., 1999) (Apéndice 3) sirvieron como base durante el desarrollo de la prueba de germinación, para ver que clase de vigor presentaban las plántulas; a través de la comparación de éstas con las figuras representadas en dicho apéndice. Para definir las diferencias entre una plántula normal de una anormal se tomaron los siguientes criterios: Las plántulas en general se clasificaron como normales cuando éstas no presentaron defectos, o solamente pequeños defectos que no impiden continuar su desarrollo y la plántula puede continuar creciendo en el suelo en condiciones favorables; por lo que una plántula normal no debe tener las siguientes características (International Seed Testing Association, 1979; Association Official Seed Analysts, 1992):

a) Sistema de raíz:

- Decolorada o mancha necrótica, rajada o cortada, rajaduras o aberturas de profundidad limitada.
- b) Hipocótilo intacto o con pequeños daños no significantes como:
- Decolorado o manchas necróticas, con rajada o cortado, rajaduras o aberturas de profundidad limitada y torcido.
- c) Los cotiledones intactos, o pequeños daños insignificantes:
- Que sean menores del 50% del tejido no funcionando y tres cotiledones.
- d) Las yemas terminales intactas.

Se considera como plántulas anormales aquellas que presentan los siguientes daños: albinismo, plántulas torcidas, plántulas enanas, germinación invertida y poliembrionía.

Análisis estadístico

En el análisis de varianza se usó un modelo de clasificación anidada (Flores *et al.* 2005):

$$Y_{ijkl} = \mu + f_i + p_j + f^*_{ij} + a_{k(j)} + a^*_{ki(j)} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde Y_{ijkl} es el valor de la característica, μ es la media poblacional; f_i es el efecto del i -ésimo año de colecta; p_j es el efecto de la j -ésima población; f_{ij} es la interacción entre el i -ésimo año y la j -ésima población; a_k es el efecto del k -ésimo árbol dentro de la población; f_{ki} es la interacción entre el i -ésimo año y el k -ésimo árbol dentro de la j -ésima población y ϵ_{ijkl} es el error.

Primero se utilizó el modelo completo, pero debido a que se encontraron diferencias significativas entre años, se decidió hacer un análisis para cada año de colecta con el mismo modelo eliminando el efecto del año de colecta.

Los datos que se obtuvieron del análisis de conos y semillas de las dos poblaciones fueron capturados en Excel y después se pasó la información al paquete estadístico SAS, a través de éste se obtuvieron las medias utilizando el procedimiento MEANS.

Se usó el paquete SAS[®] con el procedimiento MIXED y el método de Máxima Verosimilitud Restringida para la significancia estadística de los factores; la opción LSMEANS se usó para obtener las medias ajustadas debido al desbalance en el número de árboles muestreados (SAS, 1998).

Producción de semillas en poblaciones

Dentro del paquete estadístico SAS se adecuaron las variables de la colecta 1998 a las de este trabajo para comparar las dos fechas de colecta. En este caso las variables en estudio fueron longitud de cono, escamas fértiles, proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas y el coeficiente de endogamia. Se utilizó el procedimiento UNIVARIATE de SAS para conocer la respuesta de las variables con respecto a una distribución normal. De las cuales la única variable que no

requiere transformación fue la de escamas fértiles; la variable longitud de cono fue transformada con el \log^{10} , la variable proporción de semillas vanas se transformó con el arcoseno $\sqrt{\text{proporción de semillas vanas}}$ siendo para las otras variables la misma función.

Para comparar la relación entre los indicadores reproductivos, con respecto a las variables de germinación (porcentaje de germinación y porcentaje de plántulas anormales con respecto a las plántulas germinadas), se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) (Steel y Torrie, 1988), utilizando el procedimiento CORR del paquete estadístico SAS[®].

REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos generales de los pinos piñoneros

Los pinos piñoneros están ligados a la historia del Hombre desde tiempos muy antiguos, ya que se encuentran sobre las vías de migración que usaban los indios. Por ejemplo, en el este del estado de San Luis Potosí, desde la conquista española se transformó el manejo de las formaciones de pinos piñoneros ya que se cosechaban las semillas y se vendían en los mercados. Para aprovechar mejor esta producción, el hombre aportó modificaciones a las formaciones vecinas de su pueblo o cortando árboles y conservando a veces los de mejor porte (Passini, 1985b).

Los pinos piñoneros constituyen en México un grupo bien definido, propio de regiones áridas y semiáridas, representado por las especies siguientes: *Pinus catarinae* M.-F. Robert-Passini, *P. cembroides*, *P. cembroides* var. *lagunae* Robert-Passini; *P. culminicola*, *P. discolor* Bailey y Hawksworth; *P. edulis* Engelm, *P. johannis*, *P. juarezensis* Lanner; *P. maximartinezii*, *P. monophylla* Torrey, *P. nelsonii*, *P. pinceana*, *P. quadrifolia* Parl y *P. remota* Bailey y Hawksworth (Eguiluz et al., 1985). Aunque dentro de esta clasificación, en algunos piñoneros se tienen problemas taxonómicos, por ejemplo, Robert (1978) menciona que el grupo *cembroides* comprende a *Pinus cembroides*, *P. edulis*, *P. monophylla*, *P. quadrifolia*, y *P. culminicola*. Así mismo, el mismo autor dice que sin apearse a los caracteres fluctuantes de *P. cembroides* (número y color de las agujas, presencia o ausencia de estomas en la cara dorsal), *P. cembroides* difiere de *P. johannis* por la talla y el porte, por el color rosa de la almendra y por el número de cotiledones. Por su parte, Perry (1991) hace una diferenciación en cuanto a las características del grupo de la subsección *cembroides* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de la subsección *cembroides*.

