

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Indicadores Reproductivos de Conos, Semillas y Plántulas para Dos Años de
Colecta de *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas

Por:

LETICIA JIMÉNEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Indicadores Reproductivos de Conos, Semillas y Plántulas para Dos Años de
Colecta de *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas

Por:

LETICIA JIMENÉZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

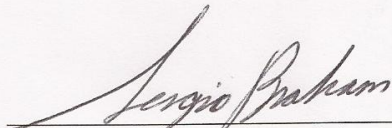
INGENIERO FORESTAL

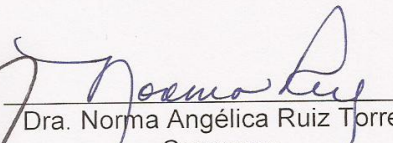
Aprobada por

Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal



DEPARTAMENTO FORESTAL


Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor


Dra. Norma Angélica Ruiz Torres
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herreña
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
División de Agronomía
Junio, 2015

Este trabajo de tesis ha sido apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38-111-3613-2122, a cargo del profesor investigador Dr. Celestino Flores López.

AGRADECIMIENTOS.

Doy gracias a Dios por permitirme terminar una etapa más en vida profesional.

A mi *Alma Mater* universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, gracias por haberme formado como profesionista.

Al Dr. Celestino Flores López, 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.

A todos los maestros del Departamento Forestal, por haber contribuido en mi formación, Dr. Celestino Flores López; M.C. José Aniseto Díaz Balderas; Dr. Alejandro Zarate Lupercio; Dr. Jorge Méndez González; M.C. Andrés Nájera Díaz; Ing. Sergio Braham Sabag; M.C. Jorge D. Flores Flores; M.C. Salvador Valencia Manzo; Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo; Dra. Gabriela Ramírez Díaz, M.C. Héctor Dario González López; Dr. Miguel A. Capó Arteaga; Ing. José Antonio Ramírez Díaz; M.C. José Armando Nájera Castro.

Al M.C. José Aniseto Díaz Balderas, por ser mi tutor y por haberme dado la oportunidad de realizar mi servicio social en el proyecto a su cargo, también porque siempre me atendió por cualquier duda o inquietud que tenía, mis más sinceros agradecimientos y por compartir su gran experiencia.

Al Ing. Gil Cabrera, por su mejor disposición y habernos apoyado en toda la carrera, en las prácticas y en la atención en el préstamo del material de laboratorio cuando se ocupaba para cualquier trabajo en campo.

A los que me apoyaron en la colecta de las muestras en campo; Sr. Arturo González Gómez, Sr. Ignacio González Gómez, Sr. Ramiro González Gómez, Ing. Isael Maximiliano Fernández Galindo, Marino García Guzmán y el Dr. Celestino Flores López y a todos los que me apoyaron en el trabajo de evaluación en laboratorio e invernadero.

A Marino por apoyarme en la realización de este trabajo y siempre estar al pendiente de mí, muchas gracias amor.

A mis amigos José Luis Cárdenas, José Luis Elías porque han sido como hermanos.

A todos mis compañeros de generación: Eduardo, José Luis Cárdenas, José Luis Antonio, María del Rocío, Cecilia P, Juan Carlos, Saúl, Claudia, Rocío Madeni, Fabiola, Rosalinda, Yultzin, Xochilt, Eunice, Lizeth, Inés, Alejandra, Gaby, Cristóbal, Sergio, Mario, Everildo, Sama, Marcos, Godofredo, Librado, Jesús Caralampio, Manuel, Jonathan, Oliver, Osmar, Fernando, Darío, Gustavo y Alex, por haber compartido su amistad y haberme brindado su apoyo en toda la carrera gracias compañeros los estimo a cada uno de ustedes.

A la Unión Internacional para la Conservación de Naturaleza, por haberme permitido realizar mis prácticas profesionales en el Proyecto “Cahoacán”, gracias a los ingenieros Felipe y Didier así como todo el equipo de trabajo que me permitieron concluir satisfactoriamente las prácticas profesionales.

A CONAFE, porque me dio la oportunidad de formar parte de los instructores comunitarios y que posteriormente fui beneficiada al Sistema de Educación a Docentes, y con ese apoyo pude concluir esta etapa.

DEDICATORIA

A mi madre, por haber confiado y aceptado de que yo siguiera estudiando y ahora tener a una hija profesionista y más porque siempre ha sido madre y padre a la vez a pesar de las circunstancias que estaba pasando, me enseñó a ser fuerte por más difícil que se encuentren las cosas siempre se puede salir adelante, porque me enseñó a valorar las cosas, y por esos consejos que siempre me da.

A mi hermana Alicia y familia porque siempre cuidó de mí de pequeña considerándome como uno más de sus hijos ayudando a mi mamá a sacarnos adelante.

A mi hermana Victoria porque siempre me ha apoyado en todo, y cuando más lo necesito.

A Marino por el apoyo que me ha dado y ser parte de mi vida gracias amor.

A mis primos Hermilo, Galdino y toda la familia De la Cruz Hernández, que me apoyaron en la etapa de preparatoria y me impulsaron a seguir con la universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS	III
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis.....	4
1.2 Objetivo general	4
1.3 Objetivos específicos	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Información taxonómica de <i>Pinus maximartinezii</i>	5
2.2 Descripción del <i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski.....	6
2.3 Distribución.....	8
2.4 Usos del <i>Pinus maximartinezii</i>	9
2.5 Estatus de la especie.	10
2.6 Indicadores reproductivos	11
2.6.1 Indicadores reproductivos de conos y semillas.....	11
2.6.2 Germinación.....	12
2.7 Problemática de las poblaciones pequeñas	13
3 MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Descripción del área de estudio	15

3.2 Selección de los árboles para la colecta de conos.....	17
3.3 Análisis de las variables de conos y semillas	17
3.4 Ensayo de germinación en laboratorio	22
3.4.1 Comparación de los tratamientos.....	23
3. 4.2 Resultados del ensayo	23
3.5 Establecimiento del ensayo de germinación en condiciones de invernadero..	24
3.6 Evaluación de germinación	25
3.7 Análisis estadístico.....	26
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 Indicadores reproductivos.	28
4.1.1 Indicadores reproductivos en conos y semillas.....	28
4.1.2 Indicadores reproductivos en plántulas.....	30
4.2 Producción y pérdida de semilla en dos años de colecta.....	33
5 CONCLUSIONES.....	38
6 RECOMENDACIONES	39
7 LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Descripción de tratamientos pregerminativos, prueba en laboratorio... 22	
Cuadro 2. Análisis de varianza de comparación de medias por Tukey de los tratamientos pregerminativos evaluados..... 24	24
Cuadro 3. Comparación de los indicadores reproductivos de conos y semillas de <i>Pinus maximartinezii</i> en dos años de colecta en Juchipila, Zacatecas. 30	30
Cuadro 4. Indicadores reproductivos en diferentes coníferas y diferentes localidades. 31	31
Cuadro 5. Comparación de medias en indicadores de plántulas en <i>Pinus maximartinezii</i> 32	32
Cuadro 6. Comparación con otras coníferas en indicadores reproductivos de plántulas..... 34	34
Cuadro 7. Potencial y eficiencia de semillas en diferentes coníferas y diferentes localidades. 36	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Distribución de <i>Pinus maximartinezii</i> muestreados en la colecta 2013 en la población en la sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas	16
Figura 2. Variables evaluadas en la última fase de maduración del <i>Pinus maximartinezii</i>	18
Figura 3. Características morfológicas evaluadas en cm, para estimar los indicadores reproductivos de <i>Pinus maximartinezii</i>	20
Figura 4. Diferencia de la coloración de las semillas en vanas y llenas.	21
Figura 5. Producción y pérdida de semilla de dos años de colecta de <i>Pinus maximartinezii</i> en Juchipila, Zacatecas.	35

RESUMEN

Con el propósito de evaluar las condiciones actuales de la población de *Pinus maximartinezii* Rzedowski del Cerro de Piñones en la Sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas, se evaluaron y compararon los indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas de los años de colecta 2009 y 2013. Se encontró una variación significativa de los indicadores reproductivos. La colecta del año 2009 sobresale en su productividad. En las dos colectas se encontró un bajo índice de endogamia, con un promedio de 0.22, una eficiencia reproductiva de 88.14 % para el 2009 y 97.25 % en el 2013 fue similar, también semillas llenas por cono 56.12 y 34.32, peso seco del cono de 527.76 g y 481.04 g, la proporción de óvulos abortados 0.19 y 0.23, proporción de óvulos rudimentarios 0.069 y 0.31, así como la proporción de semillas llenas 0.82 y 0.72 respectivamente. Así mismo el potencial de semillas para el año 2009 es de 91 semillas por cono, mayor eficiencia de semillas 62 %, mientras que para el 2013 con 105 semillas por cono y 33 % de eficiencia de semillas.

Con respecto a los indicadores de plántulas, existe mayor vigor en las plántulas en el año 2009.

Palabras claves: *Pinus maximartinezii*, indicadores reproductivos, Zacatecas.

Correo electrónico; Jiménez Hernández, Leticia, leskki_15_21@hotmail.com

ABSTRACT

In order to estimate the current conditions of the population of *Pinus maximartinezii* Rzedowski of the Cerro de piñones in the Sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas, were evaluated and compared the reproductive indicators of cones, seeds and seedlings of years of collecting 2009 and 2013. A significant variation in the reproductive indicators were found. The collection 2009 excels in productivity. In the two collections a low rate of inbreeding was found of an average of 0.22, a reproductive efficiency of 88.14% for 2009 and 97.25% in 2013 was similar, also filled seeds per cone 56.12 and 34.32, cone dry weight of 527.76 g 481.04 g, the proportion of aborted ovules 0.19 and 0.23, rudimentary proportion of 0.06 to 0.31 ovules and the filled seeds proportion of 0.82 and 0.72 respectively. Also the potential of seed for 2009 was 91 seeds per cone, greater seed efficiency with 62%, while 2013 the seeds per cone was 105 and efficiency of seeds was 33%. In respect to indicators of seedlings, there is a greater vigor in the seedlings in 2009.

With regard to indicators of seedlings, there is a greater force in the seedlings in 2009.

Keywords: *Pinus maximartinezii*, reproductive indicators, Zacatecas.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de la riqueza forestal de México, los pinares constituyen un recurso de gran importancia por la demanda de la madera, la facilidad de explotación, por la rapidez del crecimiento de varias especies, pero sobre todo por la extensa área de distribución, que crecen desde el nivel del mar hasta por encima de los 4000 m; la mayor diversidad se encuentra en los bosques montañosos de la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental (Rzedowski, 2006; Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

Por tanto el género *Pinus* es de gran importancia ya que existen 61 especies, con 74 taxas y 30 especies endémicas (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014) estos bosques de *Pinus* proporcionan diversos productos como madera, pulpa y resina, también se extraen “piñas de pinos” o “conos” donde se desarrollan las semillas, dependiendo de la especie producen gran cantidad de semillas, la mayoría sirve para la reproducción de la misma, algunas de estas especies producen semillas comestibles llamadas piñones consumidas por el hombre y los animales, a estas especies se les conoce como pino piñonero, por lo tanto son objeto de recolección y comercio (Fonseca-Juárez, 2003; Rzedowski, 2006).

Al respecto en México se tienen 15 especies de piñoneros: *P. monophylla* Torr. Et Frem, *P. edulis* Engelm, *P. remota* (Litte) Bailey & Hawkworth, *P. catarinae* M.F. Robert-Passini, *P. cembroides* Zucc, *P. discolor* Bayley & Hawkswort, *P. johannis* M.-F. Robert-passini, *P. lagunae* M-F. Robert-Passini, *P. quadrifolia* Parl., *P. juarensis* Lanner, *P. culminicola* Andresen & Beaman, *P. pinceana* Gordon, *P. maximartinezii* Rzedowski, *P. nelsoni* Shaw, *P. rzedowski* Madrigal et caballero y dos subespecies de cembroides; *P. cembroides* subsp. *Orizabensis* D.K. Bailey y *P.cembrides* ssp. *lagunae* (Rob.-Pass.) D. K.Bailey. Se encuentran distribuidos principalmente en los estados del norte del país, desde Baja California Norte y Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí hasta Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Veracruz (Perry, 1991; Farjon *et al.*, 1997; Fonseca-Juárez, 2003; Sánchez-González, 2008).

