



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL

**TESIS**

**CRECIMIENTO EN VIVERO DE PLÁNTULAS DE 15  
FAMILIAS DE *Pinus cembroides* Zucc.**

**Para obtener el título de  
Licenciado en Ingeniería Forestal**

**PRESENTA**

Miguel Angel Soto Soto

**Director**

Dr. José González Ávalos

**Codirectora**

Mtra. Adriana Hernández Lazcano

**Comité Asesor**

Dr. Sergio Hernández León

M.C. Naum Abraham Fragoso López

Dr. Jorge Alberto Flores Cano

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, abril del 2024.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Agropecuarias

School of Forestry and Environmental Studies

Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales

Department of Agricultural Sciences and Forestry

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 15 de abril de 2024

**Asunto:** Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de Licenciatura en Ingeniería Forestal, **Miguel Angel Soto Soto**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado "**Crecimiento en vivero de plántulas de 15 familias de *Pinus cembroides* Zucc.**", que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

**PRESIDENTE:** Dr. Sergio Hernández León  
**SECRETARIO:** M.C. Naum Abraham Fragoso López  
**VOCAL 1:** Dr. José González Ávalos  
**SUPLENTE 1:** Mtra. Adriana Hernández Lazcano

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente  
"Amor, Orden y Progreso"

**Dr. José González Ávalos**  
Coordinador del Programa Educativo  
de Ingeniería Forestal



**Dr. Armando Peláez Acero**  
Director del ICAP

Avenida Universidad Km. 1 s/n,  
Exhacienda Aquetzalpa Tulancingo  
de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600  
Teléfono: 771 71 72000 ext 2461  
alfredo\_madariaga@uaeh.edu.mx



[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

## DEDICATORIA

A mis padres Juan e Irene, a mi hermana Isabel, gracias por ser fundamentales en mi desarrollo profesional, pero sobre todo personal, siendo participes en todo momento, apoyándome y creyendo en mí, levantándome y sacándome adelante a pesar de cada adversidad, por su amor incondicional, por los sacrificios, esto es también de ustedes y gracias a ustedes, los amo con mi vida.

A Magali, mi eterno amor, fundamental en cada paso, motivándome y creyendo en mi al cien por ciento, por alentarme a siempre dar lo mejor y jamás rendirme en cada adversidad, que lo que la vida y Dios nos depare sea unión, respeto y crecimiento en todos los ámbitos, te amo.

A mis abuelos, Teodola, Miguel y Gorgonio (†).

Para toda mi familia en general, sé que mis logros los sienten como parte de ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por acogerme en sus instalaciones durante cada paso de mi carrera universitaria; así como el apoyo de cada docente y administrativo.

Al Dr. José González Ávalos por su dedicada y valiosa atención, responsabilidad, paciencia y compromiso a la dirección de esta tesis.

A los miembros del comité asesor, Mtra. Adriana Hernández Lazcano, Dr. Jorge Alberto Flores Cano, Dr. Sergio Hernández León y M.C. Naum Abraham Fragoso López por su invaluable apoyo en el desarrollo de la tesis.,

A cada uno de mis maestros de la carrera, por sus enseñanzas que hicieron de mi un profesionista; dichas enseñanzas fueron empleadas en la elaboración de la presente tesis.

A la familia Soto, cada uno parte fundamental en lograr el objetivo, alentándome, apoyándome y haciéndome fuerte en cada situación.