Espece	Hojas por fascículo	Testa de la semilla	Forma del árbol maduro
<i>P. monophylla</i>	1	Muy delgada	Árbol pequeño
<i>P. edulis</i>	2	Ligeramente delgada	Árbol pequeño
<i>P. remota</i>	2	Muy delgada	Árbol pequeño
<i>P. catarinae</i>	2	Delgada	Arbusto
<i>P. cembroides</i>	2-3	Gruesa	Árbol pequeño
<i>P. cembroides</i> <i>subsp. orizabensis</i> D.K. Bailey	3	Gruesa	Árbol pequeño
<i>P. discolor</i>	3	Gruesa	Árbol pequeño
<i>P. johannis</i>	3	Gruesa	Arbusto
<i>P. lagunae</i> M.-F. Robert-Passini	3	Muy delgada	Árbol pequeño
<i>P. quadrifolia</i>	4	Muy delgada	Árbol pequeño
<i>P. juarezensis</i>	5	Delgada	Árbol pequeño
<i>P. culminicola</i>	5	Gruesa	Árbol bajo, aplanado

(Fuente: Perry, 1991).

Los pinos piñoneros o simplemente piñoneros de México, se caracterizan por tener semillas sin ala, de 10 a 26 mm de largo y testa más o menos gruesa, prácticamente todas las especies son comestibles en mayor o menor grado. Los piñoneros son árboles de bajo porte normalmente de 2 a 10 m de altura, que habitan zonas marginales de baja precipitación, comúnmente de 300 a 600 mm de lluvia, aunque algunos llegan a rebasar los 1000 mm (Eguiluz, 1982, 1987).

Los piñoneros tienen gran plasticidad y buena adaptabilidad en hábitats diversos; como árboles ornamentales están adquiriendo mayor demanda por su belleza y porte pequeño. Sin embargo, algunas especies endémicas y de distribución restringida están severamente amenazadas o en peligro de extinción (Eguiluz, 1984a).

Al llegar a la madurez, las semillas de los pinos presentan notables diferencias en tamaño, forma y peso; textura, color y grosor de los tegumentos y la testa; color y consistencia del gametofito femenino, así como en el número y longitud de los cotiledones, entre otros. En *Pinus johannis* existe diferencia en la capacidad de germinación relacionada con el color de la semilla. Las semillas "moteadas" tienen baja capacidad germinativa y las claras tienen el porcentaje más alto de germinación (Nepamuceno *et al.*, 1987). Estos mismos autores reportan que para *Pinus cembroides* no existe diferencia de germinación por coloración de la testa. Niembro *et al.* (1978) mencionan que hay diferencia en la germinación de las semillas por coloración de las testas y que las semillas de color "oscuro" son superiores en germinación a las de colores de testas "claras" en *Pinus hartwegii*. Patlai (1979) reportó que los colores claros de semillas muestran menor sobrevivencia en *Pinus sylvestris* L., y la intensidad de color de la semilla se transmitió a la primera generación y menciona que el color de la testa puede servir para caracterizar formas dentro de poblaciones. Las semillas de muchas especies se caracterizan por llevar adherida una ala membranosa, mientras que las de las otras carecen por completo de este apéndice, tal y como ocurre con las semillas de los pinos piñoneros, los cuales por esta y otras causas están considerados como los más primitivos dentro del género (Eguiluz, 1984b).

Las semillas de la gran mayoría de las especies de pinos en condiciones naturales germinan por lo regular en la primavera del año siguiente a su dispersión (McLemore, 1959), aunque existen especies cuyas semillas germinan hasta el segundo o tercer año después de su dispersión. El fenómeno de la germinación se da poco tiempo después de que la semilla ha absorbido agua a través

del micrópilo. El primer indicio de la germinación se observa con la ruptura de la testa cerca del micrópilo, esta ruptura es causa de la presión de imbibición de agua, y posteriormente por el crecimiento del embrión (Niembro, 1986). El tiempo requerido por las semillas de *Pinus* para germinar varía de acuerdo con la especie, aunque en términos generales la germinación se lleva a cabo en el curso de 12 a 30 días (Willan, 1991; Niembro, 1986)

Germinación y viabilidad

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables y es capaz de sintetizar su propio alimento (Willan, 1991; Hartmann y Kester, 1981). El término germinación, en la práctica de laboratorio de semillas, es la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión de la semilla, lo cual para el tipo de semilla en cuestión, son indicadores de la habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables. El objetivo de la prueba de germinación es determinar el porcentaje de plántulas normales en la prueba (Association of Official Seed Analysts, 1992).

Diehl y Mateo (1978) mencionan que una semilla sólo podrá germinar si reúne las siguientes características: que no haya sobrepasado el límite de longevidad, estar normalmente constituida por embrión y reservas intactas, tener tegumentos permeables y que la semilla haya alcanzado su madurez fisiológica. La germinación se expresa como el porcentaje de semillas puras que producen plántulas normales, o como el número

de semillas que germinan por unidad de peso de la muestra (Willan, 1991).

La germinación en muchas ocasiones no es normal, sino que a veces se llegan a presentar irregularidades como: germinación invertida, en la cual los cotiledones emergen primero que la radícula; ruptura de la testa sin la emergencia del embrión, y formación de plántulas albinas, débiles o mucilaginosas (Kozlowski, 1971). El porcentaje de germinación para cada especie de *Pinus* es diferente, así como el número de semillas por kilogramo (Leloup, 1968).