De las especies piñoneras descritas anteriormente tres se encuentran en peligro de extinción, *P. maximartinezii*, *P. nelsonii* y *P. culminicola*, mientras que las especies que se encuentran sujetas a protección especial son cinco como *P. monophylla*, *P. remota*, *P. johannis*, *P.lagunae* y *P. cuadrifolia* (SEMARNAT, 2010).

Pinus maximartinezii Rzedowski, piñonero endémico por su rango de distribución (Rzedowski, 1991), especie de gran importancia ecológica y comercial, se encuentra en estatus de peligro de extinción (SEMARNAT, 2010), se encuentra en la lista roja de las especies amenazadas, está catalogada como EN B1ab (ii+iii) + 2bc (ii+iii) taxón en peligro por su distribución geográfica con una extensión estimada menor de 500 km² y que su hábitat se encuentra severamente fragmentada o se sabe que no existe más de cinco localidades (UICN, 1998; Farjon, 2013), también es una especie considerada como dependiente del bosque porque se encuentra relacionada con diferentes aspectos de los ecosistemas en donde se desarrolla (SEMARNAT, 2003).

Durante cuatro décadas sólo se tenía registro de una sola población, actualmente se conocen dos poblaciones, la primera en el estado de Zacatecas al extremo sureste de la Sierra de Morones, en el macizo del Cerro de Piñones, y se encuentra a pocos kilómetros de Pueblo Viejo, con altitudes que van de 1500-2550 (Rzedowski, 1964; Critchfield y Little, 1966; Perry, 1991; UICN, 1998; Arteaga-Martínez, 2000).

Por tal motivo ha sido una especie muy estudiada durante varios años, principalmente la especie que se encuentra en la población del cerro de los Morones, por mencionar algunos: Organogenesis and *Agrobacterium rhizogenes*-induced rooting in *Pinus maximartinezii* Rzedowski and *P. pinceana* Gordon (Villalobos-Amador *et al.*, 2002), Multiplicación in vitro del Piñón Azul *Pinus maximartinezii* Rzedowski (Ojeda-Zacarías *et al.*, 2006), Inducción eficiente de brotes adventicios en cotiledones de *Pinus maximartinezii* Rzedowski (Robledo-Paz, *et al.*, 2009), The impact of seed extraction on the population dynamics of *Pinus maximartinezii* (López-Mata, 2013).

La segunda población corroborada en el año 2010, se encuentra al sur del estado de Durango, cerca del poblado La Muralla, a 190 km al NW de la localidad de Santa María de Ocotán y Xoconoxtle; se desarrolla entre 1750 y 2260 m.s.n.m. sobre laderas escarpadas con pendientes de 25 a 80% principalmente en las exposiciones al E, N, y S en una cañada por mesetas angostas, con un desnivel de casi 1000 m entre el fondo y las partes altas de 1373 a 2355 m.s.n.m. (González-Elizondo *et al.*, 2011).

Como se mencionó con anterioridad siendo una especie catalogada en peligro de extinción, es de gran importancia generar información y contribuir en información reciente de la situación actual de la especie, por tanto el presente estudio tiene por objeto de comparación los indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas en dos años de colecta. En el 2012, Cruz-Hernández, realizó un estudio de la misma población en la colecta realizada en el 2009, para conocer la condición reproductiva y estimó la reproducción e indicadores reproductivos, solo realizo el estudio de un año de colecta, por tal motivo el presente trabajo pretende contribuir a este estudio comparando dos años de colecta.

1.1 Hipótesis

Ho: No existe diferencia entre los indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas en dos años de colecta año 2009 y 2013.

Ha: Existe diferencia entre los indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas en dos años de colecta año 2009 y 2013.

1.2 Objetivo general

Evaluar y comparar los indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas de *Pinus maximartinezii* Rzedowski, en dos años de colecta e implicaciones de endogamia en la población en el Cerro de Piñones en Juchipila, Zacatecas.

1.3 Objetivos específicos

- Determinar y comparar los indicadores reproductivos de conos y semillas, el desarrollo del cono y la morfología de las semillas.
- Determinar los indicadores reproductivos de conos y semillas como peso del cono seco, número de semillas llenas por cono, eficiencia reproductiva, proporción de semillas llenas, proporción de óvulos abortados, proporción de óvulos rudimentarios e índice de endogamia.

- Comparar el porcentaje de germinación, porcentaje de supervivencia de las plántulas y plántulas anormales de *Pinus maximartinezii* Rzedowski para el año 2009 y 2013.
- Analizar la pérdida de semilla de *Pinus maximartinezii* Rzedowski para el año 2013.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Información taxonómica de *Pinus maximartinezii*

Pinus maximartinezii pertenece a la familia Pinaceae y al grupo de los pinos blandos, que en su conjunto forman una sección Haplóxylon, las brácteas de las vainas no son decurrentes la cual cuenta con una hilera de pared de células de

esclerénquima separado en el floema del haz vascular simple y ocurriendo en la mayoría de las hojas. (Rzedowski, 1964; Arteaga, 2000; Instituto de biología, 2009).

2.2 Descripción del *Pinus maximartinezii* Rzedowski

Es un árbol de 5 a 15 m de altura, con un diámetro normal de 15 a 50 cm; ramas grandes, caídos, corona más abierta y redondeada en forma irregular con copa redondeada, color verde-azuloso a distancia. Corteza en árboles maduros, gruesas y de color gris marrón-rojo, en placas geométricas por fisuras longitudinales y transversales. En árboles jóvenes la corteza es delgada y lisa; ramificada desde bastante abajo y formando un tronco simpodio, corto, ramas bajas, a menudo retorcidas o curvadas relativamente gruesa en la parte inferior del tronco. Se encontró un árbol de 60 cm de diámetro y 20 m de altura (Rzedowski, 1964; Perry, 1991; Farjon y Brian, 1997).

Las ramillas delgadas, creciendo lentamente, casi siempre glabras, con las bases de las hojas (de los fascículos), pequeñas, las yemas jóvenes de color glauco tornándose con el tiempo de café-anaranjado a gris, fascículos extendidos, laxos, persistiendo por 2 años (Farjon *et al.*, 1997).

Las hojas en fascículos de 5, raro de 3 o 4, de 7-13 cm de largo y 0.3-0.7 mm de ancho, sostenidas en subgrupos en los extremos de las ramillas las ramillas largas, colgantes, delgadas. Los márgenes son enteras, estomas presentes sólo en las superficies ventrales, verdes de la superficie dorsal brillante, glaucas las superficies ventral, tiene dos canales de resina exterior; haz vascular único. Las yemas vegetativas pequeñas, ovoide-cónicos, las yemas terminales de 5-8 mm de largo, los laterales más pequeños, resinosos. (Rzedowski, 1964; Perry, 1991, Farjon y Brian, 1997).

Sin embargo, García-Nuñez y Eguiluz-Piedra (1985) hacen una descripción numérica de 1750 hojas que se midieron, encontrando hojas agrupadas con mayor frecuencia en 5 por fascículo (94%), rara vez 4 (5.7%) o 3 (0.3%), presentándose longitudes de 5.8 a 14.7 cm, grosores de 0.6 a 0.9 mm; carece de estomas en la cara dorsal, encontrándose en las caras interiores desde 18 a 28 en un tramo de 2 mm de la hilera central de 351 acículas que se midieron; de color verde grisácea, algo

azuloso, brillante y de bordes enteros; presentando de 19 a 26 células endodermales de 70 acículas que se midieron; con 1 o 2 canales resiníferos externos y de 7-10 células esclerenquimatosas que rodean los canales resiníferos de 70 acículas que se midieron.

Los estróbilos femeninos emergen en solitario en los extremos de las ramas, son simétricos, muy grandes y pesadas de 15-23 cm de largo y 10-15 cm de ancho cuando abre; color ocre largo ovoide, resinosa, de color amarillento a la luz de color marrón; dehiscente, de hoja caduca en la madurez, solitarias y colgantes que aparecen en la larga, delgado, colgantes que aparecen en las ramas delgadas colgantes. Los conos maduros son de la misma forma y tamaño al del *P. coulteri* y puede alcanzar un peso verde de 1 ½ a 2 kg (Rzedowski, 1964; Perry, 1991).

Los conos tienen de 60 a 100 escamas duras y rígidas lignificadas, cóncavas en la cara superior, en disposición helicoidal. Umbo dorsal irregular tetra hexagonal hasta 5 cm de ancho y 2.5 cm de altura en las escamas centrales; apófisis piramidal inusualmente gruesos y protuberantes hasta 3 cm de largo color castaño algo brillante; aplanada en sentido horizontal y con forma de cuña que aparecen en los conos verdes, las escamas centrales también inusualmente grandes y protuberantes 10 mm de espesor y 15 mm de largo, espina nula. (Rzedowski, 1964; Perry, 1991).

Las semillas al igual que los conos son inusualmente grandes, sin alas; 20-25 mm de largo, 10-12 mm de ancho, ovado-oblongo de color marrón claro. La cubierta de la semilla es muy dura y gruesa (1,5 mm), el endospermo blanco y el número de cotiledones 18-25. A pesar de la espesa cubierta de la semilla, los roedores y los humanos los buscan para el consumo (Eguiluz-Piedra *et al.*, 1985; Perry, 1991; Niembro-Rocas; 1992). Un fenómeno presente en las semillas de esta especie es la piliembrionía un estudio realizado por García-Velázquez (1985) demuestra la presencia de hasta cuatro embriones por semilla.

El ciclo reproductivo ocurre entre agosto y septiembre, la polinización aparentemente es en mayo y/o junio del segundo año. El tiempo exacto que transcurre entre la polinización y la fertilización es desconocida probablemente la fertilización ocurre en el segundo o tercer año o hasta cuarto. La maduración de los conos y dispersión de semillas ocurre de septiembre a octubre (Arteaga, 2000).

El desarrollo de los estróbilos y dispersión de la semilla de *P. maximartinezii* casi coincide con *P. edulis* y *P. monophylla* en los Estados Unidos de América (Arteaga, 2000).

La tasa de entrecruzamiento de esta especie de acuerdo al estudio realizado por Ledig *et al.* (1999) presenta una tasa de entrecruzamiento de t_m (tasa de entrecruzamiento multilocus) = 0.816 y t_s (tasa de entrecruzamiento para un solo locus) = 0.761, pero con variaciones que iban de $t_m=0.42$ a 1.00 y un porcentaje de semillas llenas de 90.3 % para los individuos con menor tasa de entrecruzamiento (42-46 %) y de 72.6 % para los que presentan mayor tasa de entrecruzamiento, lo que sugeriría poca carga genética.

2.3 Distribución

Estudios cromosómicos de las semillas realizados en cuatro especies pioneras *P. combroides*, *P. monophylla*, *P. quadrifolia*, *P. maximartinezii*, demuestra que cuentan con un número somático de $2n=24$ y que tienen un complemento de $n = x=12$, no existe diferencias mayores entre número y morfología cromosómica entre los cromosomas de las cuatro especies, sin embargo existen diferencias notables en la longitud total de los cromosomas siendo *P. maximartinezii* de mayor longitud de 233.0 μm , y de la menor longitud de estas cuatro especies *P. cembroides* de 177.2 μm , en *P. monophylla* de 196.8 μm y *P. quadrifolia* de 216.6 μm , por que justifica las especies con menor cantidad de ADN resulta ser de mayor dispersión geográfica natural, y las de mayor cantidad su distribución es restringida (García- Velázquez, 1985).

Esto es aplicable a *Pinus maximartinezii* porque se desarrolla en una meseta rocosa muy restringida y sólo se encuentra en dos poblaciones pequeñas una en el estado de Durango y la otra en Zacatecas, desde su descubrimiento en 1964 sólo se conocía la población de Zacatecas, hasta en el 2010 cuando una segunda población fue descubierta en Durango (González-Elizondo *et al.*, 2011). En Zacatecas, la especie se encuentra cerca de la población Pueblo Viejo, en una pequeña meseta en el Cerro de Piñones en la Sierra de Morones, al sur del estado de Zacatecas con coordenadas (21° 22'N, 103° 14'W), entre 1500 a 2550 msnm la mayoría de la

población se produce en una banda de 1600 a 2550 m de altitud (Rzedowski, 1964; Perry 1991; Donahue y Mar, 1995; Arteaga, 2000; López-Mata, 2001).

