

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Crecimiento y Calidad de Plántulas de Dos Fechas de Colecta de
Pinus maximartinezii Rzedowski en Juchipila, Zacatecas

Por:

CATALINA BUTRÓN ROJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Crecimiento y Calidad de Plántulas de Dos Fechas de Colecta de

Pinus maximartinezii Rzedowski en Juchipila, Zacatecas

Por:

CATALINA BUTRÓN ROJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



DEPARTAMENTO FORESTAL

Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal

Dra. Norma Angélica Ruíz Torres
Coasesor

M.C. Salvador Valencia Manzo
Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2016

Esta tesis fue apoyada por el proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38.111.3613.2122, que tiene como responsable al Dr. Celestino Flores López.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios nuestro padre, por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida, por escucharme en los momentos más difíciles, gracias a su sabiduría he podido estar donde me encuentro. Gracias Dios porque nunca me abandonaste.

A mi Alma Terra Mater por abrirme las puertas del aprendizaje y formarme como profesional durante el tiempo que fue necesario.

A mi asesor principal el Dr. Celestino Flores López por el interés que mostró en la culminación de este trabajo y por ser más que un profesor, un amigo comprensivo en todo momento y preocupado por el éxito de los demás.

A la Dra. Norma Angélica Ruíz Torres, profesora del Departamento de Fitomejoramiento, por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo y por transmitir sus conocimientos a favor de la finalización del mismo.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo, por su paciencia y conocimientos que brindó para la terminación de este trabajo.

A los profesores del Departamento Forestal, Dr. Celestino Flores López, M.C. Salvador Valencia Manzo, M.C. José Aniseto Díaz Balderas, M.C. Héctor Darío González López, Dr. Jorge Méndez González, M.C. Andrés Nájera Díaz, Ing. Sergio Braham Sabag, M.C. Jorge David Flores Flores, M.C. José Armando Nájera Castro, Dr. Alejandro Zárate Lupercio, M. C. Melchor García Valdez, Ing. José Antonio Ramírez Díaz. De igual modo al Ing. Jil Cabrera por ser un buen amigo y colaborador del Departamento.

A Jorge Samuel, Adilene, María Guadalupe, Luis Omar, Karina, Miguel Ángel, Jonathan Omar y Karla Stephanie por apoyarme en las mediciones en invernadero y laboratorio.

A mis amigos de la carrera Ingeniero Forestal con quienes compartí muchos momentos de alegría, algunos otros de tristeza pero sobre todo por ser como una familia en la universidad, Miguel Ángel, Jonathan Omar, Adiene, Karla Stephanie, Karina, María Guadalupe, Anai, María Covarrubias, Rigoberto, Luis Omar, Jesús, Nicasio, Gary, Daniel, Silverio, Luis Francisco y Cristian.

A los compañeros de casa por su amistad y apoyo, Jesús, Diego, Saúl, Migue, Abraham y Armando.

Dedicatoria

A mis padres, Sra. Gloria Rojas Oaxaca y Sr. Catarino Pedro Butrón Bautista por el cariño, apoyo, consejos y comprensión que me han brindado, por ser los principales motores para salir adelante.

A mis hermanos, Clemencia, Elena, Martina, Noé, Alberto y Norma por el cariño, apoyo y consejos que desinteresadamente me han brindado en los momentos más importantes de mi vida, por preocuparse por mí y ser ejemplos a seguir.

A mis sobrinos Angy, Edgar, David, Cruz, Carmen, Franco, Gloria, Fátima, Alan y Melissa, por ser luz cada día y con sus ocurrencias hacer que la vida sea más sencilla y alegre.

Muy en especial a mi esposo Jorge Samuel Ramírez Martínez y a mi hija Layla Georgina Ramírez Butrón por llegar a formar parte de mi vida al inicio de mi carrera profesional, por hacer que mi vida sea feliz y dichosa, con profundo amor, les dedico este gran logro corazones.

Al nuevo ser que viene en camino, por ser un motivo más para salir adelante sin importar los sacrificios.

A la familia Ramírez Martínez por el apoyo incondicional que nos han brindado en esta etapa de nuestra vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	4
1.1.2. Objetivo general.....	4
1.1.3. Objetivos específicos	4
1.2. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Distribución del género <i>Pinus</i> en México.....	5
2.2. Caracterización de <i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski.....	6
2.2.1 Descripción botánica.....	6
2.2.2. Distribución.....	7
2.2.3. Estatus de conservación	7
2.2.4. Usos del <i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski.....	8
2.2.5. Especies asociadas	9
2.3. Anormalidad de plántulas	9
2.4. Calidad de planta forestal.....	10
2.5. Características morfológicas de plántulas producidas en invernadero.....	11
2.5.1. Morfología.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Descripción del área de estudio	14
3.2. Colecta del germoplasma.....	15
3.3. Ensayo preliminar de germinación.....	16
3.4. Muestreo de plántulas en invernadero.....	16
3.4.1. Plántulas anormales.....	17

3.5. Evaluación en índice de calidad de planta	17
3.6. Análisis estadístico	18
3.6.2. Obtención del índice de calidad de Dickson	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1. Crecimiento de variables morfológicas de plántulas	22
4.2. Evaluación de plántulas anormales	25
4.3. Índice de calidad de Dickson	26
5. CONCLUSIONES	30
6. RECOMENDACIONES	31
7. LITERATURA CITADA.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Atributos morfológicos considerados en especies del sureste de los Estados Unidos y sus ventajas potenciales en el sitio de la plantación (adaptado por Johnson y Cline, 1991).	12
Cuadro 2. Comparación de medias en porcentaje de la anormalidad de plántulas de <i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski.	26
Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias para las variables morfológicas de las plántulas a los 12 meses de siembra.	27
Cuadro 4. Criterios para determinar la calidad de planta en diferentes coníferas.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Ubicación y distribución de árboles muestreados en la población de <i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski, en el año 2009 en el sur del estado de Zacatecas (Cruz, 2012).....	14
Figura 2. Ubicación y distribución de árboles muestreados en la población de <i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski, en el año 2013 en el sur del estado de Zacatecas (Jiménez, 2015).....	15
Figura 3. Proceso de registro de datos de las características morfológicas de las plántulas evaluadas.	19
Figura 4. Diferencias en variables entre años de colecta que corresponden a los meses de evaluación en junio y septiembre de 2014, enero y mayo de 2015. a) Comparación en longitud de hipocótilo, b) Longitud del epicótilo, c) Diámetro basal, d) Altura total.	23

Correo electrónico; Catalina Butron Rojas, laylita.0625@gmail.com

RESUMEN

Pinus maximartinezii posee gran relevancia debido a que es una especie endémica, rara y de distribución restringida en nuestro país. Con el propósito de contribuir al conocimiento de la condición del crecimiento, anormalidad y calidad de plántulas en condiciones de invernadero, se evaluaron características morfológicas, plantas anormales y calidad de planta de los años de colecta 2009 y 2013 de la población Cerro de Piñones en la Sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas.

Se tomó una muestra de 10 plántulas en cada familia, se midió altura del hipocótilo y del epicótilo, diámetro basal y altura total, a su vez se contabilizaron plántulas anormales realizando una evaluación por mes en un periodo de 12 meses. Para la obtención del índice de Dickson, a los 13 meses, se obtuvo una muestra de 5 plántulas por familia, se extrajo la planta del envase y se midió largo de la raíz, altura desde el cuello de la base hasta el inicio de la yema apical, después se obtuvieron los pesos de la planta completa, parte radicular y aérea. Después del secado de las muestras en la estufa a una temperatura alrededor de 105 °C por un periodo de 24 horas, se pesó la planta completa, la parte radicular y por diferencia de pesos se obtuvo el peso de la parte aérea. La semilla del año 2009 fue colectada en 31 árboles y la del año 2013 en 25 árboles. Se utilizó el procedimiento PROC GLM en el programa estadístico SAS para la obtención de las diferencias significativas con la realización del ANVA, y con la prueba Tukey se obtuvieron la separación de medias en cada variable. En el caso de la variación del crecimiento se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los años de colecta, el año 2009 sobresale en el crecimiento al tener plántulas con características morfológicas que definen el vigor de la planta. Para plántulas anormales se obtuvieron porcentajes estadísticamente diferentes, el año 2009 con 17.09 % y 2013 un 6.87 %. En cuanto al índice de calidad de Dickson también existieron diferencias estadísticamente significativas en las dos colectas, con valores superiores que corresponden a un buen desarrollo de la planta, sin embargo no se puede considerar que sean de calidad al no tener estándares para la especie.

Palabras claves: *Pinus maximartinezii*, crecimiento, anormalidad, calidad de plantas, Zacatecas.

ABSTRACT

Pinus maximartinezii has great significance because it is an endemic, rare species and with restricted distribution in our country. In order to contribute to the knowledge of the growth condition, abnormality and quality of seedlings under greenhouse conditions, morphological characteristics, abnormal plants and plant quality were evaluated in plants from two years of collection 2009 and 2013, from the population of the Cerro de Piñones in the Sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas.

A sample of 10 seedlings in each family was taken, hypocotyl and epicotyls height, basal diameter and total height were measured, at the same time abnormal seedlings were counted, conducting an assessment per month over a period of 12 months.

To obtain the Dickson Index after 13 months, a sample of 5 seedlings per family was obtained, the plants were extracted from the container and root length was measured, height from the neck of the base to the start of the apical bud, then the weight of the whole plant and the root and aerial part were obtained. After drying the samples in an oven at a temperature of about 105 ° C for a period of 24 hours, the whole plant was weighted; as well as the root portion and for weight difference the weight of the aerial part was obtained.. The seed of the 2009 year was collected in 31 trees and the one of the 2013 year in 25 trees. The PROC GLM procedure was used in the SAS statistical program to obtain significant differences, with the ANOVA and the Tukey test the means separation was obtained. In the case of the variation of the growth significant differences between the years of collection were found, the year 2009 excels in growth in seedlings with morphological characteristics that define the vigor of the plant. For abnormal seedlings statistically significant differences in percentages were obtained, the year 2009 with 17.09% and 2013 a 6.87%. In terms of the Dickson quality index existed also statistically significant differences in the both collections, with higher values that correspond to a good development of the plant, however cannot be considered of quality, having no standards values for the species.

Key words: *Pinus maximartinezii*, growth, abnormality, quality of plants, Zacatecas.