El método más confiable para determinar la verdadera viabilidad de un lote de semillas consiste en la germinación de una muestra representativa. Por otra parte, la prueba del cloruro de tetrazolio es utilizada para determinar la viabilidad de una muestra de semillas (I. S. T. A., 1976), la gran ventaja de esta prueba es la rapidez, donde la semilla es inmediatamente valorada con el riesgo de un error ocasional, además, se puede obtener un indicador de la capacidad de germinación (Delouche et al, 1971; Thomson, 1979). También para algunas especies el color de la testa de la semilla es un indicador de calidad de semilla (U.S.D.A., 1948). Por ejemplo el color de la testa de la semilla de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) es un buen indicador de su viabilidad; al menos para las poblaciones colectadas para un ensayo realizado en Ramos Arizpe, Coahuila, donde las semillas de color café pálido tuvieron mayor viabilidad que las de color gris claro, y éstas a su vez que las de color blanco (Flores, 1995).

Descripción de *Pinus johannis*

Características taxonómicas

Es un árbol pequeño de 2 a 3 m de altura, rara vez alcanza los 4 m de altura, quizás más arbusto que árbol es raro encontrarlo con un sólo tronco dominante. Presenta una copa baja, densa y de forma redonda. Los árboles jóvenes presentan una corteza lisa y de color gris; y en los árboles maduros los troncos y ramas son ásperas y escamosas. Las ramas son de color gris oscuro, áspera; presenta tres acículas por fascículo, de vez en cuando 2, raramente 4; 3 a 5 cm largo, 0.9 a 1.2 mm de grosor; flexibles, tiene dos canales de la resina. Los fascículos son grises. Los conos son de forma oblonga y bastante resinosos; 3 a 4 cm largo y 2 a 3 cm de ancho cuando se abren. El pedúnculo es muy corto, 3 a 4 mm largo y cae con el cono. Conos maduros son brillantes, y de un color castaño-bronce, son caedizos; las escamas de los conos son duras, espesas, y las apófisis son gruesas y un poco levantadas, las escamas basales y apicales son muy pequeñas y estériles. Las semillas son comestibles y de color castaño, miden aproximadamente 10 mm de ancho, presenta una testa gruesa; aproximadamente tiene 2,200 semillas por kilogramo; y generalmente tiene un promedio de 6 a 11 cotiledones, el endospermo es de color blanco. La madera va de un color pálido a un castaño amarillento y es utilizada como combustible (Perry, 1991).

Localidades de *Pinus johannis*

Una de las primeras localidades que fue la pauta para el estudio de *Pinus johannis*, es la que se encuentra en el estado de Zacatecas, en el camino que va de Concepción del Oro a Mazapil, a

una altura de 2700 msnm. Recientemente se han localizado otras poblaciones aunque de tamaño relativamente pequeñas en el Oeste de Coahuila y entre los pueblos de Miquihuana y Aramberri, Nuevo León (Perry, 1991).

Recientemente se encontró *Pinus johannis* en una nueva localidad ubicada en el sureste de Coahuila, en el Municipio de Arteaga, en el cerro El Coahuilón (25° 14' N, 100° 20' O). Las poblaciones principales de *Pinus johannis* son localizadas en las faldas del cerro con pendientes suaves, a una altitud media de 2720 metros. Sin embargo, llegan individuos aislados hasta 2840 metros hasta los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mayr) Franco, *Quercus hypoxantha* Trel., y *Q. greggii* Liebm., de suelos profundos, pero fuertemente afectados por disturbios antropogénicos e incendios que han destruido en su totalidad el dosel superior conformado de *Pinus arizonica* Engelm. y *Pseudotsuga menziesii* muertos pero aun erectos, otros elementos herbáceos son frecuentes en el área como *Grindelia inuloides* Willd., *Hymenoxys insignis* A. Gray, *Senecio coahuilensis* Greenm., *Senecio madrensis* A. Gray, *Stepia* spp., y *Penstemon* sp. El límite inferior de *Pinus johannis* alcanza los 2550 metros. En la zona, su extensión máxima de *P. johannis* se encuentra en una vegetación tipo matorral de *Agave* sp, *Arctostaphylos* sp, *Ceanothus* sp, *Dasyllirion* sp, *Yucca* sp, con algunas herbáceas como: *Eupatorium* sp, *Penstemon* sp, y *Salvia* sp. El suelo varía desde nulo a pleno afloramiento de roca madre hasta 40 cm de profundidad en la ecotonía con el bosque de *Pinus arizonica*, son evidentes algunos manchones de lutita. En las poblaciones principales se ha notado que la regeneración de *P. johannis* es media, sin embargo podrían considerarse comunidades en peligro por estar en áreas muy cercanas a poblaciones con actividades antropogénicas como la agricultura y la ganadería, a esto podrían

sumarse los riesgos de incendios que son frecuentes en estas localidades (García y Passini, 1993).

Otra de las localidades en las que se ha encontrado *Pinus johannis* es en la Sierra la Paila, en el Estado de Coahuila, entre los Municipios de General Cepeda y Ramos Arizpe, en las Coordenadas extremas: Latitud N: 25° 43' 02'' a 26° 14' 31'', Longitud O: 101° 25' 23'' a 101° 44' 31''. Las localidades de referencia son: Saltillo, Coah.; Hipólito, Coah.; Nuevo Yucatán, Coah.; San Agustín, Coah.; Cedral, Coah. La superficie de esa región es de 1,134 km². Se define como una región prioritaria para la conservación, ya que incluye relictos de vegetación clímax de *Pinus sp.*, *P. johannis*, y *P. remota*, regularmente conservados. Existen especies de flora y fauna endémicas. Las principales especies de flora endémica son *Echinocereus delaetii* Gurke., *Bouteloua johnstonii* Swallen., *Coutaportla pailensis* Villarreal., *Thamnosma pailense* M.C. Johnst. Existe un gradiente altitudinal en donde se encuentran desde matorrales desérticos y chaparrales hasta bosques de pino. Los principales tipos de vegetación para este sitio son: chaparral, bosque de pino, matorral espinoso tamaulipeco, matorral submontano y matorral desértico rosetófilo. En esta región se tienen dos tipos de clima, el BSokw árido, templado, temperatura entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual y el BSohw árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual. En cuanto a los aspectos fisiográficos, el tipo de suelo que se encuentra en esta zona pertenece a un Leptosol lítico, suelo somero, limitado en profundidad por una roca dura continua

o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 10 cm a partir de la superficie (Arriaga *et al.*, 2000).