Para esta población se estima alrededor de 376 km² con una superficie real de ocupación estimada en unos 35 km² (Farjon, 2013) crece de este, sur y suroeste del Cerro de Piñones. De acuerdo a los datos que se tiene, el número total de árboles maduros es de aproximadamente 2000 a 2500, esto debido a la destrucción frecuente de la regeneración natural por los incendios, el sobrepastoreo así como a la venta ilegal de la semilla (Donahue y Mar-López, 1995; Ledig *et al.*, 1999; Ruiz-Garduño *et al.*, 2011).

La segunda población en Durango se encuentra al sur del estado de Durango, cerca del poblado La Muralla, perteneciente a la comunidad indígena de Santa María de Ocotlán y Xoconoxtle, municipio de El Mezquital, que se producen a 1750-2260 m de altitud en las laderas escarpadas en varios aspectos, con suelos litosoles y regosoles derivados de roca volcánica. La población incluye aproximadamente 900 árboles en un área de aproximadamente 110 hectáreas. Al igual que en Zacatecas, los árboles crecen en parches discontinuos en el paisaje en un bosque dominado por *Quercus* spp. y *Pinus lumholtzii*; muchas especies de sotobosque también son similares entre los dos sitios (González-Elizondo *et al.*, 2011).

2.4 Usos del *Pinus maximartinezii*

Debido a las persistencias de sus hojas primarias por varios años y su color verde-azuloso, el cual es muy llamativo; presenta además abundante follaje resistente a las podas permitiendo moldear para algunas formas convencionales, debido al bajo incremento y poca altura es de importancia ornamental. Sin embargo, su distribución natural está restringida a las partes altas y medias de la Sierra de Morones en el sur del estado de Zacatecas (Martín-Erasmo, 1994; Farjon y Page, 1999).

Por lo tanto la FAO (2012) menciona que es una especie forestal utilizada en la conservación *ex situ* y se cuenta con 31 accesiones almacenadas en bancos de conservación con 4 instancias responsables y también la Cooperativa de Recursos

de Coníferas de Centro América y México (CAMCORE) se ha realizado Intercambios de información e intercambio de germoplasma.

Las semillas de los piñoneros se emplean en el consumo humano y tienen propiedades alimenticias excelentes, la nuez del pino azul es de valor dietético sobresaliente y parece ser un recurso promisorio, para *P. maximartinezii* un estudio realizado a la especie comparando con otros piñoneros reportan 31 % de proteína cruda, 66 % de proteína desgrasada, 42 % de grasa cruda, 2 % de carbohidratos, 9 % de fibra cruda, 4 % de cenizas y 4 % de humedad. Contiene 18 amino ácidos distintos, incluyendo a todos los esenciales, y seis ácidos grasos diferentes, 84 % de ellos por lo tanto son de gran valor dietético en comparación con otras especies piñoneras comerciales, sin embargo, la utilización de semillas debe ser evaluado a fondo ya que el manejo de especies puede verse obstaculizado por la falta de investigación ecológica básica (López-Mata, 2001; López-Mata y Galván- Escobedo, 2011).

Las colecciones del cono anual se realiza por los terratenientes locales, que venden las semillas grandes y comestibles en los mercados locales, limitan aún más el proceso de regeneración natural (López-Mata y Galván- Escobedo, 2011; Ruíz-Garduño *et al.*, 2011), por lo que un kg de semillas tiene aproximadamente 900 semillas y se puede vender de 25 a 50 dólares en pueblo viejo (Romero y Barry, 1998).

2.5 Estatus de la especie.

Esta especie de acuerdo con la NOM-059 está catalogada en estatus de especie en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010) y en la lista roja de las especies amenazadas se encuentra como EN B1ab (ii,iii) + 2bc (ii+iii) taxón en peligro, a pesar de esto actualmente parte de esta gran propiedad está declarada como una UMA con clave de registro DGVS-CR-EX3446-ZAC, integrada por doce propietarios, con una superficie de 169-84-04 hectáreas, esto ha permitido que los propietarios locales estén tratando de proteger a los árboles maduros, y se puedan aprovechar los piñones conservando la maduración y la fructificación de los árboles.

Dentro de los servicios ambientales que generan las UMA están los beneficios de interés social que se derivan de la vida silvestre y su hábitat, tales como la regulación climática, la conservación de los ciclos hidrológicos, la fijación de nitrógeno, la formación de suelo, la captura de carbono, el control de la erosión, la polinización de plantas, el control biológico de plagas o la degradación de desechos orgánicos (FAO, 2012).

Desde el punto de vista genético es una especie restringida de importancia ecológica y social con amenaza de reducción y degradación de la cubierta forestal y fragmentación del hábitat de la especie (FAO, 2012).

Por otro lado la comunidad vegetal del área de distribución natural de *Pinus maximartinezii* Rzd. Presenta una gran diversidad y composición florística que puede considerarse adecuada para un ecosistema de bosque fragmentado, donde la intervención humana deforestó grandes extensiones y sólo quedaron pocos árboles en terrenos con fuertes pendientes, presenta buena recuperación, pese a que continúa la presión que ejerce la ganadería bovina, porque la vegetación secundaria cubre la mayor proporción de la superficie (Ruíz-Garduño *et al.*, 2011).

2.6 Indicadores reproductivos

2.6.1 Indicadores reproductivos de conos y semillas

Las poblaciones en riesgo se debe a la baja densidad del arbolado dentro de las poblaciones debido al tamaño pequeño de la población, y al aislamiento de la población resultado de la fragmentación del bosque, las medidas de las características reproductivas y la diversidad genética pueden servir como indicadores del estado reproductivo y genético de estas poblaciones y la supervivencia, tal es el caso del estudio *Picea rubens* Sarg, realizado en el norte de Canadá (Mosseler y Rajora, 1998) *Picea mexicana* Martínez del norte de México (Flores *et al.*, 2005).

Estos indicadores reproductivos utilizados son el resultado del análisis de conos y semillas (Bramlett *et al.*, 1977). Los indicadores más utilizados son la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia, el primero se obtiene de la relación

del peso seco de las semillas llenas con respecto del peso seco del cono y el segundo se obtiene de la proporción de semillas vanas con respecto al total de semillas desarrolladas (Mosseler *et al.*, 2000).

Por tanto la conservación de recursos genéticos es un asunto importante para el mantenimiento de diversidad genética en poblaciones naturales, la conservación de estos recursos incluye las actividades como conservar la diversidad genética, establecimiento de redes de áreas protegidas y la investigación de la situación de las especies, para implementar planes de recuperación para las poblaciones raras, amenazadas y en peligro (Mosseler y Rajora, 1998).

Los rasgos de la semilla, como el número de semillas llenas por cono, la eficiencia de semilla, la proporción del peso de la semilla llenas, la relación del peso de la semilla llena con el peso del cono es una medida para determinar la eficiencia reproductiva, las proporciones de semillas llenas, semillas vacías y óvulos abortados por cono y el crecimiento de las plántulas, proporcionan medida del estado reproductivo y el éxito de las coníferas por tanto permite comprender el estatus reproductivo de la especie.(Mosseler *et al.*, 2000).

La eficiencia en la producción de semillas (porcentaje de semillas llenas con respecto al potencial de semillas) es un parámetro sencillo que puede indicar la existencia de problemas reproductivos en las poblaciones (Bramlett *et al.*, 1977).

2.6.2 Germinación

La germinación es la reactivación de los procesos fisiológicos en la semilla que se traducen en el desarrollo de un embrión convirtiéndola en una planta independiente capaz de sintetizar su propio alimento. Las tres fases de la germinación son la hidratación, la activación de los procesos de crecimiento, y la aparición del embrión (Hartmann y Kester, 1981; Willan, 1991; Leadem, 1996; Kolotelo *et al.*, 2001).

La germinación involucra todos aquellos procesos que comienzan con la absorción de agua por la semilla quiescente, y terminan con la elongación del eje

embrionario. La señal visible de la finalización de la germinación es, en general, la emergencia de la radícula embrionaria a través de la cubierta seminal, en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como la visualización de la plántula viable emergiendo del suelo (Varela y Arana, 2011).

Al momento de germinar se presentan plántulas normales y anormales, las plántulas normales poseen las estructuras esenciales que indican su capacidad para producir plantas normales en condiciones de campo mientras tanto las plántulas que son defectuosas en uno o más aspectos son plántulas anormales (Edwards, 1987).

De acuerdo con Edwards (1987) las plantas anormales que presentan los siguientes defectos en sustratos artificiales deben ser clasificadas como anormales.

I. Plántulas dañadas, sin cotiledones; con constricciones, fracturas, grietas o lesiones que no son ni superficiales ni limitadas en la zona, en las estructuras esenciales; sin una raíz primaria (de esas especies en las que una raíz principal es una estructura esencial).

II. Plántulas deformadas plántulas con desarrollo débil o desequilibrado de las estructuras esenciales, como retorcido en espiral o con plúmulas, hipocótilos o epicótilos atrofiados; con brotes hinchados y raíces atrofiados; o en la que el desarrollo se detiene después de la emergencia inicial.

III. Plántulas podridas con estructuras enfermas que impiden el desarrollo normal de la plántula, excepto cuando hay evidencia clara de que la causa de la infección no es la misma semilla.

Por lo tanto se realizan pruebas en laboratorio con el objetivo de determinar el potencial de germinación de un lote de semillas. El porcentaje de germinación se define como el porcentaje de semillas que se convierten en plántulas normales bajo las condiciones especificadas en un periodo de tiempo determinado (Edwards, 1987; Alberta Sustainable Resource Development Forestry Division, 2009).

2.7 Problemática de las poblaciones pequeñas

Las poblaciones isleñas presentan mayor tendencia a la extinción que las poblaciones continentales, teniendo las especies endémicas una mayor tasa de extinción que las especies no endémicas, porque las poblaciones insulares sufren una entrecruza más alta que las poblaciones continentales debido a cuellos de botella a niveles de tamaño poblacional de fundación y subsecuentes tamaños poblacionales menores (Frankham, 1998).

Las causas de esta reducción de las poblaciones pequeñas incluyen el constante incremento en la frecuencia de incendios, ocasionados tanto por fenómenos naturales como por el hombre y la tala inmoderada, ya sea para el aprovechamiento directo de la madera y productos secundarios, o para la expansión de la actividad agrícola y pecuaria. Además, las tendencias recientes en el calentamiento climático representan una amenaza para muchas especies (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

La pérdida y fragmentación del hábitat está considerada como una de las causas principales de la actual crisis de biodiversidad (Santos y Tellería, 2006), el aislamiento reducido y la ubicación marginal de las poblaciones para diferentes coníferas se ha reportado que origina una pobre producción de semillas, donde el número de semillas vanas es alto, como resultado de una autopolinización produciéndose el fenómeno de endogamia y disminuye la capacidad reproductiva. Esa es una razón para poder llevar a cabo un análisis de semillas y la evaluación de su viabilidad, para conocer las condiciones en que se reproduce la especie y diseñar estrategias para su conservación (Mosseler y Rajora, 1998; Mosseler *et al.*, 2000).

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).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza en el municipio de Juchipila, en el Cerro de Piñones en la Sierra de Morones, al Sur del Estado de Zacatecas, una de las dos poblaciones naturales de *Pinus maximartinezii* específicamente en la UMA (Unidad de Manejo Para la Conservación de la Vida Silvestre) con clave de registro DGVS-CR-EX3446-ZAC, con una superficie de 169-84-04 hectáreas, entre las coordenadas (21° 20"N , 103° 13"W), con un rango latitudinal de 2120 a 3327 msnm como se muestra en la Figura1.