1. INTRODUCCIÓN

México posee una gran diversidad biológica, esto se debe a las condiciones fisiográficas, climáticas y geológicas, las cuales presentan una amplia variación y combinaciones que generan un mosaico de nichos ecológicos (Rzedowski, 1978), el país ocupa el cuarto lugar mundial en biodiversidad (CONAFOR, 2013) y en referencia al género *Pinus*, debido a un aproximado de 70 taxa existentes es considerado el país más rico y representativo (Bermejo y Pontones, 1999).

De las especies reconocidas del género *Pinus*, la mitad de ellas son nativas de México. Lo especial de esta diversidad es que ocho especies y una variedad son raras, endémicas, o se encuentran amenazadas con extinguirse (López-Mata y Galván-Escobedo, 2011). México es considerado un centro secundario en diversidad del género *Pinus*, al encontrarse cerca del 42 % de las especies y además contar con un alto grado de endemismos siendo este el caso del grupo de pinos piñoneros, los cuales habitan en pequeñas sierras de la zonas áridas y semiáridas del norte del país (Yeaton, 1982; Perry, 1991; Dvorak *et al.*, 2000).

En relación a lo anterior se puede mencionar que las especies que se encuentran en peligro de extinción son: *Pinus maximartinezii* Rzedowski, *Pinus nelsonii* Shaw y *Pinus culminicola* Andresen & Beaman, mientras las especies que se encuentran sujetas a protección especial son *Pinus monophylla* Torr. & Frém. , *Pinus remota* D.K. Bailey & Hawksw. , *Pinus johannis* M. F. Robert - Passini, *Pinus lagunae* Rob.-Pass. y *Pinus cuadrifolia* Parlatore ex Sudworth (SEMARNAT, 2010). *Pinus maximartinezii* es una de las especies de pinos piñoneros que tienen una distribución geográfica restringida en México y en apariencia no constituyen elementos dominantes en los bosques sino que las poblaciones se encuentran muy localmente (Rzedowski, 2006).

Aproximadamente una docena de los pinos que existen son piñoneros que producen semilla con nuez comestible y de alto contenido nutricional (López-Mata y Galván-Escobedo, 2011) las semillas de *Pinus maximartinezii* son consumidas localmente, pero una gran mayoría es exportada a otros países (López-Mata, 1998).

Pinus maximartinezii es una especie con un alto grado de endemismo en México, se encuentran cerca del Ejido Pueblo Viejo, Juchipila, Zac., en una pequeña meseta en el Cerro de Piñones en la Sierra de Morones, al sur del Estado de Zacatecas (21° 22'N, 103° 14'W), entre 1500 a 2550 msnm, la mayoría de la población se produce en una banda de 1650 a 2300 m de altitud (Rzedowski, 1964).

La existencia de una segunda población silvestre de *P. maximartinezii* fue corroborada en 2010, se encuentra al sur del Estado de Durango, cerca del poblado La Muralla, perteneciente a la comunidad indígena de Santa María de Ocotán y Xoconoxtle, El Mezquital, a 190 km al NW de la localidad Santa María de Ocotán y Xoconoxtle es una comunidad O'dam (Tepehuanes del Sur). *Pinus maximartinezii* se desarrolla entre los 1750 y 2260 msnm sobre laderas escarpadas con pendientes de 25 a 80%, principalmente en las exposiciones E, N, y S, en una cañada rematada por mesetas angostas con un desnivel de casi 1000 m entre el fondo y las partes altas que van desde 1373 a 2355 msnm (González *et al.*, 2011).

Probablemente por la acción frecuente de los incendios forestales la regeneración natural es escasa, la delgada corteza del árbol la hace muy susceptible al fuego, el sobrepastoreo limita aún más el proceso de regeneración natural; así como la venta ilegal de las semillas en los mercados locales, colecta de conos a la vez que los destruyen y las podas de las ramas reduce el número de yemas. Todas estas actividades en conjunto causan la eliminación de la cosecha de las semillas lo cual impacta potencialmente en la capacidad de la especie para sostenerse por sí misma (Donahue y Mar-López, 1995; Ledig *et al.*, 1999).

La diseminación de la semilla en *Pinus maximartinezii* es muy pobre, ya que por su peso le es imposible que sea transportada por el viento y tiende a quedarse bajo el área de la copa del árbol, las que quedan en el cono, al caerse, por lo general, se acumulan en arroyos donde se descomponen con el proceso de desintegración y la materia orgánica es arrastrada con el agua pluvial (García y Rivera, 1998). Debido a esto resulta importante estudiar la dinámica de la germinación en invernadero y la anormalidad de *Pinus maximartinezii* agregando a esto su ya mencionada distribución reducida en el país. Estos factores establecen la

necesidad de implementar estrategias como las plantaciones de conservación para la protección y conservación de la especie (Sáenz *et al.*, 2010).

Según la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Pinus maximartinezii* es una especie que se encuentra catalogada como endémica en México (SEMARNAT, 2010). Esta especie sólo se encuentra en dos poblaciones pequeñas una en el sur del estado de Zacatecas y la otra en Durango, en 1964 solo se conocía la primera población en Zacatecas y por más de cuatro décadas fue considerada como de distribución restringida a esa localidad, fue hasta 2010 cuando una segunda población fue descubierta en el estado de Durango (González *et al.*, 2011).

Las poblaciones isleñas presentan una mayor tendencia a la extinción que las poblaciones continentales, teniendo las especies endémicas una mayor tasa de extinción que las especies no endémicas, las poblaciones isleñas tienden a sufrir una entrecruza más alta que en poblaciones continentales debido a drásticos descensos a niveles poblacionales (Frankham, 1998). Esto origina el fenómeno denominado endogamia produciendo así una disminución de la capacidad reproductiva en la especie, es por eso que resulta importante estudiar las características de normalidad de las plántulas germinadas de las semillas de las poblaciones isleñas para proponer estrategias de conservación para la especie (Mosseler y Rajora, 1998).

La finalidad de este trabajo es evaluar el crecimiento de plántulas de *Pinus maximartinezii* de dos fechas de colecta (años 2009 y 2013), en condiciones de invernadero, conocer la calidad de planta a través del Índice de Calidad de Dickson y diferenciar el año con mayor porcentaje de plántulas anormales.

La información resultante a través del estudio de las características morfológicas de diferentes años de colecta permitirá obtener ideas base acerca de las condiciones de la colecta, si está inmersa o tiene que ver la autopolinización debido a la presencia de plántulas anormales en las diferentes familias, como conocer si el almacenamiento es una limitante para el vigor de la plántula y cuál de los dos fue el mejor año semillero. Debido a esto resulta importante estudiar la dinámica del crecimiento inicial y la normalidad de plántulas, estos factores establecen la necesidad de implementar estrategias como las plantaciones de conservación para la protección y conservación de la especie (Sáenz *et al.*, 2010).

1.1. Objetivos

1.1.2. Objetivo general

Evaluar el crecimiento, anormalidad y calidad de plántulas a un año de siembra en condiciones de invernadero para los años de colecta 2009 y 2013.

1.1.3. Objetivos específicos

- Evaluar la altura del hipocótilo, altura del epicótilo y diámetro basal en condiciones de invernadero por un periodo de 12 meses de las dos fechas de colecta y comparar estas variables cada 4 meses.
- Comparar la anormalidad de plántulas en los años de colecta con la evaluación de un periodo de 12 meses.
- Conocer la calidad de planta en cada año de colecta utilizando como referencia el Índice de Calidad de Dickson a 13 meses de edad de plántulas en etapa en invernadero.

1.2. Hipótesis

Ho: El crecimiento, anormalidad y calidad de planta a un año de emergencia no es diferente entre fechas de colecta.

Ha: El crecimiento, anormalidad y calidad de planta a un año de emergencia es diferente entre fechas de colecta.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Distribución del género *Pinus* en México

Los bosques de *Pinus* son comunidades vegetales muy características de México, ocupan vastas superficies de su territorio, sin embargo la mayoría de los pinares posee una distribución geográfica restringida en el territorio del país constituyendo elementos dominantes y codominantes en la vegetación actual (Rzedowski, 1978).

El rango altitudinal en el que se desarrollan los pinos mexicanos esta entre 1500 y 3000 msnm (Rzedowski, 1978). Aunque Chavelas (1981) menciona que el rango es muy variado y este va desde 120 msnm en Quintana Roo hasta 4 000 en los volcanes más altos del Eje Neovolcánico. Por su parte Gernandt y Pérez-de la Rosa (2014) afirman que en el país este género crece desde el nivel del mar hasta por encima de los 4 000 msnm. Los pinos prosperan en zonas de clima templado y frío caracterizando muchos sectores del territorio mexicano (Rzedowski, 1978).

México es el país con más especies de pinos reportados y reconocidos con un total de 77 especies que se encuentran distribuidas a lo largo de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Macizo de Oaxaca, Sierra Madre de Chiapas y las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir en Baja California Norte (Eguiluz, 1982). La mayor diversidad se encuentra en los bosques montañosos de la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

De acuerdo a lo anterior, la mayor distribución de especies de *Pinus* en el país se encuentran distribuidas en la Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental teniendo como principales estados a Nuevo León con 26 especies, Jalisco y Michoacán con 24 especies, Chihuahua, México y Puebla con 23 especies, Coahuila con 22 especies e Hidalgo con 21 especies. Los estados de Campeche, Tabasco y Yucatán carecen de pinares naturales (Eguiluz, 1982).

2.2. Caracterización de *Pinus maximartinezii* Rzedowski

2.2.1 Descripción botánica

P. maximartinezii es un árbol de 6 a 15 m de altura, alcanza diámetros de hasta 60 cm, posee una copa redondeada y fuste corto presentando bifurcaciones en algunos ejemplares desde 1.50 m; tiene ramas ascendentes casi desde la base, colocadas en forma irregular en el tallo; corteza que va desde 1.5 a 1.9 cm, de color marron-anaranjado en la parte interna y gris en la parte externa, cuadrangular en placas geométricas por fisuras longitudinales y transversales. En árboles jóvenes la corteza es delgada y lisa (Rzedowski, 1964, García-Núñez y Eguiluz-Piedra, 1985).