Ecología de *Pinus johannis*

La población de *Pinus johannis* que se encuentra en el estado de Zacatecas en el camino que va de Concepción del Oro a Mazapil se desarrolla en suelos litosoles, y en donde la precipitación media anual es de aproximadamente 300 a 400 mm, y la temperatura media anual es de 16°C. Se encuentra a una altitud de 2700 m, en estas zonas son comunes las escarchas durante los meses diciembre y enero (Perry, 1991).

La población de *Pinus johannis* localizada en el cerro El Coahuilón se encuentra sobre pendientes suaves, con una altitud media de 2720 metros, con algunos individuos aislados hasta los 2840 metros, cohabitando estos últimos con bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mayr) Franco, *Quercus hypoxantha* Trel., y *Q. greggii* Liebm., de suelos profundos. Algunos elementos herbáceos presentes en estas localidades son: *Grindelia inuloides* Willd., *Hymenoxys insignis* A. Gray., *Senecio coahuilensis* Greenm., *Senecio madrensis* A. Gray., *Stepia spp.*, y *Penstemon sp.* La altitud mínima de *Pinus johannis* en esta localidad es de 2550 metros, en esta altitud la comunidad esta constituida por un matorral de *Agave sp*, *Arctostaphylos sp*, *Ceanothus sp*, *Dasyilirion sp*, *Yucca sp*, en presencia de algunas herbáceas: *Eupatorium sp*, *Penstemon sp*, y *Salvia sp*. El suelo en el que se desarrollan estas especies varía desde nulo a pleno afloramiento de roca madre hasta 40 cm de profundidad (García y Passini, 1993).

Parte importante de la ecología de *P. johannis* es el estudio que se realizó en el noreste del Estado de Zacatecas, comprendiendo los Municipios del Salvador, Concepción del Oro, Mazapil y Melchor Ocampo. El bosque de pino se encuentra generalmente sobre terreno abrupto, ocupando las partes altas de las sierras, en laderas, cañadas y bajadas, a altitudes entre los 2,100 y 3,180 metros. El sustrato geológico es generalmente de calizas, aunque existen sobre lutitas, conglomerados, granito y rocas ígneas intrusivas. Este bosque es una comunidad dominada fisonómicamente por un estrato arbóreo de 5 a 8 m de alto, constituido fundamentalmente por *Pinus cembroides* Zucc., acompañado en muchos casos por *Yuca carnerosana* Trel., o por un estrato subarbóreo de 1 a 2 m de *P. johannis*, sólo en una pequeña parte se encontró *P. pinceana* asociado a la primera especie. Presenta un estrato arbustivo con altura de 0.40 a 1.20 m, representado frecuentemente por *Juniperus monosperma* Engelm., *Gimnosperma glutinosum* Spreng., *Nolina erumpens* Torr., *Lindleyella mespiloides* HBK., *Dasyllirion leiophyllum* Engelm., *Stevia stenophylla* A. Gray., *Agave striata* Zucc., *Chrysactinia mexicana* A. Gray., *Bouvardia ternifolia* Cav., *Sophora secundiflora* Ortega., y *Mimosa zygophylla* Gray. El estrato herbáceo de 0.40 m de alto está principalmente constituido por gramíneas del tipo amacollado; son comunes: *Bouteloua curtipendula* Michx., *B. gracilis* HBK., *Aristidia pansa* Woot., *Lycurus phleoides* HBK., *Stipa eminens* Cav., *Erioneuron grandiflorum* Vasey., *Piptochaetium fimbriatum* HBK., *Muhlenbergia monticola* Buckley., *M. emersleyi* Vasey., y *M. mundula* Hitchcock, A.S. (Aldrete, 1981).

Indicadores reproductivos

Las características de la semilla, el número de semillas llenas por cono, el peso de la semilla llena, el peso del cono, la proporción de semillas llenas y vanas, óvulos abortados por cono y el crecimiento de las plántulas, proporcionan los indicadores reproductivos de las coníferas. Las características de los conos junto con la diversidad genética pueden servir como indicadores reproductivos para evaluar el estado genético y supervisar la viabilidad de las poblaciones pequeñas y aisladas (Mosseler y Rajora 1998).

Dentro del análisis de conos y semillas, las características asociadas a la capacidad reproductiva son: longitud del cono, peso seco del cono, número de escamas fértiles, peso de 1000 semillas, proporción de óvulos abortados, proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas, índice de endogamia, eficiencia reproductiva (Flores, 2004).

En un estudio realizado en cuatro especies de *Pinus*, los valores promedios de semillas por cono y sus rangos fueron: 10.1 (1 a 33) para el *P. patula* Schiede & Deppe; 7.0 (5 a 9) para el *P. oocarpa* Schiede ex Schlecht; 13 (1 a 34) para el *P. kesiya* Royle ex Gordon y 3.7 semillas buenas por cono con un rango entre 1 y 31 para el *P. maximinoi* HE. Moore. Estos valores son significativamente bajos si se les compara con aquellos que se reportan en las áreas de distribución natural de cada especie (Arce e Isaza, 1996).