Al Ing. Edwin Yediel Romero Lucio por valioso apoyo y amistad durante la elaboración de la presente.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II.OBJETIVOS .....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos .....	5
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
3.1.1. Descripción botánica de la especie.....	6
3.1.1.1. Árbol .....	6
3.1.1.2. Hojas.....	6
3.1.1.3. Conos .....	6
3.1.1.4. Semillas .....	7
3.2. Características ecológicas .....	7
3.2.1. Clima.....	7
3.2.2. Temperatura. ....	8
3.2.3. Precipitación .....	8
3.2.4. Altitud.....	9
3.2.5. Suelo y topografía.....	10
3.2.6. Vegetación asociada.....	11
3.2.7. Fauna.....	12
3.3. Producción de planta en vivero .....	12

3.3.1. Sustratos.....	12
3.3.2. Envases .....	13
3.3.3. Fertilizantes .....	14
3.3.4. Riego .....	15
3.3.5. Control de plagas y enfermedades .....	15
3.4. Calidad de planta .....	16
3.4.1. Factores morfológicos de la calidad de planta .....	17
3.4.2. Factores fisiológicos de la calidad de planta.....	18
3.5 Trabajos afines.....	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.1. Área de estudio .....	21
4.2. Procedencia de la semilla. ....	22
4.3. Producción de planta .....	23
4.3.1. Preparación de sustrato y llenado de charolas .....	23
4.3.2. Siembra de las semillas .....	23
4.3.3. Germinación de la semilla.....	23
4.4. Mantenimiento del experimento .....	24
4.4.1. Riego .....	24
4.4.2. Fertilización.....	25
4.4.3. Fumigación .....	26
4.5. Cuantificación de variables .....	26
4.5.1. Número y longitud de cotiledones.....	26
4.5.2. Diámetro de las plántulas .....	27
4.5.3. Altura de las plántulas.....	27
4.6. Índices de calidad de planta.....	28

4.6.1 Índice de robustez.....	29
4.6.2 Índice de calidad de dickson.....	29
4.6.3 Índice de lignificación.....	29
4.6.4 Índice de proporcionalidad biométrica .....	29
4.7. Análisis estadístico.....	29
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
5.1. Longitud de cotiledones .....	30
5.2. Número de cotiledones. ....	32
5.3. Diámetro de las plántulas.....	32
5.3.1. Junio .....	32
5.3.2. Julio .....	34
5.3.3. Agosto.....	35
5.3.4. Septiembre .....	37
5.3.5. Octubre .....	38
5.3.6. Noviembre .....	40
5.4. Altura de las plántulas.....	43
5.4.1. Junio. ....	43
5.4.2. Julio .....	44
5.4.3. Agosto.....	46
5.4.4. Septiembre .....	47
5.4.5. Octubre .....	49
5.4.6. Noviembre .....	50
5.5. Índice de calidad de planta .....	53
5.5.1. Diámetro .....	55
5.5.2. Altura .....	57

5.5.3. Índice de calidad de Dickson .....	60
5.5.4. Índice de robustez.....	63
5.5.5. Índice de lignificación.....	65
5.5.6. Índice de proporcionalidad biométrica .....	66
VII. CONCLUSIONES .....	69
XIII. REFERENCIAS .....	70

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tabla del análisis de varianza de la longitud de cotiledones de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	30
Cuadro 2. Prueba de medias de Duncan para la longitud de cotiledones de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	30
Cuadro 3. Tabla del análisis de varianza del número de cotiledones de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	32
Cuadro 4. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> en el mes de junio.....	32
Cuadro 5. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	33
Cuadro 6. Tabla del análisis de varianza del diámetro de plántulas de <i>P. cembroides</i> en el mes de julio. ....	34
Cuadro 7. Pruebas de medias de Duncan para el diámetro de las plántulas de <i>P. cembroides</i> .....	34
Cuadro 8. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medido en agosto. ....	35
Cuadro 9. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	36
Cuadro 10. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medido en septiembre. ....	37
Cuadro 11. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	37
Cuadro 12. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medido en octubre. ....	38
Cuadro 13. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	39

Cuadro 14. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medido en noviembre. ....	40
Cuadro 15. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	40
Cuadro 16. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medidas en junio.....	43
Cuadro 17. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	43
Cuadro 18. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medida en julio.....	44
Cuadro 19. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	45
Cuadro 20. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medida en agosto. ....	46
Cuadro 21. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	46
Cuadro 22. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medida en septiembre. ....	47
Cuadro 23. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	47
Cuadro 24. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medida en octubre. ....	49
Cuadro 25. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	49
Cuadro 26. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> medidas en noviembre.....	50
Cuadro 27. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	51