Las ramillas son lisas, de color gris, algo brillante, tiene hojas en fascículos de 5, rara vez 3 ó 4, son largas y flexibles de 7 a 11 cm y de 0.4 a 0.6 mm de ancho. Las acículas son de color verde intenso brillante en la cara interior, cuando los estróbilos femeninos están maduros son de forma orbicular-ovalados, son colgantes de 15 a 23 cm de largo y de 11 a 13 cm de diámetro son muy resinosos, conteniendo escamas entre 60 y 100 por cono estas suelen ser duras y rígidas (Rzedowski, 1964). El follaje en la etapa juvenil es de color verde azulado (Perry, 1991).

Los conos poseen una forma ovoide a elipsoidal, miden de 15 a 25 cm de largo y 12 a 14 cm de ancho, cuando están inmaduros son de color verde esmeralda y al madurar se vuelven de castaño pálido a castaño gris, muy resinosos y alcanzan un peso de 1.3 a 2 kg cuando están inmaduros. Tienen de 60 a 110 escamas gruesas y lignificadas, cóncavas en la cara superior. Umbo dorsal tetra hexagonal de 5.1 cm de ancho y 2.5 cm de largo en escamas centrales de color café claro algo lustroso, con cúspide protuberante gruesa y curvada hacia afuera de color castaño oscuro y espina nula, apófisis piramidal y protuberante de hasta 3 cm de largo color castaño algo brillante; aplanada en sentido horizontal y con forma de cuña (García-Núñez y Eguiluz-Piedra, 1985).

En un estudio García-Núñez y Eguiluz-Piedra (1985) evaluaron 1003 semillas, éstas se encontraron en depresiones de las escamas, sin alas y midieron de 1.1 a

2.7 cm de longitud y 0.7 a 2.1 cm de ancho, las semillas reúnen un promedio de 874 por kg.

2.2.2. Distribución

En la actualidad la distribución de *P. maximartinezii* se reduce al conocimiento y descripción de tan solo dos poblaciones en México, las cuales han sido descritas por diversos autores.

Pinus maximartinezii también conocido como pino azul, tiene una distribución restringida, con una población encontrada en el extremo sureste de la Sierra de Morones, en un macizo del cerro de Piñones en Pueblo Viejo, Municipio de Juchipila Zacatecas, en altitudes desde 1500 a 2250 msnm poblando laderas y cañadas en pendientes pronunciadas, la mayor parte de la población se encuentra en una banda de 1650 a 2300 msnm (Rzedowski, 1964; López-Mata y Galván-Escobedo, 2011; González *et al.*, 2011).

En 2010 fue corroborada la segunda población de *P. maximartinezii* 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, a 190 km al noroeste de la localidad tipo en Zacatecas (González *et al.*, 2011).

El descubrimiento de la población de *P. maximartinezii* en Durango inmersa en las quebradas del macizo de la Sierra Madre Occidental con una ruta de migración más corta hacia la población de *Pinus pincea* y basándose en la hipótesis que hizo Ledig *et al.* (1999) en el sentido que la población de Zacatecas pudiera haber surgido a partir de una semilla hace pocos años, deja abierta la posibilidad de que la población de Durango pueda ser anterior a la de Zacatecas (González *et al.*, 2011).

2.2.3. Estatus de conservación

Según la NOM-059-SEMARNAT-2010 *Pinus maximartinezii* está catalogada como endémica en México (SEMARNAT, 2010) y “en peligro de extinción” en la Lista Roja de Especies Amenazadas (Farjon, 2013). El descubrimiento de una segunda

población de la especie no modifica su estatus de conservación (González *et al.*, 2011).

2.2.4. Usos del *Pinus maximartinezii* Rzedowski.

El uso comercial maderable de los pinos piñoneros resulta poco atractivo debido a aspectos relacionados con la naturaleza de la madera, las bajas existencias reales por hectárea y los altos costos de cosecha. Limitando su utilización para durmiente de ferrocarril, madera para construcción, árboles de navidad y como nuez de la semilla del piñón (Arteaga-Martínez, 2000). En el caso de *Pinus maximartinezii* es utilizado como leña para combustible, material para postería de cercos, vigas rollizas y labradas, siendo este último, el que más degrada el bosque pues se dirige a los árboles rectos de fuste limpio (Escoto, 1998).

Las semillas de los pinos piñoneros se emplean en el consumo humano y tienen propiedades alimenticias excelentes, la nuez de *Pinus maximartinezii* es de valor dietético sobresaliente y parece ser un recurso prometedor debido a que su sabor es más suave que el del piñón comercial (*Pinus cembroides* Zucc.). En un estudio realizado comparando con nueve especies de nueces comestibles de pinos piñoneros reportan 31.3 % de proteína, 65.6 % de proteína sin grasa, 42.5 % de grasa, 2.4 % de carbohidratos, 8.8 % de fibra, 4.3 % de cenizas y 5 % de humedad. De igual modo determinaron la composición de aminoácidos de proteínas totales teniendo como resultado un total de 18 de ellos incluidos los esenciales y 6 ácidos grasos diferentes, teniendo que 84 % de ellos son insaturados (López-Mata y Galván-Escobedo, 2011; González *et al.*, 2011).

Otro uso que puede ser atribuido a esta especie es el ornamental por su follaje suave y de color azulado y por sus ramillas flexibles. Por su adaptabilidad a condiciones de baja humedad y a suelos someros (Rzedowski, 1964), esta especie representa una excelente alternativa para reforestar áreas erosionadas en sitios protegidos de los vientos desecantes (González *et al.*, 2011).

2.2.5. Especies asociadas

En ambas localidades donde se encuentra la especie se aprecia notablemente la similitud en cuanto a características topográficas y elementos dominantes de la vegetación. En Durango como en Zacatecas las poblaciones son discontinuas o irregulares, éstas se encuentran intercaladas entre bosques bajos de *Quercus* o de *Quercus* con *Pinus lumholtzii* B.L.Rob. & Fernald. Específicamente en el estado de Durango son más visibles las asociaciones dominadas por *Quercus resinosa* Liebm. y otras de *Quercus spp.* en las partes más altas *P. maximartinezii* se desarrolla en ecotonia con *Pinus lumholtzi* (González-Elizondo *et al.*, 2011) y en particular en el estado de Zacatecas *Pinus maximartinezii* crece paralelamente con *Quercus macrophylla* Née, encinos semi-arbustivos como *Q. resinosa*, *Q. splendens* Née y se encuentra asociado con *Pinus lumholtzii*, además de gramíneas *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths y *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. (Escoto, 1988).

2.3. Anormalidad de plántulas

Edwards (1987) identifica las plántulas normales como aquellas que poseen las estructuras esenciales que indican su capacidad para producir plantas normales bajo condiciones determinadas en campo mientras que las plántulas que presentan los siguientes defectos en sustratos artificiales son clasificadas como anormales.

I. Plántulas dañadas, sin cotiledones; con constricciones, fracturas, grietas o lesiones que no son ni superficial ni limitado 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 atrofiadas; 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.

2.4. Calidad de planta forestal

La calidad de planta se define como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Prieto *et al.*, 2009).

Así, una planta de calidad es aquella que tiene propiedades morfológicas y fisiológicas que le permiten establecerse, crecer y desarrollarse vigorosamente en el sitio de plantación en otras palabras que puede aclimatarse (Rodríguez, 2008).

Sin embargo “calidad de planta” es un concepto efímero que puede perderse fácilmente, ya que la plántula puede tener un determinado atributo de calidad a la salida del vivero, y un mal transporte puede destruir en pocas horas o días lo que el viverista consiguió a lo largo de un periodo de tiempo con técnicas y esfuerzos (Rodríguez, 2010).

La calidad de planta es uno de los componentes más importantes de los que depende el éxito de la restauración de una cubierta vegetal la cual se encuentra determinada por sus características genéticas, sanitarias, morfológicas y fisiológicas (Villar, 2003).

Cabe señalar que para poder asegurar una buena supervivencia en la plantación, sin tomar en cuenta el disturbio humano, sólo las plantas saludables, con un tamaño apropiado y una buena relación entre la biomasa aérea y radicular son las indicadas para ser transportadas al sitio de la plantación. De modo que las plantas que no cubren tales características son eliminadas mediante un proceso de selección ya que solo generan costos innecesarios (Rodríguez, 2008).

Las variables más empleadas para caracterizar morfológicamente a una planta son forma, altura, diámetro del cuello de la raíz, número de raíces laterales, biomasa de la parte aérea, biomasa radicular y biomasa total así como el nivel de

micorrización de las raíces. Las ventajas de algunos de estos atributos son presentados en el Cuadro 1 (Rodríguez, 2008).

Para la determinación de la calidad de planta se utiliza el índice de calidad de Dickson el cual reúne varios atributos morfológicos como son: peso seco total de la planta (expresado en g), altura (expresado en cm), diámetro basal (expresado en mm), peso seco de la parte aérea (expresado en g) y peso seco de la raíz (expresado en g) en un solo valor que es usado como índice de calidad; a mayor valor de índice resultará una mejor calidad de planta (Sáenz *et al.*, 2010).

Existen varios estudios donde han utilizado la fórmula descrita por Dickson (1960) para determinar la calidad de plántulas como por ejemplo Sáenz *et al.* (2010) reportó que en la mayoría de los viveros evaluados se tuvieron plántulas de calidad media a alta. También Rueda *et al.* (2012) realizó una evaluación en ocho viveros forestales del estado de Jalisco y reportó que las plantas producidas de hoja caduca y de coníferas fueron de calidad media de acuerdo con estándares sugeridos. Otro estudio realizado por Sáenz *et al.* (2014) determinó la condición de calidad de planta en el vivero forestal "Morelia" en Michoacán, evaluando ejemplares de *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. greggii* Engelm ex Parl y *P. michoacana* Mart., de nueve meses de edad obteniendo resultados de calidad media para las primeras dos especies y calidad alta para la última.

2.5. Características morfológicas de plántulas producidas en invernadero

2.5.1. Morfología

Birchler *et al.* (1998) definen la morfología de la planta como la manifestación de la respuesta fisiológica de la misma a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero, mientras que Bidwell (1990) la reporta como la forma o estructura de un organismo, es decir, describe las características físicas y visibles que pueden ser observadas en el mismo.

Cuadro 1. Atributos morfológicos considerados en especies del sureste de los Estados Unidos y sus ventajas potenciales en el sitio de la plantación (adaptado por Johnson y Cline, 1991).