Lemus (1999) reporta que *Pinus catarinae* presenta un potencial de semillas de 11 semillas por cono, con una eficiencia de 20.93%, produce en promedio 6 semillas vanas por cono, 2 semillas viables, en daños por hongos, bacterias e insectos y

otros factores es de 2 semillas, y presenta 2 óvulos abortados por cono.

Algunas poblaciones de *Pseudotsuga* Carr, presentan una capacidad reproductiva baja debido a que se encuentran aisladas, fragmentadas, y con pocos árboles adultos por unidad de área, especialmente en las poblaciones del centro y sur de México. Dentro de las características principales se encontró que la eficiencia en la producción de semilla entre las poblaciones varió del 15 al 42%; mientras que la proporción de semillas vanas varió del 24 al 63%, y la proporción de óvulos abortivos del 21 al 41%. La baja producción de semilla y la alta proporción de semillas vanas y óvulos abortivos dentro de las poblaciones indican serios problemas reproductivos en las poblaciones estudiadas de *Pseudotsuga*, especialmente en las del centro del país (Mápula, 2004).

El *Pinus pinceana* presenta una distribución fragmentada en cinco estados de México. Un estudio sobre el estado reproductivo entre los años 2001 y 2002 en dos poblaciones del estado de Hidalgo, usando indicadores basados en la producción de semilla se encontró que las poblaciones no mostraron diferencias significativas en las principales características evaluadas; sin embargo presentó una alta variación entre árboles. Pocos árboles son los que dan mayor producción de conos. La producción de semillas llenas fue menor a 50% y la eficiencia reproductiva fue superior en el primer año de evaluación. El coeficiente de endogamia aumentó considerablemente en la población de Cuesta Blanca durante el segundo año (Quiroz *et al.*, sin fecha).

Picea mexicana presenta una amplia variación en los indicadores reproductivos, tanto entre árboles dentro de

poblaciones como entre poblaciones, con valores consistentes a nivel de poblaciones en dos años de colecta. Se llegó a la conclusión de que el estado reproductivo en las tres poblaciones es crítico comparado con especies del mismo género y con otras coníferas. Las poblaciones presentan una baja eficiencia en la producción y una elevada proporción de óvulos abortados, aspectos que parecen estar asociados con el tamaño reducido de las poblaciones y un fuerte grado de endogamia entre los árboles (Flores, 2004).

Problemática de *Pinus johannis*

Pinus johannis por encontrarse en poblaciones pequeñas y aisladas se le considera amenazada por distintos factores que inciden en forma muy negativa en su reproducción, siendo de esta forma una especie sujeta a protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002). En las poblaciones principales se ha notado que la regeneración de *P. johannis* es media, sin embargo podrían considerarse comunidades en peligro por estar en áreas muy cercanas a poblaciones con actividades antropogénicas como la agricultura y la ganadería, a lo cual podrían sumarse los riesgos de incendios que son frecuentes en estas localidades (García y Passini, 1993). *Pinus johannis* se considera una especie endémica y en riesgo, sujeta a protección especial; es una especie rústica que aparte de su interés recreacional, puede ser de mucha utilidad en la reforestación de suelos con poca humedad (Robert, 1978).

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 (Mosseler, 1998).

CONCLUSIONES

1. La variación en la producción de semillas de *Pinus johannis* para las poblaciones El Coahuilón y Concepción del Oro es afectada por los años semilleros.
2. La población El Coahuilón, que es la más pequeña en superficie, presenta valores altos en el coeficiente de endogamia así como una baja eficiencia en la producción de semillas en comparación a Concepción del Oro.
3. La presencia y aumento de plántulas anormales en el porcentaje de germinación, es un indicador de autopolinización y endogamia en las poblaciones y por lo tanto esta especie requiere de manejo para su conservación.

LITERATURA CITADA

- Aldrete M., E. 1981. Estudio ecológico de los agostaderos del Estado de Zacatecas. Tesis profesional. U.A.Ch. Chapingo, México. 149 p.
- Arce M., N. Isaza. 1996. Producción de semillas por cono en cuatro especies del género *Pinus* en Colombia. Informe de investigación No. 173. Investigación Forestal. Smurfit Cartón de Colombia. 8 p.
- Arriaga L., J. M. Espinoza., C. Aguilar., E. Martínez., L. Gómez., y E. Loa. [en línea], *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. 2000. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/documentos/rtp_079.pdf> [Consulta: 24 de febrero de 2005].
- Association Official Seed Analysts. 1992. Seedling evaluation handbook. Contribution N° 35 to the handbook on Seed Testing Seedling Evaluation Committee of the Association of Official Seed Analysts Published by the Association of Official Seed Analysis. 101 p.
- 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., and E.L. Moyer, Jr. 1973. Seed losses reduced in Virginia Pine cones by screen wire cages. USDA, For. Serv.,