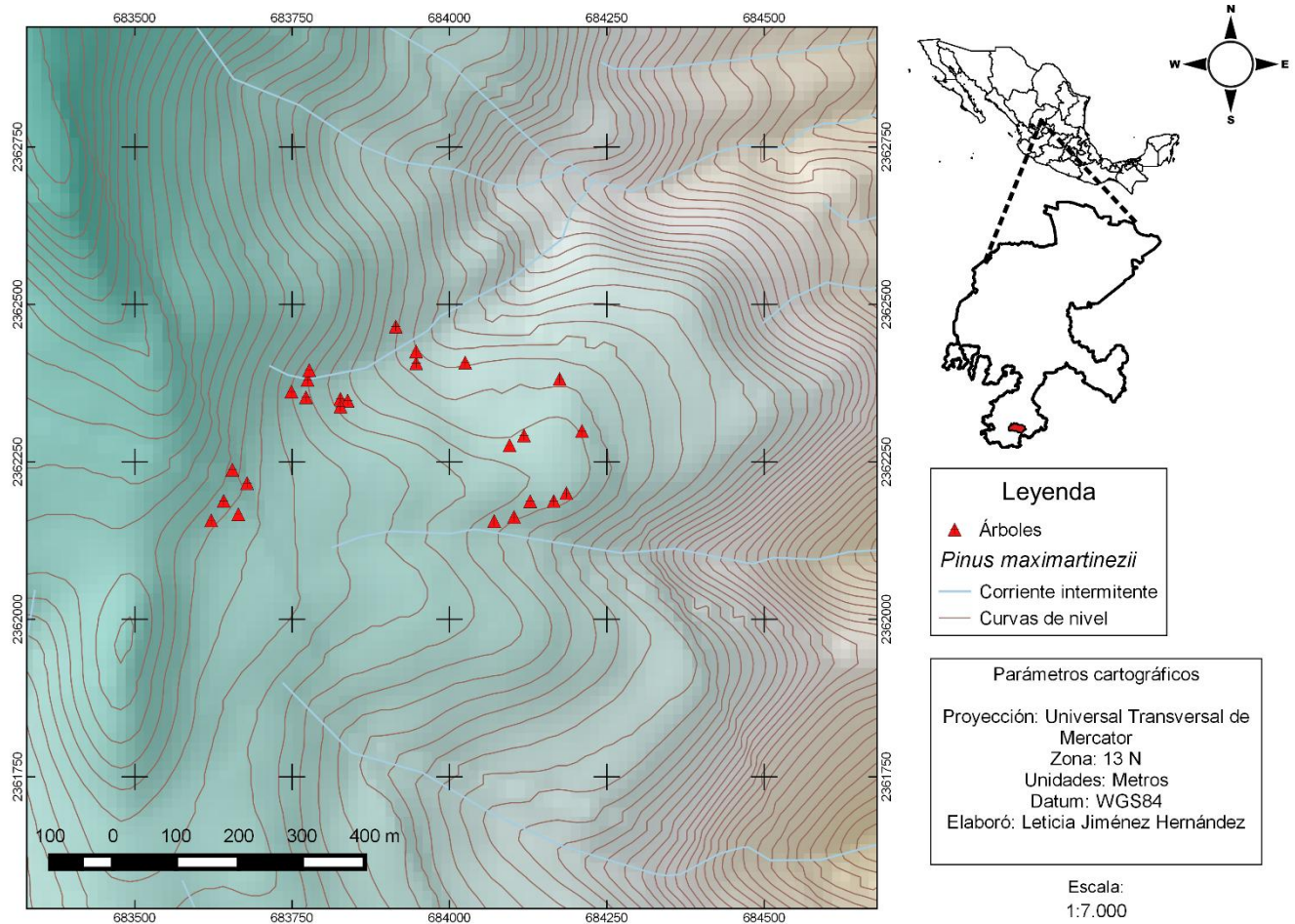


Figura 1. Distribución de *Pinus maximartinezii* muestreados en la colecta 2013 en la población en la sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas

La población se encuentra en la región terrestre prioritaria de México, centro-sur del país (Arriaga *et al.*, 2000), presenta un clima BS1kw semiárido, semicálido, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío oscila

entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal de 5 % al 10.2 % del total anual (García, 1998).

3.2 Selección de los árboles para la colecta de conos.

En campo se colectó el material botánico el 20 y 21 de diciembre del 2013, y posteriormente se trasladó en costales al laboratorio del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

De manera selectiva se seleccionaron 25 árboles ya que esto permitió identificar los árboles con los conos que aún estaban completos, en campo se tomó las coordenadas con geoposicionador (GPS) de cada árbol, altura total del árbol, diámetro de copa, diámetro basal, diámetro 0.30 m, diámetro a 1.30 m, altura total del árbol, diámetro de copa, la pendiente en porcentaje, el estado sanitario del árbol (daño por incendio, bifurcación o sano), exposición y números de regeneración en 100 m².

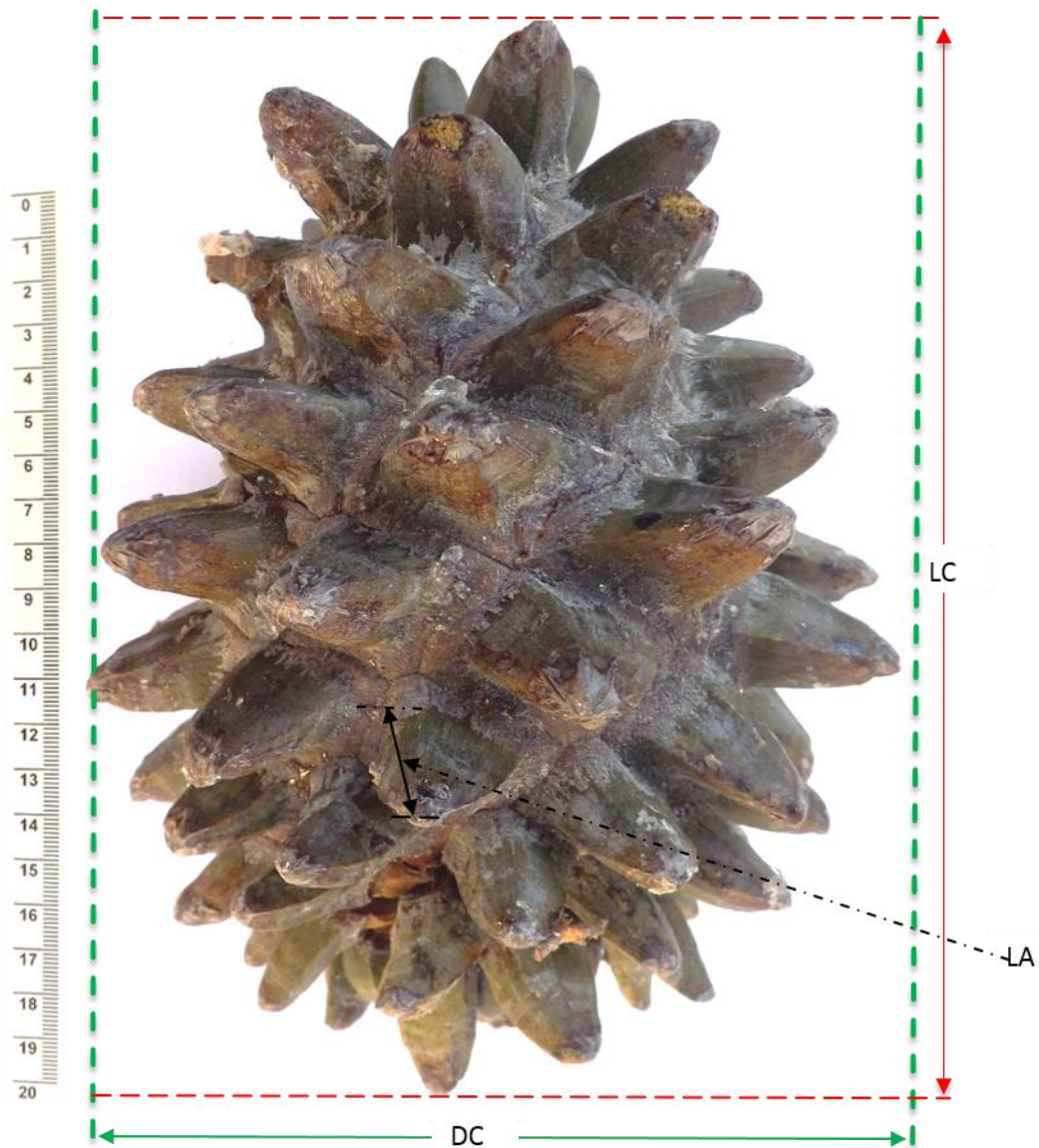
Se colectaron de entre uno a seis conos por árbol, de acuerdo a la fase de maduración del cono, por lo que se colectaron de la etapa madura, haciendo colectas de las cuatro exposiciones (Norte, Sur, Este y Oeste), también se colectó la muestra de conos tiernos y un kilogramo de semillas mixtas, las semillas se guardaron en refrigeración para su conservación.

En laboratorio cada cono colectado se colocó en bolsa de papel estraza, cada bolsa fue etiquetada marcador de tinta permanente de color negro. Se identificó con el nombre de la especie, número de árbol correspondiente y número de cono.

3.3 Análisis de las variables de conos y semillas

En el Departamento Forestal, se evaluó el peso verde (PV) de cada cono se tomó con un Báscula Electrónica posteriormente se tomaron las siguientes variables: longitud del cono (LC), esta medición se hizo tomando desde la base hasta el ápice del cono; diámetro del cono (DC), tomando la medida de la parte más ancha del cono; longitud de la apófisis de cuatro escamas (LA) estas fueron las representativas

de la parte más ancha del cono, tomando en cuenta las cuatro caras del cono (Figura 2). La medición de estas variables se realizó con un vernier digital con precisión de 0.01mm y con la ayuda de la tabla Munsell de vegetación se evaluó el color representativo de cada cono considerara como una variable fisiológica.



DC= Diámetro de cono; LA= Longitud de apófisis; LC= longitud del cono

Figura 2. Variables evaluadas en la última fase de maduración del *Pinus maximartinezii*.

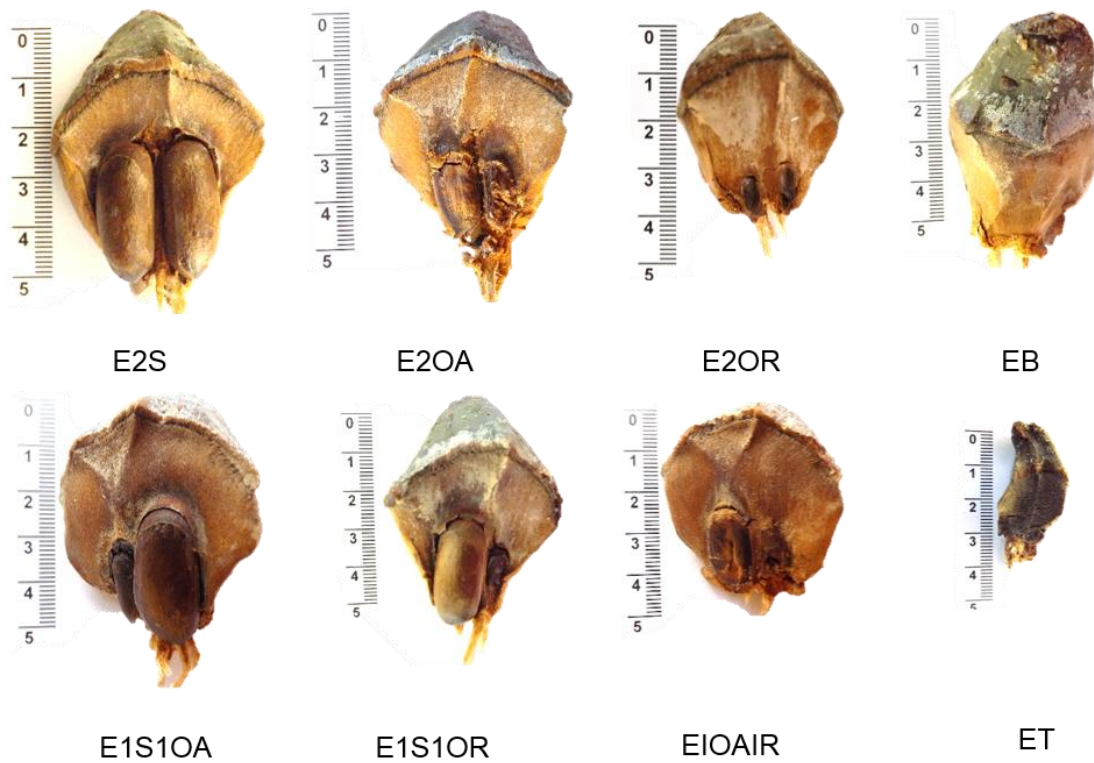
Una vez evaluadas las características antes mencionadas se dejaron secando a temperatura ambiente en sus respectivas bolsas en un periodo de dos meses (diciembre-enero), a finales del mes de enero se prosiguió con la extracción de las semillas, con el apoyo de desarmadores y pinzas.