Atributo	Ventaja
Mayor diámetro del cuello de la raíz	Mayor supervivencia y crecimiento en volumen, más resistente a daños por animales y por calor.
Mayor altura	Mejor competidor contra hierbas y arbustos
Acículas secundarias numerosas	Mayor regulación de pérdida de agua, mejor interceptación y utilización de la luz para llevar a cabo la fotosíntesis
Sistema radical fibroso	Mayor exploración del suelo por agua y nutrientes, más puntos de iniciación para raíces finas.
Baja relación altura/diámetro	Mejor resistencia a desecación por viento, mayor supervivencia y crecimiento en sitios secos.

Fuente: Rodríguez (2008).

Birchler *et al.* (1998) mencionan que debido a que los posibles parámetros morfológicos a evaluar son muchos, se deben elegir aquellos que proporcionen mayor información y las mediciones sean sencillas. Al respecto es congruente medir la altura total, diámetro basal, biomasa de la raíz, relación raíz parte aérea (Duryea y Landis, 1984; Rodríguez, 2010). Birchler *et al.* (1998) menciona algunos de los más empleados, los cuales se enlistan a continuación:

Altura. Es fácil de medir pero no es muy informativa por sí sola. Ofrece sólo una somera aproximación del área fotosintética y transpiraste, e ignora la forma del tallo.

Diámetro. También es fácil de medir. Proporciona una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo.

En cuanto a índices morfológicos menciona los siguientes:

Relación parte aérea/parte radical: balance entre la parte aérea y la parte radicular y se calcula a partir de la relación de los pesos secos de cada una de ellas, dicho parámetro puede ser de importancia cuando la plantación se encuentra en una estación seca.

Cociente de esbeltez: relación entre la altura de la planta (expresada en cm) y su diámetro (expresado en mm) siendo un indicador de la densidad de cultivo.

Índice de calidad de Dickson: este índice integra a los dos antes mencionados y se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta (expresado en g) y la suma de la esbeltez y la relación parte aérea/parte radical. Este índice se ha empleado con éxito para predecir el comportamiento en campo de varias especies de coníferas (Dickson *et al.*, 1960).

Respecto a la altura, Rodríguez (2008) menciona que la planta muy grande se elimina en algunos viveros debido a que presenta mayor dificultad para ser plantada además de ser más susceptible de sufrir daños mecánicos por el viento. Por otro lado, la planta pequeña es más propensa a ser afectada por el fuego, pisoteo y competencia. Y en cuanto al diámetro que es un atributo considerado un mejor indicador de calidad de planta que la altura.

En las características morfológicas de pinos, la germinación es seguido por el desarrollo secuencial de tres tipos de apéndices foliares, las hojas cotiledonares, hojas primarias y las hojas secundarias estas alcanzan su máximo grado de desarrollo durante la germinación; bajo condiciones favorables de 2 a 3 semanas después de la germinación se manifiesta el crecimiento del epicótilo con el consiguiente desarrollo de las hojas primarias (Koslowski, 1971).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El presente trabajo pretende ser una aportación y al mismo tiempo dar un seguimiento a estudios realizados con anterioridad, es por eso que debo dar crédito a las colectas realizadas en los años 2009 y 2013 por Cruz (2012) y Jiménez (2015), respectivamente. Las dos colectas se realizaron en el municipio de Juchipila, en el cerro de Piñones en la Sierra de Morones, al Sur del Estado de Zacatecas, la cual es una de las dos poblaciones naturales de *Pinus maximartinezii*, específicamente en la Unidad de Manejo Para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) con clave de registro DGVS-CR-EX3446-ZAC, integrada por doce propietarios con una superficie de 169-84-04 hectáreas y con un rango latitudinal de 2120 a 3327 msnm (Figuras 1 y 2).

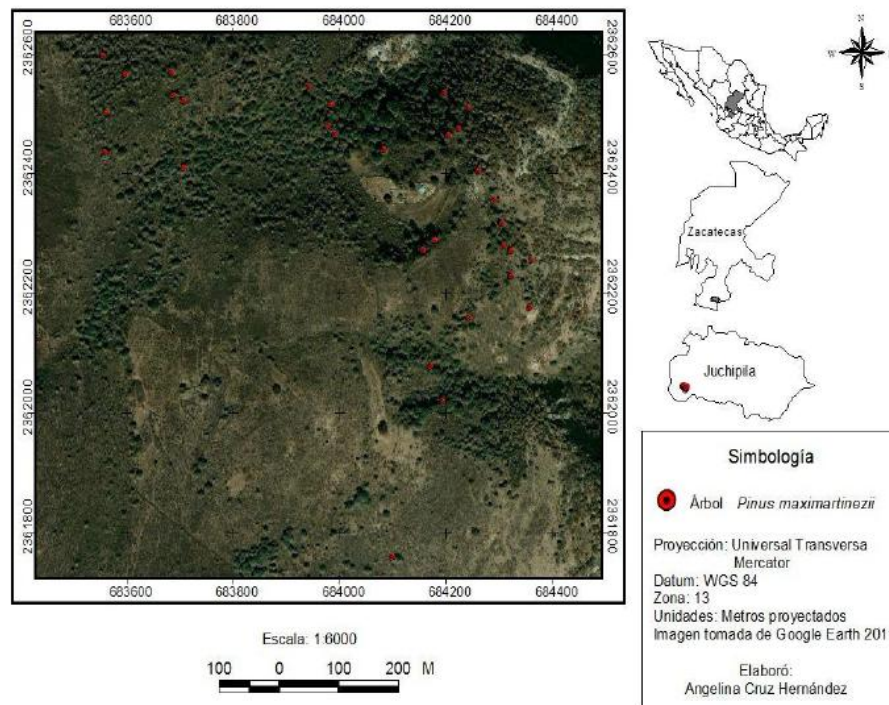


Figura 1. Ubicación y distribución de árboles muestreados en la población de *Pinus maximartinezii* Rzedowski, en el año 2009 en el sur del estado de Zacatecas (Cruz, 2012).

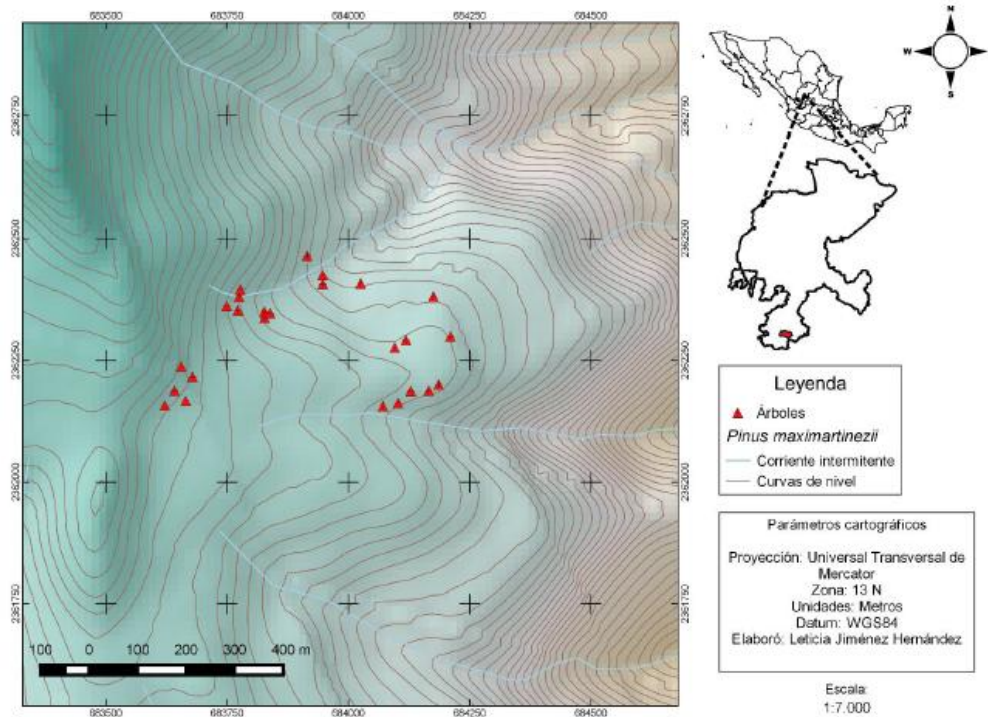


Figura 2. Ubicación y distribución de árboles muestreados en la población de *Pinus maximartinezii* Rzedowski, en el año 2013 en el sur del estado de Zacatecas (Jiménez, 2015).

3.2. Colecta del germoplasma

El material botánico se colectó el 18 y 19 de noviembre de 2009, de manera selectiva se eligieron 31 árboles considerando características fenotípicas deseables como fueron: árboles dominantes del área, mayor número de conos y el color del cono que indica la maduración del mismo, colectando por árbol entre dos y cuatro conos (Cruz, 2012).

En el año 2013 se colectó el material botánico el 20 y 21 de diciembre, se trasladó en costales al laboratorio de Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se eligieron de manera selectiva los 25 árboles. Se colectaron de entre uno y seis conos por árbol en etapa madura (Jiménez, 2015).

3.3. Ensayo preliminar de germinación

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. Cabe destacar que las semillas de la colecta del 2009 se tenían almacenadas en refrigeración. Para la colecta de 2009 se contaron 3,643 semillas y para 2013 un total de 1,888 (Jiménez, 2015).

Una vez realizado esto se empezó con el diseño experimental que se estableció en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se sembraron el total de las semillas por familia (árbol), el orden de las familias se realizó con un diseño completamente al azar (Jiménez, 2015).

Las semillas se sembraron en charolas de unicel de 70 cavidades con un sustrato de perlita mineral expandida, agrolita y 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, se colocó a una profundidad del doble del grosor de cada una de las semillas, cada charola se etiquetó con una clave de identificación con el número del árbol y año de colecta (Jiménez, 2015).

3.4. Muestreo de plántulas en invernadero.

La evaluación en el invernadero se inició el 15 de junio del 2014, a partir de esta fecha se realizó una medición completando un total de 12 meses, las mediciones se finalizaron el 15 de mayo de 2015.

Contemplando a los años de colecta como los tratamientos y las familias como las repeticiones se tuvieron dos tratamientos con diferente número de repeticiones, debido a que en el año 2009 se colectaron en 31 árboles y en 2013 en 25 árboles.

Las variables continuas evaluadas fueron:

Altura total (mm) dividida en dos mediciones, longitud del hipocótilo y epicótilo. Las cuales se midieron hasta decimas de centímetros con una regla graduada.

Diámetro de la base (mm) se obtuvo con un vernier digital con precisión de 0.01 mm.