- Res. Note SE-192, Southeast. For. Exp. Stn., Asheville, N. C. pp. 4.
- 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, For. Serv., Southeastern For. Exp. St. Asheville, N.C. 28 p.
- Bramlett, D.L. 1993. Diagnosing low seed and cone yields from controlled pollinations of southern pines. *In*: 22nd South. For. Tree Improv. Conf. Atlanta, Ga. 35-42 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* 13(64):3-29.
- Caballero D., M. y R. Ávila R. 1989. Importancia actual y potencial de los pinos piñoneros en México. *In*: Memorias del III simposio nacional sobre pinos piñoneros. Saltillo, Coahuila, México. pp. 18-22.
- Campbell, R.K. 1987. Biogeographical distribution limits of Douglas-fir in Southwest Oregon. *For. Ecol. Manag.* 18:21-31.
- Caron, G.E., and G.R. Powell. 1989. Cone size and seed yield in young *Picea mariana* trees. *Can. J. For. Res.* 19: 351-358.
- CETENAL. 1977. Carta Edafología. San Rafael, Nuevo León y Coahuila. G14 C45. Escala 1:50 000.
- De Groot, P., and F. Schnekenburger. 1996. Cone traits of jack pine and black pine in young seedling seed orchards. *New Forests* 12: 279-291.
- Delouche, J.C., T.W. Still, M. Rspet y M. Lienhard. 1971. Prueba de viabilidad de la semilla con tetrazol. 1^a. Ed. en español. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). México. 71p.
- Dielh, R., y J. M. Mateo. 1978. *Fitotecnia General*. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 106 p.
- Dogra, P.D. 1967. Seed sterility and disturbances in embryogeny in conifers with particular reference to seed testing and

- tree breeding in Pinaceae. *Studia Forestalia Suecica* Nr 45. Skogshögskolan, Royal College of Forestry. Stockholm. 97 p.
- Eguiluz P., T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. *Ciencia Forestal* 7 (38): 30-44.
- _____ 1984a. Conservación de las gimnospermas mexicanas: un asunto controversial. *Dasonomía Mexicana* 4 (2): 17-31.
- _____ 1984b. Origen y evolución del género *Pinus* (con referencia especial a los pinos mexicanos). *Dasonomía mexicana* 3 (6): 6-31.
- _____ 1987. Los pinos mexicanos y su demanda internacional. *In: Simposio sobre silvicultura y mejoramiento genético de especies forestales*. CIEF. Buenos Aires, Argentina. pp 1-28.
- _____ 1988. Evolución de los pinos piñoneros mexicanos. *In: Memorias del II Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros*. CEMCA, División de Ciencias Forestales (uach) y Centro de Genética Forestal, A.C. México. P 83-89.
- Eguiluz P., T., A. Niembro R., y P. M. Pérez R. 1985. Estudio morfológico de siete especies de pinos piñoneros mexicanos. *In: Memorias del primer simposio nacional sobre pinos piñoneros*. Reporte Científico, Número Especial 2, 53-68 Fac. Silvicultura, U.A.N.L.
- Flores L., C. 1995. Viabilidad de semillas, emergencia de plántulas y plantaciones de "candelilla" (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) en Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 102 p.
- _____ 2004. Indicadores reproductivos en tres poblaciones de *Picea mexicana* Martínez de México. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 49 p.
- Flores L., C., J. López U., J. J. Vargas H. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. *Agrociencia* 39:117-126.
- Fowler, D.P., and Y.S. Park. 1983. Population studies of white spruce. I. Effects of self-pollination. *Can. J. For. Res.* 13:1133-1138.

- Frankham, R. 1998. Inbreeding and extinction: island populations. *Conservations Biology* 12 (3): 665-675.
- García A., A. y M.-F. Passini. 1993. Distribución y ecología de *Pinus johannis* M.-F. Robert. *Phytologia* 74 (2): 125-127.
- Hartmann, H. T. Y D. E. Kester. 1981. Propagación de plantas: principios y prácticas. Segunda edición. C.E.C.S.A., México, D.F. 226 p.
- International Seed Testing Association (I.S.T.A.). 1976. Seed Science and Technology. Annexes 1976. International Seed Testing Association. As-NLH, Norway. 133 p.
- International Seed Testing Association (I.S.T.A.). 1979. Handbook for seedling evaluation. Published by The International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 130 p.
- International Seed Testing Association (I.S.T.A.). 1999. International rules for seed testing 1999. *Seed Science and Technology* 27, Supplement, 1999.
- Kozlowski, T.T. 1971. Seed germination, ontogeny and shoot growth. *In: Growth and development of trees*. Academic Press, N.Y, U.S.A. 56 p.
- Leloup, M. (compilador). 1968. Notas sobre semillas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cuaderno de fomento forestal No. 5. Yugoslavia. 370 p.
- Lemus S., J. L. 1999. Maduración de conos, producción y viabilidad de la semilla de *Pinus catarinae* M. F. Robert-Passini. Tesis profesional. UAAAN Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 125 p.
- Mápula L., M. 2004. Indicadores reproductivos para poblaciones naturales de *Pseudotsuga* CARR. en México. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 46 p.
- McLemore, B.F. 1959. Cone maturity affects germination of longleaf pine seed. *Journal of Forestry*. 57 (9): 648-650.
- 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*