Cuadro 28. Valores e intervalos de indicadores morfológicos de calidad de planta para <i>Pinus cembroides</i> .....	54
Cuadro 29. Valores promedio de calidad de planta de <i>Pinus cembroides</i> producida en el vivero forestal. ....	54
Cuadro 30. Tabla del análisis del diámetro evaluado en la calidad de plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	55
Cuadro 31. Pruebas de media de Duncan para el diámetro evaluado en la calidad de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	55
Cuadro 32. Tabla del análisis de la altura evaluada en la calidad de plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	58
Cuadro 33. Pruebas de media de Duncan para la altura evaluada en la calidad de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	58
Cuadro 34. Tabla del índice de calidad de Dickson evaluada en la calidad de plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	60
Cuadro 35. Pruebas de media de Duncan para el índice de calidad de Dickson evaluado en la calidad de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . ....	61
Cuadro 36. Tabla del índice de robustez evaluado en la calidad de plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	63
Cuadro 37. Pruebas de media de Duncan para el índice de robustez evaluado en la calidad de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	63
Cuadro 38. Tabla del índice de lignificación evaluado en la calidad de plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	65
Cuadro 39. Tabla del índice de proporcionalidad biométrica evaluado en la calidad de plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	66
Cuadro 40. Pruebas de media de Duncan para el índice de proporcionalidad biométrica evaluado en la calidad de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del invernadero forestal, en Ciudad Universitaria de Tulancingo-UAEH. ....	21
Figura 2. Ubicación de la plantación de <i>Pinus cembroides</i> en el rancho La Cueva, Acatlán, Hidalgo. ....	22
Figura 3. Germinación de las semillas. ....	24
Figura 4. Hidrómetro utilizado para la cuantificación de la humedad (Fuente: Elaboración propia). ....	25
Figura 5. Probeta y fertilizante empleado para la fertilización de las plántulas (Fuente: elaboración propia). ....	26
Figura 6. Medición de diámetro de las plántulas con vernier digital en la base de los cotiledones (Fuente: elaboración propia) ....	27
Figura 7. Medición de altura de las plántulas con una regla desde la base de los cotiledones a la punta de las acículas. ....	28
Figura 8. Longitud de cotiledones de las 15 familias de <i>Pinus cembroides</i> . ....	31
Figura 9. Gráfica del diámetro promedio por familia de <i>P. cembroides</i> en el mes de junio ..... .....	33
Figura 10. Gráfica del diámetro promedio de las plántulas de <i>P. cembroides</i> por familia en el mes de julio. ....	35
Figura 11. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de agosto. ....	36
Figura 12. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de septiembre. ....	38
Figura 13. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de octubre. ....	39
Figura 14. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de noviembre. ....	41
Figura 15. Crecimiento mensual promedio del diámetro de las plántulas de quince familias de <i>Pinus cembroides</i> . ....	42

Figura 16. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de <i>Pinus cembroides</i> en el mes de junio. ....	44
Figura 17. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de <i>Pinus cembroides</i> en el mes de julio. ....	45
Figura 18. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de <i>Pinus cembroides</i> en el mes de agosto. ....	47
Figura 19. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de <i>Pinus cembroides</i> en el mes de septiembre. ....	48
Figura 20. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de <i>Pinus cembroides</i> en el mes de octubre. ....	50
Figura 21. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de <i>Pinus cembroides</i> en el mes de noviembre. ....	51
Figura 22. Diámetro evaluado en la calidad de planta de <i>Pinus cembroides</i> . ....	56
Figura 23. Altura promedio de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . ....	59
Figura 24. Índice de calidad de Dickson de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . ....	61
Figura 25. Índice de robustez de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . ....	64
Figura 26. Índice de proporcionalidad biométrica de las plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . ....	67