3.4.1. Plántulas anormales

De igual modo, la evaluación de plántulas anormales se realizó una vez al mes en un lapso de 12 meses, se contabilizaron dentro de cada familia la existencia de plántulas anormales como plántulas albinas, plántulas con poliembrionia, con doble epicótilo o hipocótilo desviado y plántulas chaparras con hipocótilo grueso.

3.5. Evaluación en índice de calidad de planta

Una vez concluida la evaluación mensual durante un año en el invernadero, se inició con las mediciones para determinar el índice de calidad de Dickson. Cabe mencionar que las mediciones se realizaron en un transcurso de cuatro días del 11 al 14 de junio de 2015.

El primer paso fue la extracción de 5 de las 10 plántulas evaluadas en cada familia (árbol), esto se realizó con mucho cuidado para no destruir el cepellón y por consiguiente no maltratar a la raíz. Después la plántula fue colocada dentro de un recipiente con agua para eliminar por completo el sustrato de la raíz. En seguida se colocó la plántula sobre una superficie plana (madera de triplay) para hacer tres mediciones, la primera desde la base hasta el borde de la raíz principal, otra desde la base hasta la yema apical de la plántula y finalmente el diámetro basal, éste se midió con un vernier digital con precisión de 0.01 mm después se colocó la plántula dentro de una bolsa de plástico misma que fue identificada con el número de árbol, año de colecta y número de plántula, y se hidrató con un atomizador, las cinco bolsas que contenían las plántulas fueron colocadas dentro de otra bolsa más grande que también fue debidamente identificada con la clave de la familia. Estas muestras se dejaron una noche en una hielera para posteriormente ser evaluadas en laboratorio.

Las bolsas con las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Fisiología Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en donde se procedió a

continuar con el registro de datos. Primero se sacó la plántula de la bolsa y se eliminó un poco de humedad con una tela seca, luego se pesó en una báscula digital con precisión de centésimas de gramo. Después se separó la parte aérea del sistema radicular con una cuchilla, el peso se determinó en una báscula analítica con precisión de centésimas de gramo. Primero se registró el peso en húmedo y posteriormente se colocaron en bolsas de papel estraza con dos perforaciones en la parte de abajo y debidamente identificada con la clave correspondiente de cada plántula. Los datos fueron anotados en un formato previamente realizado.

Después de haber terminado con estas mediciones en el laboratorio del CCDTS se procedió a llevar las muestras al Laboratorio de Departamento Forestal para colocarlas dentro de la estufa a una temperatura alrededor de 105 °C durante un periodo de 24 horas para eliminar el 100% de humedad. Una vez transcurrido el tiempo las muestras se trasladaron nuevamente al Laboratorio de Fisiología de semillas del CCDTS para ser pesadas en seco. Se pesó el contenido completo de la bolsa y luego se pesó la raíz y por diferencia de pesos se obtuvo el peso de la parte aérea seca (Figura 3).

3.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las evaluaciones mensuales en invernadero y las mediciones realizadas en laboratorio se capturaron en una base de datos en Excel.

De la base de datos de la evaluación en invernadero se generaron bases de datos ordenadas a cada cuatro meses que corresponden los meses de junio, septiembre, enero y mayo. Cabe señalar que de los 31 árboles que fueron colectados en 2013 no hubo germinación en una familia por lo que esta no se incluye en el análisis, quedando con 30 familias. De igual forma para el año 2009 no se incluyen a tres familias, dos porque no hubo germinación y una debido a que Jiménez (2015) menciona que los conos de ese árbol (familia) resultaron tiernos, quedando 22 familias para 2013, las cuales se sometieron a análisis.

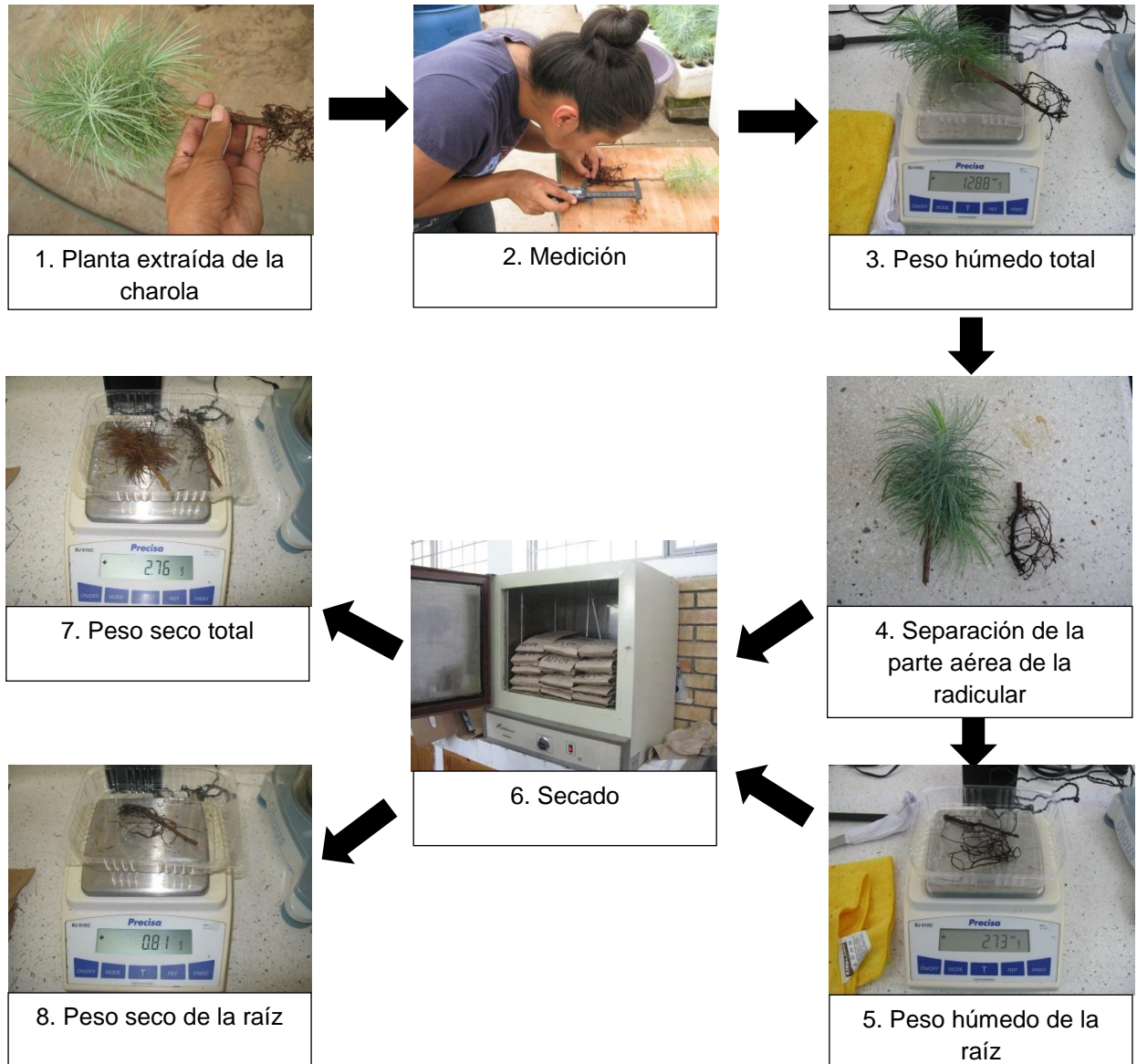


Figura 3. Proceso de registro de datos de las características morfológicas de las plántulas evaluadas.

Teniendo estas bases de datos se realizó un análisis de varianza para dichos meses en el paquete estadístico SAS 9.1 (Statistical Analysis System), utilizando el procedimiento PROC GLM y mediante la prueba de Tukey se separaron las medias entre años de colecta para las variables evaluadas con una probabilidad del 95 %.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{(i)j}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable

μ = Media poblacional

A_i = Efecto del i-ésimo año de colecta

$\varepsilon_{(i)j}$ = Error aleatorio

3.6.1. Porcentaje de anormalidad

Para la obtención de la diferencia en la anormalidad de plántulas en cada año fue necesario revisar las bases de datos de los 12 meses de la evaluación y contabilizar las plántulas observadas en cada familia, después se realizó una base de datos ordenada con las columnas año (2009, 2013), familias en cada año y porcentaje de plantas anormales en cada familia.

Con la base de datos antes descrita se realizó un análisis de varianza (ANVA) en el en el paquete estadístico SAS 9.1 (Stastical Analysis Sistem) utilizando el procedimiento PROC GLM y mediante la prueba Tukey se separaron las medias de porcentaje de plántulas anormales entre años de colecta.

3.6.2. Obtención del índice de calidad de Dickson

Con la base de datos de las variables evaluadas, altura y peso de la parte aérea y radicular, diámetro basal y peso total, en verde y en seco solamente el peso de la parte aérea y radicular, así como el peso total. Con estas variables se despejó la fórmula del índice de calidad de Dickson (Dickson *et al.*, 1960) para cada plántula, obteniendo así una nueva columna de valores. Después se realizó una nueva base de datos ordenada con las columnas año (2009 y 2013), familia (número de árbol),

planta (número de plántula), altura (cm), diámetro basal (mm), largo de la raíz (cm) e índice de calidad de Dickson (ICD).

Con la base de datos antes descrita se realizó un análisis de varianza en el paquete estadístico SAS 9.1 (Statistical Analysis System), utilizando PROC GLM y mediante la prueba Tukey (probabilidad de 0.05) se separaron las medias de las variables altura (cm), diámetro basal (mm), largo de la raíz (cm) e índice de calidad de Dickson. Utilizando una probabilidad del 95 % para saber la diferencia que existe entre los años de colecta.

El ICD agrupa variables relacionadas con la calidad de planta. A mayor valor del índice, mejor calidad de planta. Desafortunadamente para las especies del género *Pinus* de México, aún no se han definido los índices de calidad por especie (Prieto *et al.*, 2009).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Crecimiento de variables morfológicas de plántulas

Las variables evaluadas fueron longitud del hipocótilo (LH) en mm, longitud del epicótilo (LE) en mm, diámetro basal (DB) en mm y altura total (AT) en mm y número de hojas cotiledonares (NHC), esta última variable solamente se evaluó en el primer mes (junio).