- Technology Transfer. Science Publishers, Inc. U.S.A. pp 191-205.
- Mosseler, A., and O.P. Rajora. 1998. Monitoring population viability in declining tree species using indicators of genetic diversity and reproductive success. In Environmental Forest Science. Edited by K. Sissa. Kower Academic Publishers, Dordrecht, the Wetherlands. pp. 333-344.
- Mosseler, A., J.E. Major, J.D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y.S. Park, K.H. Johnsen, and O.P. Rajora. 2000. Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. Can. J. Bot. 78:928-940.
- Narváez F., R. 1993. Mortalidad de conos y semillas de *Pinus arizonica* Engelm. En un área semillera. In: Resumen de las ponencias. Proc. I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A. C. Saltillo, Coahuila, México, Agosto. P 33.
- Nepamuceno M., F., L. P. De la Garza., C. R. Reyes. 1987. Caracterización radiográfica en la morfología y germinación de *Pinus cembroides* zucc. y *Pinus johannis* M.-F. Robert. In: Memorias del II Simposio Nacional sobre pinos piñoneros. M. F. Passini, D. Cibrián T. y T. Eguiluz P. Centre d'Estudes Mexicaines et Centroamericaines, U.A.C.H. y Centro de Genética Forestal A. C. México. pp 233-240.
- Niembro R., A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Editorial Limusa, México. 130 p.
- Niembro R., A., M. A. Musalem and H. Ramírez. 1978. Effect of size and color of *Pinus hartwegii* seeds on germination. In: Flowering and seed development in trees: a symposium. Edited by Frank Bonner. Mississippi State University. May 15 -18.p 362.
- Passini, M.-F. 1985a. Les forets de *Pinus cembroides* Zucc. de la Sierra de Uruca, Réserve de la Biosphere " La Michilia " (Etat de Durango, Mexique). 1. presentation generale. Bull. Soc. Ecologie France, 8 p.
- _____ 1985b. Algunas consideraciones acerca de los pinos piñoneros en México. In: I Simposio Nacional sobre pinos piñoneros. Facultad Silvicultura y Manejo de los Recursos

- Renovables, Linares, N. L. México. Reporte Científico No. Especial 2. pp 130-136.
- Patlai, I.N. 1979. Importance of the colour of seeds in breeding. *In: plant Breeders Abstract*, 1980, Vol. 50 ref. 6575.
- Perry, J., P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, U.S.A. 231 p.
- Plancarte B., A. 1998. Rendimiento de semilla de dos procedencias de rodales de *Pinus greggii* Engelm. Nota técnica N° 2. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. 4 p.
- Powell, G.R. 1978. Influence of position in the crown on cone size and seed yield of *Abies balsamea* L. Mill. *In: Proc. A symposium on flowering and seed development in trees*. F. Bonner (Ed.). Southern For. Exp. Stn., USDA, For. Serv. Mississippi State University. Starkville, Mississippi, U.S.A. pp. 122-137.
- Prieto R., J. A. y J. Martínez A. 1993. Análisis de conos y semillas en dos áreas semilleras de *Pinus cooperi*. SARH, INIFAP, Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo experimental "Valle del Guadiana". Folleto Científico N° 1. Durango, Dgo. México. 18 p.
- Quiroz-Vázquez, R.I.; Cetina-Alcalá, V.M.; Ágeles-Pérez, G.; and Trinidad-Santos, A. [sin fecha]. Reproductive viability of *Pinus pinceana* Gordon in the state of Hidalgo, México. [inédito].
- Ramamorthy, T.P., R. Bye, A. Lot and J. FA. 1993. Biological diversity of Mexico. Origins and distribution. Oxford University Press Inc. New York. Pp. 397-420.
- Robert, M.-F. 28.12.1978. Un nouveau pin pignon mexicain: *Pinus johannis* M.F. Robert, *Adansonia*. ser.2, 18 (3): 365-373. Paris.- ISSN 0001-804X.
- SAS Institute Inc. 1998. SAS/STAT Guide for personal computers. Versión 8.0. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.
- SEMARNAT-2002. Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059- ECOL- SEMARNAT 2001). Diario Oficial de la Federación.

- Sorensen, F.C. 1971. Estimate of self-fertility in Douglas-fir from inbreeding studies. *Silvae Genet.* 20(4):101-140.
- Sorensen, F.C. and R.S. Miles. 1974. Self-pollination on Douglas-fir and ponderosa pine seeds and seedlings. *Silvae Genet.* 23(5):135-165.
- Sorensen, F.C. and R.K. Campbell. 1993. Seed weight-seedling size correlation in coastal Douglas-fir: genetic and environmental components. *Can. J. For. Res.* 23:275-285.
- Steel R., G. y J. H. Torrie. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. Ed. McGraw-Hill. México, D.F. 622 p.
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology. Leonard Hill. Great Britain. Pp. 208-209.
- U.S. Department of Agriculture. 1948. Woody-plant seed manual. U.S.D.A.- Forest Service. Miscellaneous Publication No. 654. Washington, D.C. U.S.A. 416 p.
- Wilcox, M.D. 1983. Inbreeding depression and genetic variances estimated from self- and cross-pollinated families of *Pinus radiata*. *Silvae Genet.* 32(3-4):89-96.
- Willan R. L. (compilador). 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales; con referencia especial a los trópicos. 20/2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 502 p.
- Yazdani, R. and D. Lindgren. 1991. The impact of self-pollination on production of sound selfed seeds. *In: Biochemical markers in the population genetics of forest trees*. S. Fineschi, M.E. Malvolti, F. Cannata and H.H. Hattemer (Eds.). SPB Academic Publishing. The Hague, The Netherlands. pp:143-147.

APÉNDICE

Apéndice 1. FORMATO DE ANÁLISIS DE CONOS Y SEMILLAS DE *Pinus johannis*

PROPIEDAD: _____ MUNICIPIO: _____ ESTADO: _____
 LOCALIDAD: _____ FECHA DE COLECTA: _____ FECHA DE EVALUACIÓN _____

ARB	N° CON	LC	AC	OA1	OA2	SV	SLL	SDIHB	SDV	SD	E S C A M A S						TOTAL	
											ESCAMAS INFÉRTILES			E S C A M A S F É R T I L E S				
											EBSOA	ETSOA	EISO	EI1SSOA	EI1SOA	EI2S		EI1OASO
	1																	
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
	6																	
	7																	
	8																	
	9																	
	10																	
	1																	
	2																	
	3																	
	4																	
	5																	
	6																	
	7																	
	8																	
	9																	
	10																	