Durante el proceso de extracción, las semillas se fueron colocando en bolsas de plástico por cono y árbol, cada bolsa se etiquetó con tinta permanente con datos de identificación del número de árbol y número de cono, una vez terminado la extracción se colocó en una bolsa de plástico grande para posteriormente llevarla a refrigeración a una temperatura $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Con base a la metodología de Bramlett *et al.* (1977), se destrozaron dos conos con un taladro eléctrico para poder tomar fotografías y evaluar las diferentes variables fisiológicas presentes en las escamas; escamas infértiles; escamas basales (EB) y escamas terminales (ET), y las escamas fértiles; con dos semillas desarrolladas (E2S), con una semilla desarrollada y un óvulo abortado (E1S1OA), con una semilla desarrollada y un óvulo rudimentario (E1S1OR), escama con dos óvulos rudimentarios (E2OR), escama con dos óvulos abortados (E2OA) y escama con un óvulo abortado y un óvulo rudimentario (E1OA1OR) como se muestra en la Figura 3.

Con base a la muestra anterior se evaluaron todos los conos, terminando cada evaluación de cada cono se regresaba a su respectiva bolsa para llevar el control de las evaluaciones.

Una vez terminada la extracción de las semillas, se prosiguió identificar semillas vanas de las semillas llenas, estas se separaron de acuerdo a la coloración de las semillas. Las semillas más oscuras son las vanas y las claras son las llenas como se muestra en la Figura 4, posteriormente las semillas llenas se depositaron en bolsas pequeñas de plástico, indicando el contenido; llenas o vanas, el número de árbol y número de cono y luego almacenarlas en refrigeración.



E2S= Escama intermedia con 2 semillas desarrolladas; E2OA= Escama intermedia con 2 óvulos abortados; E2OR=Escama intermedia con dos óvulos rudimentarios; EB= Escama basal sin óvulos abortados; E1S1OA= Escama intermedia con una semilla y un óvulo abortado; E1S1OR= Escama intermedia con 1 semilla y un óvulo rudimentario; E1OA1OR= Escama intermedia con un óvulo abortado y un óvulo rudimentario; ET= Escama terminal sin óvulo abortados.

Figura 3. Características morfológicas evaluadas en cm, para estimar los indicadores reproductivos de *Pinus maximartinezii*.



Figura 4. Diferencia de la coloración de las semillas en vanas y llenas.

Por último se determinó el peso seco del cono, para secarlo se introdujeron las bolsas de cada cono en una estufa de secado BLUM, donde se acomodaron las bolsas de cada cono por un periodo de 22 horas a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm$ aproximadamente (Cruz-Hernández, 2012), posteriormente se pesó cada cono con una balanza electrónica Torrey.

Posteriormente se prosiguió a realizar los cálculos de los indicadores reproductivos con la metodología de Bramlett *et al.* (1977).

Potencial de semilla (PS)=escamas fértiles x 2

Eficiencia de semilla (ES)= Total de Semillas Llenas (SLL)/PSx100

Semilla desarrollada (SD)= Semillas vanas (SV) + Semillas Llenas (SLL)

Proporción de semilla llenas (PSLL)= SLL/SD

Proporción de semillas vanas (PSV) = SV/SD

Proporción de óvulos abortados (POA)=OA/PS

Proporción de óvulos rudimentarios (POR)=OR/PS

Para el cálculos de la eficiencia reproductiva (ER) e indicador de endogamia se calculó de la siguiente manera (Mosseler *et al.*, 2000).

ER=Peso de las semillas llenas (mg)/Peso seco del cono (PSC)

IE=SV/SD

3.4 Ensayo de germinación en laboratorio

Se realizó el experimento para probar el efecto de cinco tratamientos pregerminativos en un diseño completamente al azar, los tratamientos utilizados se muestra en el Cuadro 1, para el establecimiento de este ensayo se realizó con el material colectado en el 2013 en Juchipila, Zacatecas, se compró un kilogramo de semilla mixta para establecimiento del ensayo.

Primero se realizó la separación de las semillas por coloración, las vanas tienen coloración oscura por ambos costados esto las hace diferentes a las semillas llenas como se muestra en la Figura 4.

Para el diseño del ensayo se requirió 500 semillas de *Pinus maximartinezii*, 100 semillas por tratamiento; 4 repeticiones con 25 semillas para cada repetición, el diseño del experimento se realizó completamente al azar.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos pregerminativos, prueba en laboratorio.

Clave del Tratamiento	Descripción del Tratamiento	Tiempo/Cantidad
T0	Testigo agua destilada 25 ° C ± 1° C	12 horas
T1	Peróxido de hidrogeno 3%	15 minutos
T2	Imbibición en agua	12 horas
T3	Abrasión con lija para metal gs-50 en el micrópilo considerando no dañar el micrópilo	20 abrasiones
T4	Ácido sulfúrico concentrado	15 minutos

Una vez realizado el tratamiento 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 rollos de papel e inducirlos en la cámara de germinación a $25\text{ °C} \pm \text{°C}$ de temperatura.

Las evaluaciones se realizaron cada 7 días durante 28 días, se registró y evaluó las clases de vigor del 1-7 y para el día final de la evaluación se registró el número de semillas en germinación anormales (plántulas albinas, plántulas con poliembrionía, raíces atrofiadas, hipocótilos enanos etc.) teniendo la base de datos en Excel se procedió a calcular el porcentaje de germinación de las plántulas normales de las clases de vigor del 1-4 para cada una de las repeticiones dentro del periodo de la prueba de germinación (Petawawa National Forestry Institute, s.f.; Alberta Sustainable Resource Development Forestry Division, 2009).

3.4.1 Comparación de los tratamientos.

Se utilizó la ecuación del tamaño de muestra de muestreo simple aleatorio sin corrección finita como se muestra a continuación:

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

Donde:

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

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i

ϵ_{ij} = Error aleatorio

3. 4.2 Resultados del ensayo

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Cuadro 2) muestra la comparación de medias del porcentaje de germinación de cada tratamiento, el tratamiento cuatro es significativamente diferente a los demás, el tratamiento que tuvo el más alto porcentaje de germinación fue el tratamiento de abrasión con lija

para metal con un 54 %, el tratamiento dos con un 39% el segundo tratamiento mejor de la prueba, a los 28 días de la siembra.

Cuadro 2. Análisis de varianza de comparación de medias por Tukey de los tratamientos pregerminativos evaluados.

Tratamiento	Porcentaje de germinación
T3	54 a
T2	39 a
T2	33 a
T0	30 a
T4	2 b

NOTA: Las letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

3.5 Establecimiento del ensayo de germinación en condiciones de invernadero.

Para el establecimiento del ensayo de germinación en condiciones de invernadero, primero se separó y contabilizó las semillas vanas de las llenas, por cono y por árbol, posteriormente se juntó el total de semillas llenas en una bolsa de plástico por familia con su respectiva etiqueta cabe destacar que las semillas de la colecta del 2009 se tenía almacenado en refrigeración

Para la colecta del 2013 teniendo el registro de todas las semillas se realizó la suma total de las semillas llenas, obteniendo una cantidad de 3643 para la colecta del 2009 y 1888 para la colecta del 2013. También se sembró 500 semillas mixtas sin tener el control de la familia en la colecta del 2013.

Una vez contabilizado el total de las semillas existentes se empezó con el diseño experimental que se estableció en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El diseño se hizo completamente al azar ya que se sembró el total de semillas por familia.

El tratamiento pregerminativo que se utilizó fue el del peróxido de hidrógeno al 3% esto con respecto a los resultados obtenidos en la prueba realizada en laboratorio previamente como se muestra en el Cuadro 2, se consideró este

tratamiento porque el tratamiento de abrasión era impráctico utilizarlo por las cantidades de semillas, posteriormente se colocó las semillas en vasos de plástico para cada árbol, durante un periodo de 15 minutos.

Las semillas se sembraron en charolas de unicel de 70 cavidades con un sustrato de perlita mineral expandida, agrolita, peat moss en una proporción de 1:1 y como fertilizante se utilizó osmocote de liberación controlada.

El ensayo se estableció en tres camas portacharolas para evaluar la germinación de los dos años de colecta, al momento de sembrar se colocó a una profundidad del doble del grosor de cada una de las semillas, cada charola se etiquetó con una clave para poder identificarlo, con el número del árbol y año de colecta.

Para que las semillas germinaran se les dio riego cada tercer día, para que el sustrato estuviera húmedo y en condiciones homogéneas para todo el ensayo de germinación.

3.6 Evaluación de germinación

Con la metodología del ISTA (1999) se evaluaron plantas normales y anormales, esta evaluación se realizó cada tercer día durante el periodo de un mes y medio.

Una vez teniendo la base de datos se procedió a sacar el porcentaje de germinación, el valor de germinación, porcentaje de supervivencia de las plántulas, plántulas anormales (frecuencia de plántulas anormales: plántulas albinas, plántulas con poliembrionia, plántulas que los cotiledones emergieron primero que la raíz, el hipocótilo enrollado (en forma de espiral), plántula con raíz delgada y corta con el hipocótilo corto y grueso, plántula hipocótilo estrechamente retorcido, formando una espiral, plántulas con raíz primaria ausente, corta y gruesa, plántulas con raíz primaria atrapada en la testa de la semilla y plántulas enanas con raíz corta e hipocótilo doblado).

Teniendo la base de datos en Excel se procedió a determinar el porcentaje de germinación, la velocidad de germinación por el método de Czabator estos criterios permiten definir la calidad del lote de semillas (Willan, 1991; Kolotelo *et al.*, 2001) este cálculo se realizó para cada familia de los dos años de colecta.

El valor germinativo se determinó a través de la siguiente fórmula Czabator.

$$VG = VGD \text{ final} \times \text{valor máximo de VGD}$$

Donde:

VG= Valor de germinación

VGD= Velocidad de germinación diaria

La velocidad de germinación se expresa en forma de valor máximo, que es la germinación diaria media máxima (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de la siembra) que se alcanza en cualquier momento del período del ensayo.

Para este ensayo de germinación también se determinó el porcentaje de sobrevivencia de las plantas en condiciones de vivero hasta el día final de la toma de datos esto se calculó como la relación de las plántulas germinadas entre el total de plántulas vivas por cien.

3.7 Análisis estadístico

Los datos de la colecta de la colecta del año 2013 se capturó en una base de datos en Excel, en donde se anexo los datos de la colecta 2009 (Cruz-Hernández, 2009), para la base de datos del año 2013 cabe destacar que se eliminó los datos del árbol 24 de la base de datos por que todos los conos de ese árbol resultaron tiernos.

Posteriormente se calculó el valor de cada indicador en Excel, teniendo esta base de datos se realizó análisis de varianza en el paquete estadístico SAS 9.0 (Stastical Analysis Sistem) se usó un modelo jerárquico con el procedimiento Proc

Glm, mediante la comparación de pruebas de rango student de Tukey para diferenciar las medias de cada indicador (Mosseler *et al.*, 2000).

$$Y_{ij} = \mu + f_i + p_{(i)j} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor de la variable

μ = Es la media poblacional

τ_i = Es el efecto del i-ésimo año de colecta.

$p_{(i)j}$ = Es el efecto del j-ésimo árbol anidado al año de colecta ij

ϵ_{ij} = Error aleatorio

Dentro del paquete estadístico SAS se utilizó el procedimiento Univariate de SAS para conocer la respuesta de las variables con respecto a una distribución normal, las variables que necesitaron transformación son las siguientes; proporción de semillas llenas, proporción de óvulos rudimentarios, proporción de óvulos abortados, proporción de semillas vanas, eficiencia de semilla, índice de endogamia, y eficiencia reproductiva (Box y Cox, 1964).

Para la comparación del porcentaje de germinación, valor de germinación, porcentaje de sobrevivencia de las plántulas y plántulas anormales se usó el mismo modelo anteriormente mencionado, para estas variables al momento de hacer la pruebas de comparación de medias por Prueba de Tukey, se duplicaron los datos para obtener los resultados porque en la colecta del año 2013 sólo se contaba con 24 familias, era un tamaño de muestra pequeño.