Con respecto al crecimiento de las variables evaluadas en invernadero, se observó que en la etapa inicial del crecimiento, el cual corresponde a la evaluación del mes de junio, existen diferencias significativas para las variables NHC y LE; mientras que para LH, DB y AT no hay diferencias significativas para los años de colecta 2009 y 2013. A diferencia del mes de septiembre donde el análisis de varianza demuestra que existen diferencias significativas para los dos años de colecta en todas las variables evaluadas, ubicando al año 2009 con los valores más altos en tres de las variables LH, LE y AT y solo la variable DB el año 2013 es el que tiene el valor mayor (Figura 4) y (Apéndice 2).

En la siguiente evaluación que fue la del mes de enero se pueden notar diferencias significativas en las medias de las variables LE, DB y AT, teniendo al año 2009 con los valores más altos en dos de ellas LE y AT. En el caso de la variable DB se observa el mejor valor de la media en el año 2013, donde no hubo diferencia significativa fue en la variable LH. Para el mes de mayo que fue el último de la evaluación de acuerdo con el análisis de varianza, se pudo observar diferencias significativas en tres de las variables LE, AT y DB, estando las dos primeras con los valores más altos en el año 2009 y DB en el año 2013 con la mejor media. Donde no hubo diferencias es en la variable LH (Figura 4) y (Apéndice 2).

En concreto se puede observar que en cuanto a crecimiento de las variables evaluadas existen diferencias significativas entre los años de colecta, siendo las plántulas de la colecta 2009 las de mejor vigor. Según lo reportado por Jiménez (2015), este año presenta una deficiencia de semillas del 62 % mientras que para la

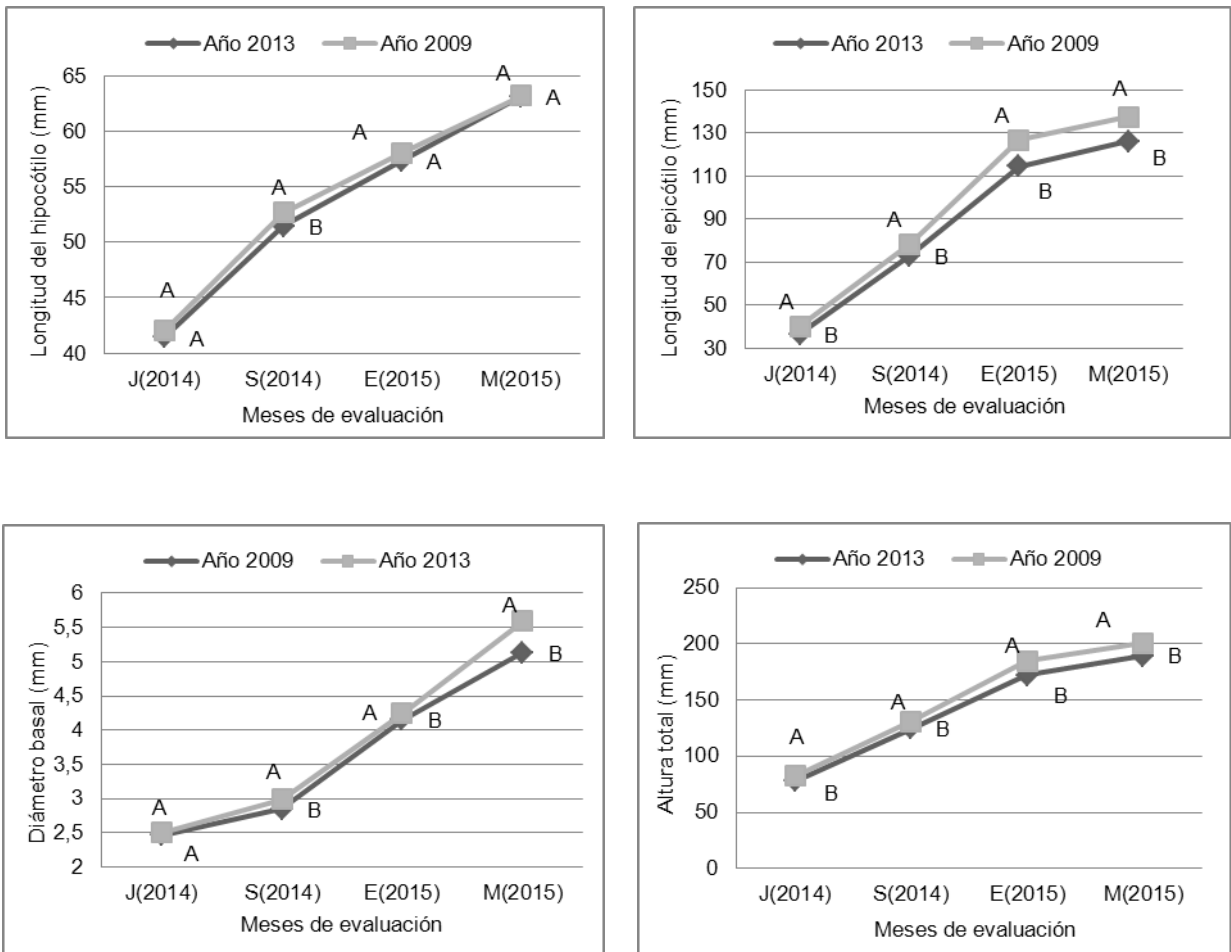


Figura 4. Diferencias en variables entre años de colecta que corresponden a los meses de evaluación en junio y septiembre de 2014, enero y mayo de 2015. a) Comparación en longitud de hipocótilo, b) Longitud del epicótilo, c) Diámetro basal, d) Altura total.

colecta 2013 solo un 33 %, cabe destacar que la semilla de calidad da como resultado una eficiencia de semilla mayor y las semillas de calidad generan plántulas vigorosas y por consiguiente un máximo rendimiento en el cultivo de las mismas, es decir, a mayor eficiencia de semilla, mayor vigor de plántulas se tendrá (Doria, 2010).

Además aunado a esto se puede comparar los porcentajes de germinación en los dos años de colecta obtenidos por Jiménez (2015), donde para el año 2009 reportó un 74.15 %, a diferencia del año 2013 el cual sólo alcanzó el 58.60 %,

notando una diferencia significativa. Esto tiene relación con los indicadores reproductivos como la proporción de óvulos abortados y proporción de óvulos rudimentarios los cuales tuvieron valores de 0.19 y 0.06, respectivamente, los cuales son bajos lo que representa una mayor productividad en el año 2009 (Jiménez, 2015).

Esta productividad pueda deberse a que el año 2009 fue semillero, al respecto CAMCORE (1995) reporta que el ciclo reproductivo de *Pinus maximartinezii* es de cuatro años, característica que se presenta solo en cuatro especies en el mundo. Sin embargo Arteaga-Martínez (2000) menciona que esta especie presenta ciclos periódicos productivos de cinco años cuando menos, si se toma en cuenta esta última aportación aunado a lo que menciona López-Mata (1998) de que el año 1994 fue año semillero, se puede decir que el año 2009 fue un año semillero.

En base a lo anterior se puede explicar que en el año 2009 se colectó conos de 31 árboles (Cruz, 2012), mientras que en 2013 solo se pudieron colectar en 25 de ellos debido a la escases de conos completos, sumado a que la colecta se realizó tarde según lo recomendado por Arteaga-Martínez (2000), el cual menciona que la colecta de semillas de *Pinus maximartinezii* debe realizarse en el mes de octubre debido a que esta especie florece de febrero a marzo y la producción de conos y semillas ocurre durante los meses de septiembre a noviembre en los años semilleros (Eguiluz, 1998; López-Mata, 1998).

Por otro lado, un aspecto importante que se debe considerar es el almacenamiento adecuado de las semillas, puesto que las semillas de la colecta 2009 fueron almacenadas por un periodo de 5 años a diferencia de las del año 2013, la cuales no tuvieron almacenamiento.

El objetivo primordial de almacenar las semillas es mantenerlas viables, reduciendo el metabolismo para mantener la integridad de los embriones para minimizar la pérdida del poder germinativo y prevenir el ataque de microorganismos que dañen la condición física (Aguilar, 1999; Bonner, 2008; Doria, 2010). García-Fayos (2001) reporta que el almacenamiento puede disminuir la capacidad germinativa de las semillas de pino en menos de un año si se mantienen a temperatura ambiente, sin embargo a temperaturas de 4-5 °C no merma la viabilidad

y pueden germinar después de 3 a 4 años. Por tanto se esperaría que debido al almacenamiento de las semillas se presentaría una disminución del crecimiento teniendo un menor vigor de plántulas, en cambio se observó que ocurrió lo contrario al presentarse diferencias significativas en los dos años de colecta (Cuadro 3).

En referencia a lo anterior, también se puede rescatar que especies como *Pinus maximartinezzi* se encuentran en poblaciones relativamente pequeñas, lo que origina una producción de semillas pobre y muchas de ellas suelen ser vanas, como resultado de una autopolinización produciéndose el fenómeno de endogamia, que da como resultado una capacidad germinativa reducida, bajo vigor de plántulas y una baja tasa de crecimiento y supervivencia en campo (Mosseler, 1998). Sin embargo, Cruz (2012), reportó un índice de endogamia bajo para el año 2009 el cual es la proporción de semillas vanas con respecto al total de semillas desarrolladas (Mosseler *et al.*, 2000), reflejando que no se tienen problemas de endogamia para esta colecta, lo que hace sustentar las diferencias significativas entre los años de colecta para las variables evaluadas que califican el vigor de plántulas en este año.

4.2. Evaluación de plántulas anormales

En cuanto a la anormalidad para cada fecha de colecta, se observan diferencias significativas en los porcentajes de los dos años, con un coeficiente de variación alto debido a que esta variable es inestable por la diferencia del total de plántulas en cada árbol (familia), por lo que es necesario hacer comparaciones a nivel familia en periodos de evaluación más largos. En este estudio se obtiene que el año 2009 fue el que presentó mayor porcentaje de plantas anormales (Cuadro 3).

Esto nos indica que aun cuando en el año 2009 se presentó un mejor vigor de planta, reflejado en las características morfológicas evaluadas, en invernadero se observa mayor incidencia de plántulas anormales (Apéndice 1).

La presencia de plantas anormales dentro de las dos colectas es el resultado de la endogamia que existe en la población debido a la autofecundación o polinización entre árboles emparentados (Bramlett *et al.*, 1977).

Cuadro 2. Comparación de medias en porcentaje de la anormalidad de plántulas de *Pinus maximartinezii* Rzedowski.