Donde: ARB= Árbol; N° CON=Número de cono; LC = longitud del cono; AC=Diámetro del cono; NSC=Número de semillas por una cara del cono; OA1=Óvulo abortado el primer año; OA2=Óvulo abortado el segundo año; SV=Semilla vana; SLL=Semilla llena; SDIHB=Semilla dañada por insecto, hongos y bacteria ; SDV=Semilla dañada por varios factores; SD=Semilla desarrollada; EBSOA=Escama basal sin óvulos abortados (Óvulos rudimentarios); ETSOA=Escama terminal sin óvulos abortados (óvulos rudimentarios); EISO=Escama intermedia sin óvulos (Óvulos rudimentarios); EI1SSOA=Escama intermedia con 1 semilla y sin óvulo abortado (un óvulo rudimentario) EI1SOA=Escama intermedia con una semilla óvulo abortado (Un óvulo rudimentario); EI2S=Escama intermedia con 2 semillas; EI1OASO=Escama intermedia con un óvulo abortado y sin óvulo (Un óvulo rudimentario); EI2OA= escama intermedia con 2 óvulos abortados.

Descripción de características reproductivas (Continuación Apéndice 1).

Óvulos rudimentarios estos son pequeños abultamientos en la base de las escamas.

Óvulos abortados en el primer año de desarrollo son óvulos que se presentan en escamas fértiles durante su fase de conillo, antes de que el crecimiento del cono se inicie en la segunda temporada de crecimiento y son notablemente más grandes que los óvulos rudimentarios (pequeño abultamiento en la base de la escama).

Óvulos abortados en el segundo año de desarrollo son óvulos abortados durante la segunda temporada de crecimiento, de mayor tamaño que los abortados durante el primer año, pero más pequeños que las semillas desarrolladas.

Las semillas desarrolladas son de tamaño normal y tienen testas completas y apariencia normal, estas pueden ser semillas vanas o semillas llenas.

Las escamas fértiles tienen potencial de producir óvulos funcionales y eventualmente semillas, se encuentran por lo general en la parte media del cono, la base de la escama es más amplia que la de una escama infértil.

Las escamas infértiles no producen semillas, se localizan en la parte basal y en las de la punta del cono, esta escama tiene la base angosta y no presenta óvulos funcionales.

Las semillas vanas presentan tamaño normal, con testa bien desarrollada, pero sin o con un remanente del tejido embrional.

Las semillas llenas son semillas con tamaño normal potencialmente sanas, con una testa bien desarrollada, presentan un tejido embrional sano, no dañado, un embrión normal y ninguna evidencia de daños por insectos u hongos Bramlett et al. (1977).

Apéndice 2. Prueba de germinación por árbol de *Pinus johannis* M.-F. Robert.

Localidad: _____ Fecha de la prueba:

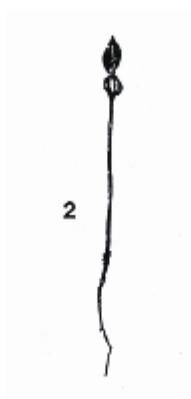
Árbol No						Árbol No					
Clase de Vigor	Plántulas normales					Clase de vigor	Plántulas normales				
	7	14	21	28	Total		7	14	21	28	Total
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
Total						total					
					Número germinadas plántulas anormales						Número germinadas plántulas anormales

Árbol No						Árbol No					
Clase de Vigor	Plántulas normales					Clase de vigor	Plántulas normales				
	7	14	21	28	Total		7	14	21	28	Total
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
Total						total					
					Número germinadas plántulas anormales						Número germinadas plántulas anormales

Apéndice 3. Clases de vigor (I. S. T. A., 1999).



1
Testa de la semilla completamente desprendida



2
Testa de la semilla casi desprendida



3
Testa de la semilla ligeramente desprendida



4
Hipocótilo y raíz visibles, cotiledones aun no visibles.



5
Hipocótilo, raíz y cotiledones no visibles pero son mas cortos que la clase 4



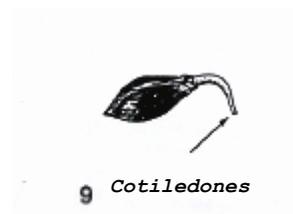
6
Radícula emergida pero el hipocótilo es poco visible.



7
Testa de la semilla rota.



8
Semilla no germinada.



9
Cotiledones
Germinación anormal.



P
Poliembrionía.

Apéndice 4. Producción y pérdida de semillas (porcentajes) de dos poblaciones de *Pinus johannis* M.-F. Robert para los años de colecta 1998 y 2003.

Población	AÑO	OA1 [†]	OA2 [‡]	SV [§]	SLL [¶]
PS ^{††}					
El Coahuilón 18	1998	8.5 (47%)	0.5 (3%)	4 (22%)	5 (28%)
	2003	18 (69%)	1 (4%)	6 (23%)	1 (4%)
	26				
Concepción 25	1998	11 (44%)	1 (4%)	3 (12%)	10 (40%)
	2003	19 (76%)	0 (0%)	3 (12%)	3 (12%)
del Oro 25					

[†] Óvulos abortados en el primer año, [‡] Óvulos abortados en el segundo año, [§] Semilla vana, [¶] Semilla llena (el porcentaje en paréntesis corresponde a la eficiencia de semillas), ^{††} Potencial de semilla.

Apéndice 5. Plántulas anormales y normales de *Pinus johannis* M.-F. Robert en la prueba de germinación (descripción basada en Kozlowski, 1971; I.S.T.A., 1979; A.O.S.A., 1992).



Plántulas normales
normal
torcida



Plántula normal y
plántula albina



Plántula
y plántula



Plántula normal y
plántula enana



Germinación invertida



Plántula con
poliembrionía