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la calidad de las plántulas de *Pinus cembroides*. El trabajo se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero. Se contó con semilla de una plantación localizada en el Rancho La Cueva, Acatlán, Hidalgo. Se identificaron las semillas con base en el árbol del que se colectaron. Se utilizó semilla de 15 árboles distintos, las cuales fueron sembradas en tubetes de plástico de capacidad de 125 ml y colocados en charolas de 49 cavidades. Se utilizó un sustrato para la siembra de peat moss, agrolita y vermiculita (1:1:1 en volumen). El mantenimiento consistió en riegos cada tercer día hasta capacidad de campo, fertilización semanal, deshierbe manual y aplicación de fungicida cada dos semanas. Al mes de edad de las plántulas, se les midió el número de cotiledones y el diámetro del hipocótilo con un vernier digital; posteriormente, cada mes se cuantificó el diámetro y la altura de las plántulas con una regla graduada a milímetros tomando como base los cotiledones. Para el cálculo de la calidad de planta se eligieron al azar nueve plántulas de cada familia, las cuales se extrajeron de manera manual de su tubete, posteriormente se les eliminó el sustrato de la raíz. A cada plántula se les midió el diámetro y la altura. Posteriormente, con ayuda de un cúter se separó la parte radical y la aérea de cada plántula y se pesaron en una balanza digital, después se almacenaron dentro de una bolsa de papel y se colocaron en un horno de secado a 60°C hasta peso anhidro para posteriormente pesar ambas partes. Con los datos de peso fresco, biomasa, diámetro y altura se calcularon los índices de Dickson, de robustez y de proporcionalidad biométrica. Se realizaron los análisis de varianza y las pruebas de medias para las variables medidas y los índices estimados. Existe diferencia estadística significativa entre familias para todas las variables e índices, excepto para el número de cotiledones; los cotiledones con mayor longitud promedio los tuvo la familia 73 con 3.5 cm; respecto del diámetro se tiene que siete familias fueron las que mostraron mayor promedio con un valor 4.4 mm y fueron la 22, 24, 36, 73, 117, 164 y 346, mientras que la mayor altura promedio la obtuvieron las familias, 20, 24, 36, 225 y 350 con una media de 28.6 cm. En cuanto al índice de Dickson las familias 26, 36, 73, 74, 117, 149, y 346 obtuvieron el mayor promedio con 0.48, mientras que en el índice de robustez las familias 225 y 350 mostraron la mayor media con un valor de 7.8, por otro

lado, en el índice de lignificación las familias 20, 74, 117, 149, y 346 mostraron el mayor valor promedio con 0.41, respecto del índice de proporcionalidad biométrica la familia 225 mostró el mayor valor con 4.3.

## I. INTRODUCCIÓN

En México existen de 8 a 15 especies de pino piñonero, estas están distribuidas en los estados del norte y del centro de México (Eguiluz, 1987; Perry, 1991; Farjon 1997).

*Pinus cembroides* Zucc. es una especie nativa de México y tiene amplia distribución en el país, se localiza en 19 estados formando masas puras, crece en altitudes que van de los 1350 a 2800 msnm. El mayor número de poblaciones los podemos encontrar en Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León y Zacatecas (Poulos y Berlyn, 2007).

Del piñonero se obtiene leña y madera de cortas dimensiones para construcción y leña. Además, su semilla es comestible y se utiliza para la preparación de alimentos como pasteles, helados, mazapán y rompopo (Perry, 1991, Farjon *et al.*, 1997).