Variable	Año	
	2009	2013
Número de plántulas anormales (%)	17.09 A	6.87 B

Nota: medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$) determinada con la prueba de Tukey. La evaluación se realizó a los 12 meses después de la siembra en condiciones de invernadero.

Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de anormalidad de plántulas demuestran que a un mayor tiempo de evaluación, como en este caso fue de 12 meses, se pueden observar diferencias significativas entre años de colecta.

En base a lo anterior coinciden los resultados según lo reportado por Jiménez (2015), donde para el año 2009 menciona un promedio de 4 plántulas anormales y en 2013 un promedio de 3 plántulas, la única variante es que en dicho caso la comparación se realizó entre familias, además del tiempo de evaluación que fue de 41 días después de la siembra.

4.3. Índice de calidad de Dickson

Con respecto al índice de calidad de Dickson, el análisis de varianza muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre años de colecta para todas las variables. Si se compara la variable DB del mes de mayo en la evaluación de invernadero (Cuadro 2), se puede notar que existe congruencia con lo obtenido en el ANVA para la calidad de planta (Cuadro 4), ya que en esta variable se muestran diferencias significativas entre años de colecta.

Para la determinación de la calidad de planta se utilizaron los variables reportadas por Sáenz *et al.* (2014), donde menciona que en su estudio determinaron la calidad de planta comparando sus resultados con valores de diversos estudios realizados en coníferas, debido a que de especies mexicanas no se han calculado intervalos específicos, por lo que se definieron valores para especies de crecimiento normal en especies forestales (Apéndice 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias para las variables morfológicas de las plántulas a los 12 meses de siembra.

Variable	Pr>F	C.V.	Medias	
			Año 2009	Año 2013
Altura (cm)	<. 0001	12.12	14.31 A	12.31 B
Diámetro basal (mm)	<. 0001	15.62	5.18 B	5.66 A
Índice de calidad de Dickson	<. 0001	31.49	0.57 B	0.64 A

Medias con letras diferentes (P>0.05) determinada con la prueba Tukey C.V.=coeficiente de variación.

En los resultados obtenidos se puede observar que la variable altura presenta una calidad media en ambos años de colecta, 2009 y 2013, debido a que se encuentran en el rango de 10.0-14.9, teniendo alturas de 14.31 y 12.31 cm ,respectivamente. Comparando con otras especies, por ejemplo en *Pinus douglasiana* Martínez, *P. greggii* y *P. oocarpa* Schiede evaluados a 8 meses las cuales tuvieron alturas de 19.2, 33.9 y 16.3 cm, respectivamente, representando calidad alta (Rueda *et al.*, 2012), considerando que el autor tomó como referencia determinados valores (Apéndice 3).

Del mismo modo se encontraron calidades altas en *Pinus greggii* con 36.5 cm y *Pinus pseudostrobus* Lindl. con 27.9 cm evaluados a 9 meses de siembra (Sáenz *et al.*, 2014), *Pinus douglasiana* Martínez con una altura de 13.3 cm evaluado a 7 meses (Rueda *et al.*, 2013), *Pinus ayacahuite* C. Ehreb con altura de 28.4 cm evaluado a 8 meses, *Pinus greggii* y *P. pseudostrobus* Lindl. con 38.1 y 18.9 cm, respectivamente, evaluados a 9 meses (Sáenz *et al.*, 2010).

Para diámetro basal la calidad para los dos años de colecta es alta, presentando valores ≥ 4.0 con 5.18 en el año 2009 y 5.66 en 2013 (Cuadro 4), comparado con otras especies de coníferas como *P. douglasiana* Martínez, *P. greggii* y *P. oocarpa* Schiede presentando diámetros de 2.7 a 3.7 con calidad media (Rueda *et al.*, 2012). De igual modo Sáenz *et al.* (2014), reportó para *P. greggii* y *P. pseudostrobus* calidad media con 3.6 y 3.7, respectivamente, otro caso es en la especie *P. douglasiana* Martínez con 3.3 con calidad media (Rueda *et al.*, 2013). En

cambio Muñoz *et al.* (2014) y Sáenz *et al.* (2010) reportan calidades altas para *Pinus ayacahuite* C. Ehreb y *Pinus greggii* con 6.6 y 5.3, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 4. Criterios para determinar la calidad de planta en diferentes coníferas.

Especie	Variables y clasificación de calidad						Bibliografía
	Altura (cm)	C	Diámetro (mm)	C	ICD	C	
<i>P. douglasiana</i> Martínez	19.2	A	2.7	M	0.3	M	(Rueda <i>et al.</i> , 2012)
<i>P. greggii</i> Engelm ex Parl	33.9	A	2.9	M	0.2	M	
<i>P. oocarpa</i> Schiede	16.3	A	3.7	M	0.2	M	
<i>P. greggii</i> Engelm ex Parl	36.5	A	3.6	M	0.2	M	(Sáenz <i>et al.</i> , 2014)
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl	27.9	A	3.7	M	0.4	M	
<i>P. douglasiana</i> Martínez	13.3	A	3.3	M	0.2	M	(Rueda <i>et al.</i> , 2013)
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehreb	28.4	A	6.6	A	1.5	A	(Muñoz <i>et al.</i> , 2014)
<i>Pinus greggii</i> Engelm ex Parl	38.1	A	5.3	A	0.7	A	(Sáenz <i>et al.</i> , 2010)
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl	18.9	A	3.6	M	0.5	A	

C=calidad de parámetro; A=alta, M=media, ICD= índice de calidad de Dickson.

El índice de calidad de Dickson (ICD) es uno de los criterios a considerar en la calidad de las plantas, a mayor valor del índice mejor calidad de plántulas, lamentablemente para las especies del género *Pinus* del país, aún no se han definido los índices de calidad por especie, por lo que no se tienen estándares específicos para *Pinus maximartinezii* (Prieto *et al.*, 2009).

En el ICD se observa una calidad alta en ambos años de colecta habiendo resultados ≥ 0.50 con valores de 0.57 para 2009 y 0.64 en 2013 (Cuadro 4).

Estudios similares en otras coníferas presentan calidades medias como *Pinus douglasiana* con 0.3, *Pinus greggii* y *Pinus oocarpa* con 0.2 (Rueda *et al.*, 2012). Así mismo para las especies *Pinus greggii* y *Pinus pseudostrobus* con valores de 0.2 y

0.4, respectivamente (Sáenz *et al.*, 2014), también *Pinus douglasiana* con un 0.2 (Rueda *et al.*, 2013). Por otro lado Muñoz *et al.* (2014) y Sáenz *et al.* (2010) reportan calidades altas para las especies de *Pinus ayacahuite* C., *Pinus greggii* y *P. pseudostrobus* (Cuadro 5).

Es importante resaltar que aunque según los parámetros utilizados se observaron calidades altas en las variables morfológicas evaluadas, no se puede afirmar una calidad de planta alta en *Pinus maximartinezii* R. debido a que no se tienen estándares específicos para la especie, los valores superiores solo pueden corresponder a un buen desarrollo de la planta, pero no precisamente de calidad ya que el término es mucho más amplio refiriéndose a que una planta es de calidad cuando cumple con el propósito para el que fue elegida con el mínimo costo (IUFRO 1979).

En base a que en los años de colecta se encontró calidad de planta alta de acuerdo a los criterios y valores obtenidos, se tiene que mencionar que existieron diferencias estadísticas entre los años de colecta con variación mínima numéricamente. Se esperaba que el almacenamiento pudiera influir para resultados de calidad alta en el año 2009 en cambio no fue así. Sin embargo Bonner (1990) resume en su estudio que algunos daños genéticos pueden ocurrir durante el almacenamiento de la semilla, pero el alcance y los efectos de estos daños no se han determinado.

Por otro lado Barnett y Vozzo (1985) mencionan en su estudio que el desarrollo de las plántulas indican una cierta pérdida del vigor durante el periodo de almacenamiento, pero probablemente no lo suficiente como para afectar negativamente a la composición genética de la próxima generación.

Para obtener uniformidad de plántulas en el vivero, en particular se debe prestar atención a la madurez de cono y el almacenamiento, la presencia de la cubierta seminal, patógenos, y la aplicación de tratamientos que pueden mejorar el rendimiento (Barnett y Varela, 2003).

5. CONCLUSIONES

En acuerdo con la hipótesis planteada en este trabajo y con los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula, debido a que sí existe diferencia significativa tanto en el crecimiento, anormalidad y calidad de planta en los dos años de colecta evaluados.

Las variables número de hojas cotiledonares (NHC), longitud del hipocótilo (LH), longitud del epicótilo (LE), diámetro basal (DB) y altura total (AT) que se analizaron de los meses de junio, septiembre, enero y mayo, se comportaron de manera variable en el tiempo, debido a que inicialmente el NHC y LE presentaron diferencias estadísticamente significativas mientras que en las restantes no hubo diferencia. En cambio en el análisis de los dos últimos meses las variables LE, DB y AT mostraron diferencias significativas al final de la evaluación. La variable LH fue la que mostro una menor diferencia en el tiempo.

El porcentaje de plántulas anormales fue superior en la colecta del año 2009, este resultado puede ser respuesta del almacenamiento. Por otro lado puede ser resultado de endogamia que se refleja a un mayor tiempo de evaluación.

Para la calidad de planta también existen diferencias estadísticas significativas entre los años de colecta, esto puede verse afectado por un efecto de almacenamiento, condiciones climáticas y épocas diferentes de colecta.

6. RECOMENDACIONES

Para próximos estudios comparar la condición del crecimiento en plántulas es importante considerar la población que 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 (González *et al.*, 2011), para conocer si existe cierta variación entre poblaciones.

Realizar la colecta de conos a los árboles (familias) enumerados en campo que fueron seleccionados en las colectas a comparar, para tener un control y conocer la variación entre familias en años de colecta de la misma población.

De acuerdo a lo investigado, realizar la colecta a partir del mes de octubre hasta el mes de noviembre que es cuando los conos comienzan la apertura de escamas; considerando que la madurez del cono de esta especie requiere de dos años consecutivos.