Se utilizó el procedimiento Univariate de SAS para conocer la respuesta de las variables con respecto a su distribución normal, ninguna variable tuvo una distribución normal por lo tanto se transformaron, la variable $\sqrt{\text{valor de germinación}}$, $\sqrt{\text{plántulas anormales}}$, porcentaje de sobrevivencia se elevó a -1.3 y porcentaje de germinación a 0.9 (Box y Cox, 1964).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Indicadores reproductivos.

4.1.1 Indicadores reproductivos en conos y semillas

Con respecto a los indicadores reproductivos de conos y semillas entre los dos años de colecta 2009 y 2013, se puede observar que el año 2009 sobresale en su productividad ya que entre los indicadores reproductivos como es el caso del peso seco del cono con un promedio de 527.76 g, mayor número de semillas llenas por cono con 56 semillas, la proporción de semillas llenas con 0.82275, proporción de óvulos abortados de 0.19225 y proporción de óvulos rudimentarios con 0.06921 presentando mayor productividad, mientras tanto para el año 2013 el peso seco del cono es de 481.04 g, 34 semillas llenas por cono, 0.7207 en proporción de semillas llenas, 0.23378 en óvulos abortados y con 0.31644 de óvulos rudimentarios (Cuadro 3).

El único indicador que es similar es la eficiencia reproductiva (Cuadro 3) es alta con un promedio de 92.70 mg g^{-1} comparado con otras especies de coníferas lo que significa que la producción de polen es abundante a pesar que la población es pequeña, comparando con otras especies de coníferas como por ejemplo *Pinus rigida* Mill que tuvo una eficiencia reproductiva de 3.3 (Mosseler *et al.*, 2004), *Picea rubens* Sarg con 0.82 (Mosseler *et al.*, 2000), *Picea mexicana* con 23.7 (Flores-López *et al.*, 2005) y *Pseudotsuga menziesii*, con 29.6 (Mápula-Larreta *et al.*, 2007) ver Cuadro 4. Esta característica es la relación del peso de semillas llenas respecto al peso seco del cono, y es un indicador de la proporción de energía que un árbol dedica a la producción de semilla para la generación de nuevos individuos, más que a la biomasa del estróbilo (Mosseler *et al.*, 2000; Gómez-Jiménez *et al.*, 2010).

En cuanto a la proporción de óvulos abortados comparado en los dos años de colecta, se presenta la mayor proporción en el año 2013, con un 0.23378 comparado con el año 2009 que es menor de 0.19225, con respecto a la proporción de óvulos rudimentarios se presenta en mayor proporción en el año 2013 con 0.31644, con respecto al año 2009 que presenta el 0.06921 de óvulos rudimentarios (Cuadro 3)

por lo que no presenta grandes cantidades de óvulos abortados. Los óvulos abortados son semillas potenciales que mueren antes de la formación de una testa normal, que no logran completar el desarrollo normal del embrión, posiblemente a la falta de polen y los daños por insectos, estas pueden ser influenciadas por la edad del árbol (Bramlett *et al.*, 1997).

Si bien cabe destacar que estudios donde se comparan años de colecta y entre poblaciones o entre árboles varían tal es el caso de *Picea mexicana* que se encontró una alta proporción de óvulos abortados (0.36 a 0.47) variación entre poblaciones y entre árboles (Flores *et al.*, 2005).

Para el caso del índice de endogamia para ambos años comparados es bajo, para el año 2009 fue de 0.1753, mientras que para el año 2013 de 0.26701, siendo el más alto índice para él año 2013 (Cuadro 3), pero comparado con otros estudios en coníferas como es el caso de *Picea mexicana* Martínez que tiene .0.80 de índice de endogamia (Flores *et al.*, 2005), siendo el más alto en otras especies, para el piñonero *Pinus johannis* estudio realizado por Villa-Pérez (2010) obtuvo un índice de endogamia alto de 0.48 y *Pseudotsuga menziesii* con 0.602 (Mápula-Larreta *et al.*, 2007) estas especies crecen en poblaciones naturales fragmentadas constituidas por un número reducido de individuos.

Mientras que para otras especies de coníferas, el índice de endogamia que presentan es mayor tal es el caso de *P. leiophylla* de 0.50 (Gómez-Jiménez *et al.*, 2011) y en *P. rigida* Mill con 0.34 (Mosseler *et al.*, 2004) e igual sigue siendo alto comparado al que se presentó en *Pinus maximartinezii*.

Esto refleja a que *Pinus maximartinezii* sigue teniendo con el más bajo índice, esto indica que no tiene problemas endogamia a pesar de ser una especie de población pequeña, ya que la endogamia es un factor que influye en el incremento de semillas vanas en decremento de la producción de semillas llenas por cono o eficiencia de semilla y no se cumple la condición de que en poblaciones pequeñas disminuye la capacidad de los individuos para reproducirse y desarrollarse, al aumentar el índice de endogamia producto de la autofecundación o polinización entre árboles emparentados (Mosseler *et al.*, 2000).

Cuadro 3. Comparación de los indicadores reproductivos de conos y semillas de *Pinus maximartinezii* en dos años de colecta en Juchipila, Zacatecas.

Indicador reproductivo	Año	
	2009	2013
Eficiencia reproductiva	88.149a	97.254a
Índice de endogamia [‡]	0.1753a	0.26701b
Peso seco del cono (g)	527.76a	481.04b
Proporción de óvulos abortados	0.19225b	0.23378a
Proporción de óvulos rudimentarios	0.06921b	0.31644a
Proporción de semillas llenas	0.82275a	0.72074b
Número de semillas llenas por cono	56.129a	34.327b
Eficiencia de semilla	0.6176a	0.32229b

Las medias con diferentes letras son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) realizada con la prueba de medias Tukey. [‡] Semillas vanas/semillas desarrolladas.

El cruzamiento entre parientes en esta especie es poco probable debido a la dispersión de sus semillas pesadas, dando lugar a la agrupación entre hermanos, estudios revelan que a nivel poblacional *P. maximartinezii* presenta un nivel de cruzamiento lejano y entre árboles resultan ser independientes por eso la endogamia no es un problema para su conservación (Ledig *et al.*, 1999).

4.1.2 Indicadores reproductivos en plántulas

Con respecto a los indicadores reproductivos de plántulas, en la comparación del porcentaje de germinación para el año 2009 alcanzó un porcentaje de 74.15 %, mientras que el porcentaje de germinación para el año 2013 solo alcanzó el 58.60 % (Cuadro 5), comparado con otros estudios de otras especies piñoneras como *Pinus catarinae* que presenta un 17.82 % (Cuadro 6) en condiciones de cámara de germinación para esta especie (Lemus-Sánchez, 1999).

Cuadro 4. Indicadores reproductivos en diferentes coníferas y diferentes localidades.

Especie	ER	IE	SLLC	PSC(g)	POA	POR	PSLL	Bibliografía
<i>Pinus catarinae</i> M. F. Robert-Passini	-----	-----	2.36	-----	0.375	0.625	0.2358	Lemmus-Sánchez (1999)
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	-----	0.42	-----	16.67	0.375	-----	0.35	Hernández- Sánchez (2006)
<i>Pinus leiophylla</i> . Et Cham.	2.49	-----	1.2	-----	0.729	-----	7.3	Morales-Velázquez <i>et al.</i> (2010)
<i>Picea mexicana</i> Martínez	23.70	0.80	-----	4.08	0.40	-----	0.13	Flores-López <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus johannis</i> M.F. Robert	-----	0.48	-----	-----	-----	-----	0.29	Villa-Pérez (2010)
<i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson	-----	0.75	-----	22.77	0.83	0.01	0.07	Flores-López <i>et al.</i> (2012)
<i>Pseudotsuga macrolepis</i> Flous	-----	-----	-----	-----	0.2453	0.3655	0.1135	Ponce-Martínez y Bautista-Hernández (2008)
<i>Pinus maximartinezii</i>	92.70	0.22	34.32	504.4	0.21	0.19	0.77	Estudio actual
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham	15.9	0.50	-----	15.2	0.63	----	0.17	Gómez-Jiménez <i>et al.</i> (2011)
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	29.6	0.602	-----	39.68	0.1223	----	0.2145	Mápula-Larreta <i>et al.</i> (2007)
<i>Picea rubens</i>	0.89	0.58	-----	1.875	0.34	----	0.285	Mosseler <i>et al.</i> (2000)
<i>Pinus rigida</i>	3.3	0.34	43.5	10.8	-----	----	-----	Mosseler <i>et al.</i> (2004)

ER=Eficiencia reproductiva; IE=índice de endogamia; SLLC= Semilla llena por cono; PSC= peso seco del cono; POA= proporción de óvulos abortados; POR; proporción de óvulos rudimentarios; PSLL=Proporción de semillas llenas.

El porcentaje de germinación mide la viabilidad de las semillas clasificadas como llenas (potencialmente sanas). Este valor normalmente promedia un 90% o más, mientras tanto el porcentaje de germinación presentado por *Pinus maximartinezii* es bajo porque de acuerdo a las claves de interpretación de datos propuesta Brammlet *et al.* (1997), recomienda identificar las causas que lo originan (puede ser germinación no apropiada, daño no detectado por chinche, mal manejo de las semillas).

Mientras tanto con otras especies de coníferas presentan mayor porcentaje de germinación tal es el caso de *Pinus leiophylla.*, que presentó un porcentaje de germinación del 82.5, (Gómez-Jiménez *et al.*, 2011) estas comparaciones se muestran en el Cuadro 6.

Para el caso de las plántulas anormales el año 2009 presenta un promedio de 4 plántulas anormales por familia, mientras tanto para el 2013 se presenta un promedio de 3 plántulas anormales, presentando mayor autopolinización para el año 2009 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias en indicadores de plántulas en *Pinus maximartinezii*.

Indicador reproductivo	Año	
	2009	2013
Plántulas anormales	4.484 a	3.167b
Porcentaje de germinación (%)	74.15a	58.60b
Porcentaje de sobrevivencia (%)	90.15a	86.21b
Valor de germinación	5.412a	3.488b

Nota: Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0,05$) determinada con la prueba de Tukey. La evaluación se realizó hasta el día 41 después de la siembra en condiciones de invernadero.

El porcentaje de sobrevivencia de las plántulas en el periodo evaluado hasta los 41 días, son significativamente diferentes presentando mayor

sobrevivencia para el año 2009, con un 90.15 %, mientras que para el año 2013 presenta un 86.21 %, así mismo el valor de germinación es significativamente diferente para ambas colectas, presentando mayor valor de germinación en el año 2009, con 5.412, ambas características indican la calidad de la semilla por lo tanto el año 2009 presenta mayor calidad de semilla (Cuadro 5).

Estudios similares con otras coníferas presentan porcentajes de sobrevivencia de las plantas evaluadas a 95 días de la siembra, con un porcentaje de sobrevivencia para dos regiones con un 73.15 % en *Picea rubens* (Mosseler *et al.*, 2000), otro estudio en *Pinus greggii* se encontró variación en el porcentaje de germinación entre familias, con un 64.34 % evaluados a los 28 días de siembra, esta variación puede ser producto del aislamiento, del tamaño de la población y de la presión de selección (Morante-Carriel *et al.*, 2005) y así mismo se puede observar que dependiendo a la especie se tiene diferentes porcentajes de germinación y que en algunas especies si es producto de la autofecundación (Cuadro 6).

4.2 Producción y pérdida de semilla en dos años de colecta

El potencial de semillas promedio para los dos años de colecta fue de 98 semillas por cono, de las cuales el valor promedio más alto se presenta en el 2013 con 105 semillas por cono y la colecta 2009 presenta 91 semillas por cono (Figura 5) comparando la eficiencia de semilla la que sobresale es para el año 2009 con un 62% con el 2013 que es menor, esto se debe a que existen diferentes años semilleros entre la misma especie (Bramlet *et al.*, 1997; Flores *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2012).