Debido a que las mediciones se realizan en invernadero, es importante tener un control previo de plagas y enfermedades, que puedan afectar a las plántulas.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilar E., A. 1999. Almacenamiento de semillas forestales en Panamá *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: 219-223.
- 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.
- Barnett, J.P. y J.A. Vozzo 1985. Viability and vigor of slash and shortleaf pine seeds after 50 years of storage. *Forest Science* 31:316-320.
- Barnett, J.P. y S. Varela. 2003. Producing high quality slash pine seeds. *In: Riley L.E., Dumroese R.K., Landis T.D., technical coordinators. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2002*. USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station. Proceedings RMRS-P-28: 52–56.
- Bermejo, V.B. y J.B. Pontones. 2000. Los pinos mexicanos y su utilización como especies introducidas de alto potencial en varios países del mundo. *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: 249-253.
- Bidwell R., G.S. 1990. Fisiología vegetal. AGT. México. 784 p.
- Birchler, T., R.W. Rose, A. Royo, M. Pardos. 1998. La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria: Sistema de Recursos Forestales*. 7 pp 110-121.

- 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. 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.
- Bonner, F.T.2008. Storage of seeds. Chapter 4. In: Woody Plant Seed Manual. USDA Forest Service. United States of America. pp 85-95.
- Bonner, F.T. 1990. Storage of seeds: potential and limitations for germoplasm conservation. *Forest Ecology and Management* 35: 35-43.
- CAMCORE. 1995. Gene conservation *Pinus maximartinezii* Department of Forestry. College of Forest Resources North Carolina State University U.S.A. pp. 17-18.
- CONAFOR. 2013. México, cuarto lugar mundial en diversidad biológica. Boletín 52. Oficinas centrales. México. 2 p.
- Chavelas, P., J. 1981. El *Pinus caribea* Morelet. en el estado de Quintana Roo, México. Instituto Nacional de Investigadores Forestales. Nota Técnica No.10.8 p.
- Cruz H., A. 2012. Producción de semillas de *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.48 p.
- Dickson, A., A.L. Leaf and J.F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Department of Silviculture. State University College of Forestry at Syracuse University, Syracuse 10, New York. Editor Forestry Chronicle, Vol 36. pp. 10-13.
- Donahue J., K. and C. Mar-López. 1995. Observations on *Pinus maximartinezii* Rzed. *Madroño* LXII (1):19-25.
- Doria, J. 2010. Revisión bibliográfica. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*. 31:74-85.

- Duryea, M.L. and T.D. Landis. 1984. Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. In: Forest Nursery Manual. Oregon State University. Corvallis, Oregon. pp. 143-164.
- Dvorak, W. S., A. P. Jordon, G. P. Hodge and J. L. Romero. 2000. Assessing evolutionary relationships of pines in the Oocarpae and Australes subsections using RAPD Markers. *Forest New* 20: 163-192.
- Edwards D., G. W. 1987. Methods and procedures for testing tree seeds in Canada. Canadian Forestry Service, Victoria British Columbia, Canada. Forestry Technical. 34 p.
- Eguiluz, P.T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. *Revista Ciencia Forestal*. 38(7):30-43
- Eguiluz, P.T. 1998. Los pinos de México. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. México.
- Escoto C., C. 1988. Situación y perspectivas de los pinos piñoneros en el Estado de Zacatecas. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo de México. 84 p.
- Farjon, A. 2013. *Pinus maximartinezii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. e. T30975A2799675. 8 pp. [En línea]. [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2016] Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T30975A2799675.en>>
- Frankham, R. 1998. Inbreeding and extinction: Island populations. *Conservation Biology*. 12: 665-675.
- García-Núñez, 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 R., H. y J. Rivera. 1998. Estado actual del conocimiento de *Pinus maximartinezii* Rzedowski. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. Edo de México. 128 p.
- García-Fayos. 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal en la Comunidad Valenciana. Ed. Banc de Llavors Forestals (Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana). Valencia. 82 p.
- Gernandt D.S. y J. A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85:126-133.
- González E., M., M. González, L. Ruacho G. y M. Molina O. 2011. *Pinus maximartinezii* Rzed. (Pinaceae), primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. *Acta Botánica Mexicana*. 96: 33-48.
- IUFRO (International Union Forest Research Organisations). 1979. Seed problems. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, S-901 83 Umea, Sweden. 7 p.
- Jiménez H., L. 2015. Indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas para dos años de colecta de *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México. 47 p.
- Koslowski T., T. 1971. Seed germination, ontogeny and shoot growth *In: Growth and development of trees*. Academic Press, N.Y. 56 p.
- López-Mata, L. 1998. Regeneración, crecimiento y dinámica poblacional del pino azul *Pinus maximartinezii* Rzedowski: *In: Informe Final*. Proyecto H14. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 44 p.

- López-Mata. L. e I. G. Galván- Escobedo. 2011. Extracción de semillas de *Pinus maximartinezii* y sus consecuencias poblacionales. CONABIO. Biodiversitas 98:1-7.
- Ledig, E.T., M.C. Thompson, B. Bermejo-Velázquez, T. Eguiluz-Piedra., P.D. Hodgskiss, D.R. Johnson, 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*. Evolution. 53 (1): 91-99.
- Mosseler, A. 1998. Minimum viable population size and the conservation of forest genetic resources. Chapter 13. In: S. Puri (Ed.). Tree Improvement: Applied Research and 84. Technology Transfer. Science Publishers, Inc. U.S.A. pp. 191-205.
- Mosseler, A. 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. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. pp. 333-344.
- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y.S. Park, K.H. Johnson and O. P. Rajora. 2000. Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. Canadian Journal of Botany 78:298-940.
- Muñoz F., H.J., J.T. Sáenz R., V.M. Coria A., J.J. García M., J. Hernández R., G.E. Manzanilla Q. 2014. Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro Michoacán. Rev. Mex. Cien. For. 6 (27):72-89.
- Perry, J.P. Jr. 1991. The pines of México and Central America. Timber Press. Portland, Oregon USA. 231 p.
- Prieto J., J. L. García., J.M. Mejía., A.S. Huchin y J.L. Aguilar. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial

- Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional del Norte. INIFAP Durango, Dgo. México. 47 p.
- Rodríguez, L.R. 2010. Manual de prácticas de viveros forestales. Área académica de ingeniería forestal. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca Hgo. México. 44 p.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 156 p.
- Rueda, S.A., J.D. Benavides S., J.A. Prieto R., J.T. Sáenz R., G. Orozco-G., A. Molina C. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Rev. Mex. Cien. For. 3.(14):69-82.
- Rueda, S.A., J.D. Benavides S., J.T. Sáenz R., H. J. Muñoz F., J.A. Prieto R., G. Orozco-G. 2013. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. Revista Mexicana Ciencia Forestal 5. (22):58-73.
- Rzedowski R., J. 1964. Una nueva especie de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Ciencia. XXIII (2): 17-21.
- Rzedowski, J., 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 373 p.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
- Sáenz R., J.T., F.J. Villaseñor R., H.J. Muñoz F., A. Rueda S., J.A. Prieto R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 p.
- Sáenz R., J. T., H.J. Muñoz F., C. M. A. Pérez D., A. Rueda S., J. Hernández R. 2014. Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. Revista Mexicana Ciencia Forestal 5. (26):99-111.

- 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: 24 de marzo 2016]. Disponible en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf
- Villar, S.P. 2003. Capítulo IV. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. En: Restauración de Ecosistemas Mediterráneos. Edit. Rey-Benayas, J.M., Espigares Pinilla, T. y Nicolau Ibarra, J.M. Universidad de Alcalá/ Asociación Española de Ecología Terrestre. Guadalajara, España. pp. 65-86.
- Yeaton, R. I. 1982. The altitudinal distribution of the genus *Pinus* in the western United States and Mexico. Boletín de la Sociedad Botánica de México 42:55-71.

8. APÉNDICE

Apéndice 1. Plántulas anormales encontradas en los años de colecta.



a) plántula con dos epicótilos, b) plántula con más de dos epicótilos, c) plántula con hipocótilo torcido y doble epicótilo, d) plántula con hipocótilo torcido.

Continuación apéndice 1.

e)



f)



g)



e) plántula albina, f) plántula achaparrada, g) plántula albina con más de dos epicótilos

Apéndice 2. Análisis de varianza y separación de medias con prueba Tukey en variables morfológicas, correspondientes a las evaluaciones de los meses de junio y septiembre de 2014, enero y mayo de 2015 en invernadero, de las fechas de colecta 2009 y 2013.

Mes y año de evaluación	Variable	Pr>F	C.V. (%)	Medias	
				Año 2009	Año 2013
Junio (2014)	NHC	< .0001	11.09	19.81 A	19.05 B
	LH	0.2771	15.47	42.04 A	41.42 A
	LE	< .0001	20.65	40.35 A	36.62 B
	DB	0.0955	10.16	2.46 A	2.50 A
	AT	< .0001	13.50	82.40 A	78.05 B
Septiembre (2014)	LH	0.0407	12.85	52.70 A	51.48 B
	LE	< .0001	13.54	78.57 A	73.03 B
	DB	< .0001	8.30	2.85 B	2.99 A
	AT	< .0001	10.37	131.28 A	124.52 B
Enero (2015)	LH	0.2363	10.94	58.07 A	57.40 A
	LE	< .0001	11.70	126.79 A	114.61 B
	DB	0.0326	11.39	4.15 B	4.24 A
	AT	< .0001	8.86	184.86 A	172.02 B
Mayo (2015)	LH	0.8912	10.56	63.24 A	63.16 A
	LE	< .0001	10.96	137.39 A	126.30 B
	DB	< .0001	13.31	5.13 B	5.59 A
	AT	< .0001	8.22	200.63 A	189.46 B

NHC= Número de hojas cotiledonares; LH= Longitud del hipocótilo; LE= Longitud del epicótilo; DB= Diámetro basal; AT= Altura Total. C.V.=coeficiente de variación. Separación de medias con la prueba Tukey (P<0.05).

Apéndice 3. Intervalos que califican la calidad de plántula con crecimiento normal en especies forestales.

Especies	Variables	Calidad e intervalo			Bibliografía
		Alta	Media	Baja	
<i>Pinus greggii</i> Engelm. y <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Altura (cm)	15.0-25.0	10.0-14.9	< 10.0	(Sáenz <i>et al.</i> , 2014)
	Diámetro (mm)	≥ 4.0	2.5-3.9	< 2.5	
	ICD	≥ 0.50	0.2-0.4	<0.2	
<i>Pinus douglasiana</i> Mart., <i>Pinus greggii</i> Engelm. y <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	Altura (cm)	≥ 12.0	10.0-11.9	< 10.0	(Rueda <i>et al.</i> , 2012).
	Diámetro (mm)	≥ 4.0	2.5-3.9	< 2.5	
	ICD	≥ 0.5	0.2-0.4	<0.2	