El potencial de semillas comparado con otras especies piñoneras es alta (Cuadro 4) ya que estudios como en el *Pinus catarinae* M .F: Robert-Passini presenta un potencial de 11 semillas por cono (Lemus-Sánchez, 1999) es menor a el potencial presentado por *Pinus maximartinezii*, otro estudio en pino en *Pinus johannis* muestra un potencial de semilla de 41 (Villa-Pérez, 2010) que sigue siendo bajo en piñoneros.

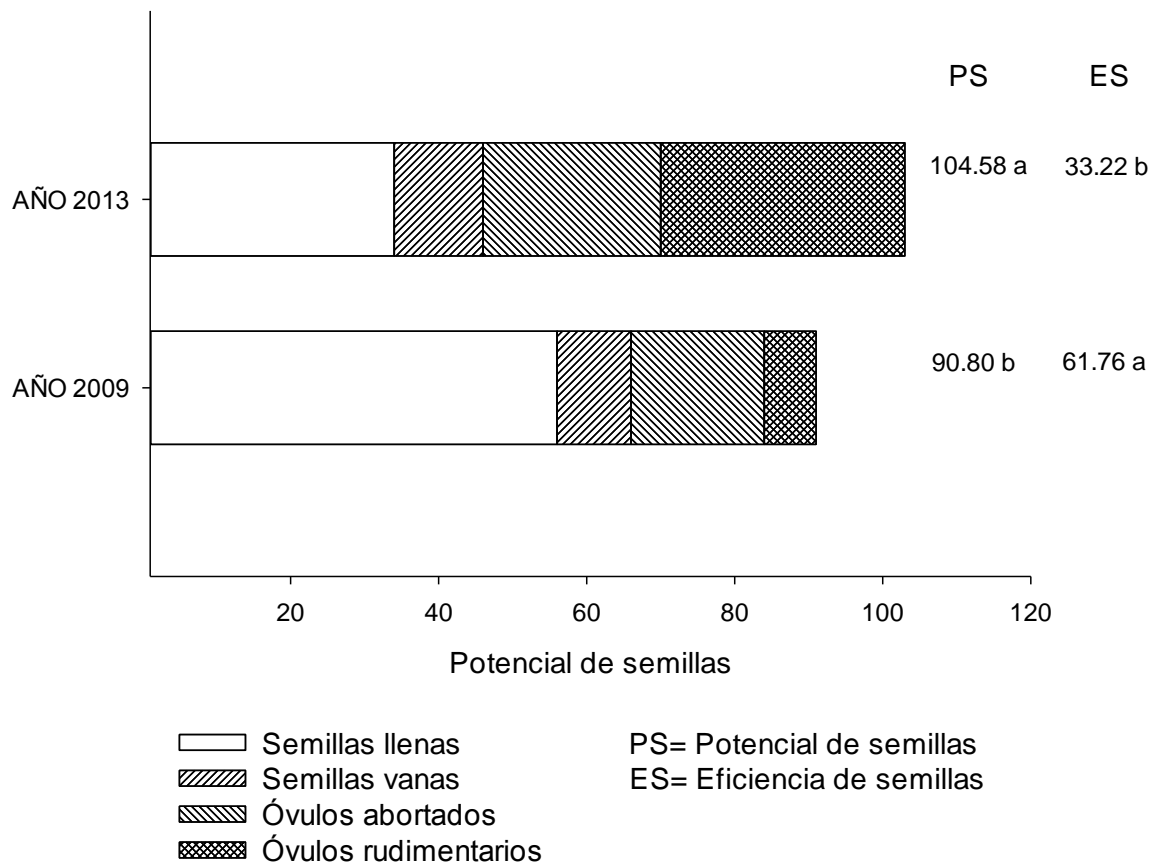
Cuadro 6. Comparación con otras coníferas en indicadores reproductivos de plántulas.

Especie	PG (%)	VG	PA	Bibliografía
<i>Pinus catarinae</i> M. F. Robert-Passini	7.54-17.82	-----	----	Lemus-Sánchez (1999)
<i>P. engelmannii</i> Carr.	98.1	-----	-----	Bustamante- García <i>et al.</i> (2012)
<i>Pinus duranguensis</i> Mart.	53.8	-----	-----	Bustamante-García <i>et al.</i> (2014)
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowskii	66.37	4.45	3.82	Estudio actual
<i>Pseudotsuga macrolepis</i> Flous	4.87	-----	-----	Ponce-Martínez y Bautista-Hernández (2008)
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. &>Cham.	82.5	29.4	-----	Gómez-Jiménez <i>et al.</i> (2011)
<i>Pinus rigida</i>	86.6	-----	----	Mosseler <i>et al.</i> (2004)
<i>Picea rubens</i>	73.84	73.1 5	-----	Mosseler <i>et al.</i> (2000)
<i>Pinus greggii</i>	64.34	-----	-----	Morante-Carriel <i>et al.</i> (2005)

PG= Porcentaje de germinación; VG=Velocidad de germinación; PA= Plántulas anormales; -----sin datos.

Como se puede observar el potencial de semillas por cono fue variable para ambas colectas de *Pinus maximartinezii*, esto se debe a que es afectado por diferentes años semilleros, diferentes condiciones ambientales, comparando con otras especies de coníferas en *Picea martinezii* el estudio realizado muestra un potencial de semilla de 266 en promedio (Cuadro 7), así mismo *Pseudotsuga macrolepis* Flous, presenta un potencial de semilla de 44.20, esta especie con un alto rango de distribución en una plantación joven, esto puede deberse por una

parte al espacio que ocupan las escamas fértiles y por la otra se adjudica a la sobrepoblación que obstruye la libre circulación de polen dentro de la plantación y trae como consecuencia que los individuos cercanos se fecunden entre sí, elevando la tasa de endogamia (Ponce-Martínez y Bautista-Hernández, 2008).



Nota: Las medias con diferentes letras son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$), prueba Tukey.

Figura 5. Producción y pérdida de semilla de dos años de colecta de *Pinus maximartinezii* en Juchipila, Zacatecas.

La variable más representativa de la producción de semillas es la eficiencia de semilla definida como la cantidad de semillas llenas en relación con el potencial de semillas expresada en porcentaje, esta mide la relación de la productividad de

un cono con relación a su capacidad biológica, la eficiencia de semillas es relativa entre poblaciones y años, debido a la escasez o poca viabilidad de polen (Bramlett *et al.*, 1977). Las poblaciones aisladas y pequeñas tienen poca eficiencia de semillas, debido a que en poblaciones más grandes existe más polen y en poblaciones pequeñas menos polen y se presentan problemas de endogamia (Mosseler y Rajora, 1998; Mosseler *et al.*, 2000).

Cuadro 7. Potencial y eficiencia de semillas en diferentes coníferas y diferentes localidades.

Especie	PS	ES (%)	Bibliografía
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	108	15.9%	Gómez-Jiménez <i>et al.</i> (2010)
<i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson	266	7 %	Flores-López <i>et al.</i> (2012)
<i>Picea mexicana</i> Martínez	103	13.5 %	Flores-López <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus catarinae</i> M. F: Robert-Passini	11.07	20.93%	Lemus-Sánchez (1999)
<i>Pinus pinceana</i>	50	35	Hernández-Sánchez (2006)
<i>Pinus johannis</i>	41	19	Villa-Pérez (2010)
<i>Pinus johannis</i>	23	8	López-Calderón (2005)
<i>Pinus duranguensis</i> Mart.	100.3	57.6%	Bustamante-García <i>et al.</i> (2014)
<i>Pinus greggi</i> engelm	158.47	79.14%	Alba-Landa <i>et al.</i> (2005)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl	193.483	72.41 %	Alba-Landa <i>et al.</i> (2003)
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov	105.92	53.77 %	Alba-Landa y Márquez- Ramírez (2006)
<i>Pseudotsuga</i> <i>macrolepis</i> Flous.	44.20	7.06%	Ponce-Martínez y Bautista- Hernández (2008)
<i>Pinus maximartinezii</i>	98	47.5	Trabajo actual

PS=potencial de semilla; EF= eficiencia de semilla

Para este trabajo la eficiencia de semillas es de 47.5 % en promedio para los dos años de colecta, existe diferencia significativa entre los años de colecta presentándose mayor eficiencia de semilla para el año 2009, con 62 %, para el año 2013 se reduce al 33 % en la eficiencia de la semilla (Figura 5), el valor de la eficiencia de semilla para el año 2013 indica una pérdida excesiva de semilla. Sin embargo, la producción de semilla se puede incrementar mediante la identificación de los factores que provocan la pérdida de semilla e iniciar métodos para su control de acuerdo a Brammlet *et al.* (1997).

Para estudios similares Hernández-Sánchez (2006), encontró un promedio de 35.5 % de eficiencia de semilla de ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* atribuyendo a este resultado debido principalmente a óvulos abortados, semillas vanas y que solamente una población de las evaluadas es a causa de daños por insectos, así como también puede ser producto de factores como el aislamiento y la baja densidad del arbolado dentro de las poblaciones y el período de año semillero, López-Sánchez (2006) encontró un promedio de 8 % de la eficiencia de semilla en *Pinus johannis* muy bajo (Cuadro 7).

5 CONCLUSIONES

De acuerdo la hipótesis planteada para el presente trabajo y con los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula, ya que se encontró que sí existe diferencia significativa entre los indicadores reproductivos en los dos años de colecta.

Los indicadores de conos y semillas, como la proporción de óvulos abortados, la proporción de óvulos rudimentarios, la proporción de semillas llenas por cono y el peso seco del cono son diferentes entre años de colecta.

La eficiencia reproductiva es igual entre los dos años de colecta.

Para el potencial y eficiencia de semilla también existe diferencia significativa entre los años de colecta esto puede verse afectado por factores como el aislamiento, las condiciones ambientales y el período de año semillero.

A pesar de ser una población pequeña y fragmentada de *Pinus maximartinezii*, el índice de endogamia fue bajo para la población durante los años de colecta 2009 y 2013.

Los porcentajes de germinación, plántulas anormales, valor de germinación y porcentaje de sobrevivencia de las plantas, fueron superiores para el año 2009 comparado al año 2013.

6 RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores de esta especie se debe realizar la colecta de los conos en los meses de octubre-noviembre para encontrar los conos cerrados antes que se desprenda la semilla, esta colecta se debe realizar con suficiente luz, porque se puede confundir el color y el tamaño del cono y pueden colectar conos del segundo año que están inmaduros. Es importante señalar que el ciclo reproductivo de *Pinus maximartinezii* es de tres años y es cuando alcanza su madurez.

Seguir monitoreando la población para tener comparaciones con más años de colecta y determinar a largo plazo que fluctuaciones ambientales la afectan.

Seguir evaluando las mismas familias y aumentar el número, para así poder cubrir toda la población y comprobar que está influenciando en la producción y pérdida de semillas. Así como determinar si el número de familias dentro del área de estudio son suficientes para seguir conservando la especie.

Dar seguimiento del vigor de las plantas de *Pinus maximartinezii* como resultado de la germinación del presente estudio.

Se debe realizar estudios de la nueva población que se encuentra en el estado de Durango para conocer la situación reproductiva.

7 LITERATURA CITADA

- Alba-Landa, J y J. Márquez-Ramírez. 2006. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de Los Molinos, Perote, Veracruz. *Foresta Veracruzana*. 8(1):31-36.
- Alba-Landa, J., A. Aparicio-Rentería y J. Márquez-Ramírez. 2003. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus hatwegii* Lindl. De poblaciones de México. *Foresta Veracruzana*. 5(1):25-28.
- Alba-Landa, J., J. Márquez-Ramírez, y H.S. Bárcenas-Cortina. 2005. Potencial de producción de semillas de *Pinus greggi* engelm. en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 7(2):37-40.
- Alberta Sustainable Resource Development. Forestry Division. 2009. Alberta seed testing standards. Forestry Division Alberta Sustainable Resource Development. Alberta, Canada. 11 p.
- Arriaga L., J. M. Espinoza., C. Aguilar., E. Martínez., L. Gómez., y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. [En línea] CONABIO [Fecha de consulta: 11 de enero 2015]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_065.pdf>
- Arteaga-Martínez, B. 2000. Producción de semilla de *Pinus maximartinezii* Rzedowski. In: II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Memorias. Compilador: Rodolfo Salazar 18-22 de Octubre, 1999. Santo Domingo, República Dominicana. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp: 47-51.
- Box, G. E. P. y D. R. Cox. 1964. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Serie B (methodological)* 26(2):211-252.
- Bramlett, D. L., E. W. Belcher Jr., G. L. De Barr, J. L. Hertel, R. P. Karrfalt, C. W. Lantz, T. Miller, K. D. Ware y H.O. III Yates. 1997. Cone analysis of

- Southern pines: a guidebook. Gen. Tech. Rep. SE-13. Asheville, N. C. USDA, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, N.C.U.S.A. 28 p.
- Bustamante-García, V., J. A. Prieto-Ruíz., E. Merlín-Bermudes., R. Álvarez-Zagoya., A. Carrillo-Parra y J. C. Hernández Díaz. 2012. Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. *Madera y Bosques*. 18(3):7-21.
- Bustamante-García, V., J. A. Prieto-Ruíz, A. Carrillo-Parra, R. Álvarez-Zagoya, H. González-Rodríguez y J. J. Corral-Rivas. 2014. Seed production and quality of *Pinus duranguensis* Mart., from seed áreas and a seed stand in Durango, México. *Pakistan Journal of Botany* 46(4):1197-1202.
- Critchfield, W. B. y E. L. Little, Jr. 1966. Geographic distribution of the pines of the World. United States Department of Agriculture, Forest Service Miscellaneous Publication 991. Washington, D. C. 97 p.
- Cruz-Hernández, A. 2012. Producción de semillas de *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas. Tesis profesional, Ingeniero Forestal. División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México. 48 p.
- Donahue J., K. and C. Mar-López. 1995. Observations on *Pinus maximartinezii* Rzed. *Madroño*. LXII (1): 18-25.
- Edwards, D .G. W. 1987. Methods and procedures for testing tree seeds in Canada. *Can. For. Serv., Victoria, BC. Forestry Tech.* 34 p.
- Eguiluz-Piedra, T., A. Niembro-Rocas y P.M. Pérez-Rodríguez. 1985. Estudio morfológico de las semillas de siete especies de piñoneros mexicanos. In: *Memorias del I Simposium Nacional sobre Piños Piñoneros*. Flores-Lara, L .J.; Cantú-Ayala, C. M; Marroquín de la F. J. S., C. Edit. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Universidad autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. pp 53-68.

- FAO. Situación de los Recursos Genéticos Forestales en México. 2012. Informe Final del Proyecto TCP/MEX/3301/MEX (4). 283 p. Instituto de biología.
2009. *Pinus maximartinezii*. [En línea] UNIBIO [Fecha de consulta: 24 de enero 2015]. Disponible en: <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PINsn65>>
- Farjon A. and T. Brian S. 1997. *Pinus maximartinezii*. Organization for Flora Neotropica. Pinus (Pinaceae). 75:221.
- Farjon, A. 2013. *Pinus maximartinezii*. The IUCN Red List of Threatened Species. [En línea] UICNREDLIST [Fecha de consulta: 4 de marzo del 2015]. Disponible en: <<http://www.iucnredlist.org/details/full/30975/0>>
- Farjon, A. y C. N. Page. 1999. Status Survey and Conservation Action Plan Conifers. IUCN/SSC Conifer Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge. 121 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa y B. T. Styles. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens. Kew. U.K. 151 p.
- Flores-López, C., G. Geada-López., J. López-Upton y E. López-Ramírez. 2012. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T.F. Patterson. Revista Forestal Baracoa. 31 (2):49-58.
- Flores-López, C., J. López-Uptón, y J. J. Vargas H. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. Agrociencia 39:117-126.
- Fonseca-Juárez, R. M. 2003. De piñas y piñones. Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México. 69: 64-65.
- Frankham, R. 1998. Inbreeding and Extinction: Island Populations. Conservation Biology. 12: 665-675.
- García, E. 1998. Cartas Clima Köppen modificada por E. García, 1:100000. ESRI, Shape file. [En línea] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Climas. [Fecha de consulta: 10 de enero 2015] disponible en: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>

- García-Nuñez, R.M. y T. Eguiluz-Piedra. 1985. Variación morfológica de *Pinus maximartinezii* Rzedowski. In: memorias del I Simposium Nacional sobre Piños Piñoneros. Flores-Lara, L. J.; Cantú-Ayala, C. M; Marroquín de la F. J. S., C. Edit. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Universidad autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. pp 32-47.
- García-Velázquez, A. 1985. Citogenética de pinos piñoneros. In: memorias del I Simposium Nacional sobre Piños Piñoneros. Flores-Lara, L.J.; Cantú-Ayala, C. M; Marroquín de la F. J. S., C. Edit. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Universidad autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. pp. 19-31.
- Gernandt D. S. y J. A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85:126-133.
- Gómez-Jiménez, D., C. Ramírez-Herrera, J. Jasso-Mata y J. López-Upton. 2010. Variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus Leiophilla* Schiede ex Schlttdl. & Cham. Revista Fitotecnia Mexicana. 33(4):297-304.
- González-Elizondo, M., M. S. González-Elizondo., L. Ruacho-González y M. Molina-Olivera. 2011. *Pinus maximartinezii* Rend. (Pinaceae), primer registro para Durango, segunda población para la especie. Acta Botánica Mexicana. 96:33-48.
- Hernández-Sánchez, P. 2006. Producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. 38 p.
- Instituto de Biología. 2009. *Pinus maximartinezii* Rzd.-IBUNAM: MEXU: PINsn656. [En línea.] UNIBIO. [Fecha de consulta: 10 de enero 2015] Disponible en:<<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PINsn656>>

- Kolotelo D., E V Steenis, M. Peterson., R. Bennett., D Trotter, y J Dennis 2001. Seed Handling Guidebook. Ministry of Forests, Tree Improvement Branch. British Columbia, Canada. 106 p.
- Leadem, C. 1996. A Guide to the biology and use of forest tree seeds. Province of British Columbia. Ministry of Forests Research Program. 20 p.
- Ledig E, T., M. Thompson C., B. Bermejo-Velázquez, T. Eguiluz-Piedra., P. D. Hodgskiss., D.R. Johson., and W. S. Dvorak. 1999. Evidence for an extreme bottleneck in a rare mexican pinyon: genetic diversity, disequilibrium, and the mating system in *Pinus maximartinezii*. Institute of Forest Genetics, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 2480 Carson Road, Placerville, California 95667. *Evolution*. 53 (1): 91-99.
- Lemus-Sánchez, J. L. 1999. Maduración de conos, producción y viabilidad de la semilla de *Pinus catarinae* M-F. Robert-Passini. Tesis profesional. Ingeniero Agrónomo Forestal. División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. 125 p.
- López-Calderón, Y. 2006. Producción y viabilidad de semillas de *Pinus johannis* M-F. Robert en dos poblaciones naturales de México. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. 42 p.
- López-Mata, L. 2013. The impact of seed extraction on the population dynamics of *Pinus maximartinezii*. *Acta Oecologica*. 49:39-44.
- López-Mata. L. 2001. Proteins, amino acids and fatty acids composition of nuts from the mexican endemic rarity, *Pinus maximartinezii*, and its conservation implications. *Interciencia* 26(12): 606-610.
- López-Mata. L. y I. G. Galván- Escobedo. 2011. Extracción de semillas de *Pinus maximartinezii* y sus consecuencias poblacionales. *CONABIO. Biodiversitas* 98:1-7.
- Mápula-Larreta M, J López-Upton, J. J Vargas-Hernández, A. and Hernández-Livera. 2007. Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 16:727-742.

- Martín-Erasmo, L. R. 1994. Ensayo de ocho especies forestales para árboles de navidad en el campo experimental forestal "Barranca del Cupatitzio". *Ciencia Forestal en México*. 19:77-88.
- Morales-Velázquez, M. G., C. A. Ramírez-Mandujano, P. Delgado-Valerio y J. López-Upton. 2010. Indicadores reproductivos *Pinus leiophylla* Schltdl. et Cham. En la cuenca del río Angulo, Michoacán. *Revista Mexicana Ciencia Forestal*. 1 (2):31-38.
- Morante-Carriel, J., J. Alba-Landa y L. del C. Mendizábal-Hernández. Estudio de conos, semillas y plántulas en *Pinus greggii* Engelm. de una población del estado de Veracruz, México. *Foresta veracruzana*. 7(002):23-31.
- Mosseler A., O. P. Rajora, J.E. Major and K.H.Kim. 2004. Reproductive and genetic characteristics of rare, disjunct pitch pine populations at the northern limits of its range in Canada. *Conservación Genetics* 5:571-583.
- 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.
- Mosseler, A., y O. P. Rajora. 1998. Monitoring population viability in declining tree species using indicators of genetic diversity and reproductive success. In: *Environmental Forest Science*. Edited by K. Sissa. Kower Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. pp. 333-344.
- Niembro-Rocas, A. 1992. Variación dimensional y características morfológicas de semillas de 36 especies y variedades de pinos mexicanos. *La ciencia y el Hombre*11:107-146.
- Ojeda-Zacarías, M. del C., H. A. Luna-Olvera., L. H. Morales-Ramos., M. J. Verde-Star., T. E. Torres-Cepeda., B. Pereyra-Alfárez., L. Iracheta- Donjuan., E. Olivares-Sáenz., R. Salazar-Sáenz y E. Cárdenas-Cerda. 2006. Multiplicación in vitro del Piñón Azul *Pinus maximartinezii* (Rzedowski). *Phyton (B. Aires)*. 75: 109-113.
- Perry Jr., J. P. 1991. *The pines of México and Central America*. Timber press. Portland, Oregon. 231 p.

- Petawawa National Forestry Institute [s.f]. Seed Testing Guidelines. Seed Testing Guidelines. Canada. 10 p.
- Ponce-Martínez, A. y C. Bautista-Hernández. 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. Ingeniero en Restauración Forestal. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 58 p.
- Robledo-Paz., A., V. M. Villalobos-Arámbula y A. Sánchez-Varela. 2009. Inducción eficiente de brotes adventicios en cotiledones de *Pinus marimartinezii* Rendowski. Acta Botánica 89:47-62.
- Romero, J. L. y B. Goldfard. 1998. Vegetative propagation of *Pinus maximartinezii*. In: Proc. Native Plants Propagation and Planting. R. Rose and D. L. Haase. Corvallis, OR. pp. 161-163.
- Ruiz-Garduño, R. R., M. Márquez-M., R. D. Valdez-C., F. Blanco-M y J. C. Ledesma-M. 2011. Estado y conservación de pino azul (*Pinus maximartinezii*) y sus especies asociadas en la sierra de Juchipila, Zacatecas. In: El impacto de los fondos mixtos en el desarrollo regional. Figueroa-Ramírez B. y B. Olea-Bañuelos. 2: 351-36.
- Rzedowski R., J. 1964. Una especie nueva de pino piñonero del estado de Zacatecas (México). Ciencia. XXIII (2): 17-21.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación preliminar. Acta Botánica Mexicana 15: 47-64.
- Rzedowski, R., J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. México. 504 pp. [En línea]. CONABIO. [Fecha de consulta: 11 de enero 2015]. Disponible en:<
<http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/librosdigitales/VegetaciondeMexico/Portadaypaglegales.pdf>>
- Sánchez-González, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Maderas y Bosques 14(1):107-120.
- Santos T., y J. L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas. (15) 2:3-12.

- SEMARNAT. 2003. Conservación de la diversidad biológica. Informe de México. Proceso de Montreal Aplicación de los criterios e indicadores para el manejo forestal sustentable. México. 86 p.
- 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. [En línea]. DOF. [Fecha de consulta: 22 de enero 2014]. Disponible en:<http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=0/12/2010>
- UICN. 1998. The world list of threatened trees. UNEP-WCMC, Cambridge 650 pp.
- Varela, S. A., y V. Arana, Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. 2011. Cuadernillo N° 3. Serie técnica "Sistemas Forestales Integrados" Área Forestal - INTA EEA Bariloche. 10 p.
- Villalobos-Amador, E., G. Rodríguez-Hernández, G. y E. Pérez-Molphe-Balch. 2002. Organogenesis and *Agrobacterium rhizogenes*-induced rooting in *Pinus maximartinezii* Rzedowski and *P. pinceana* Gordon. Plant Cell Rep. 20:779-785.
- Villa-Pérez, V. H. 2010. Producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus johannis* M-F. Robert en el noreste de México. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. 37 p.
- 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.