Dentro de las características de la especie se tiene que es un árbol con tolerancia a alta temperatura, sequías y baja exigencia en nutrientes, lo cual hace una especie viable para reforestar zonas áridas y semiáridas (De los Ríos *et al.*, 2008; Reyes *et al.*, 2013; Granados *et al.*, 2015). Los bosques de *Pinus cembroides* son importantes ya que favorecen la infiltración de agua y la recarga de mantos acuíferos en las zonas áridas y semiáridas. Asimismo, sirven como hogar para la fauna silvestre, la semilla sirve como alimento para aves, insectos y mamíferos (Constante *et al.*, 2009).

Dentro de los problemas que presentan los piñoneros es la periodicidad con que se producen los conos y semillas que en ocasiones va 3 a 5 años en bosques naturales, dependiendo de las condiciones ambientales y genéticas; de igual manera, la producción entre arboles dentro del bosque también presenta alta variación, (Zobel, 1970).

Con fines de producción de conos y semillas es recomendable el establecimiento de plantaciones bajo condiciones ambientales mejores que en su ambiente natural, así como realizar una selección de árboles que hayan demostrado promedios de producción de conos y semillas, de preferencia con mayor frecuencia que sus vecinos (González *et al.*, 2006).

Para el establecimiento exitoso de las plantaciones es necesario contar con plantas de buena calidad, con buena herencia genética y con las mejores condiciones físicas en el vivero con respecto a las necesidades de la planta. Con ello se encamina a tener árboles

con buenas condiciones para una mejor sobrevivencia en campo, crecimiento y nos acerca más a obtener semillas de calidad (Landis et al., 2010).

Las prácticas de manejo para producir plantas de calidad en vivero, consta de alternar la concentración de elementos nutricionales que necesita la planta, el tiempo entre riegos, la cantidad de agua por riego, el porcentaje de las mezclas de sustratos, el volumen de los envases y la densidad de planta por metro cuadrado (Rodríguez, 2010).

Una planta con mayor calidad en vivero aumenta su ciclo de vida en el campo (Duryea y Mckain 1984; Oliet et al., 1999; Villar- Salvador, 2003; Puértolas et al.,2003). Junto con el riego, la fertilización es la acción más importante en los viveros forestales (Bustos et al., 2008) El aplicar fertilizantes en los viveros es una actividad relativamente sencilla, que nos da como resultado una planta de calidad, desarrollada adecuadamente y en menor tiempo (Landis et al., 2010). El aprovechamiento nutrimental va a depender de distintos factores y no solo del contenido del fertilizante, las condiciones genotípicas y fenotípicas juegan un papel importante en el desarrollo de estas mismas (Román et al., 2001).

## **II.OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad y crecimiento de las plántulas de *Pinus cembroides* para la selección temprana de familias.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Estimar la longitud y número de cotiledones de las plántulas de cada familia.
- Cuantificar el crecimiento en altura y diámetro de las plántulas de cada familia.
- Estimar los índices de calidad de planta de cada una de las familias.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1.1. Descripción botánica de la especie

##### 3.1.1.1. Árbol

*Pinus cembroides* es un árbol de porte bajo su altura normalmente va de 5 a 10 m, en algunas ocasiones hasta 15 m, su diámetro va de 30 a 60 cm, la copa con ramificaciones irregulares, abierta y redondeada en árboles adultos, en árboles jóvenes las ramas están espaciadas en forma piramidal. Cuando el árbol es joven su corteza es delgada y lisa, cuando el árbol está en edad adulta la corteza es de color marrón oscuro, con surcos profundos en horizontal y longitudinal, dividen la corteza en placas escamosas irregulares, en la parte inferior y superior del árbol, la corteza es fina y lisa. Sus ramillas son de tono grisáceo, ásperas, con cicatrices foliares visibles, su follaje es denso y encorvado (Perry, 1991).

##### 3.1.1.2. Hojas

En sus acículas predominan fascículos de 3 pero llegan a tener de 4 a 5 acículas, que van de 3 a 7 cm de longitud, con 1.2 a 1.6 mm de ancho, con márgenes lisos, con estomas en los dos lados, su color es verde oscuro, teniendo tonalidades azul claro e incluso amarillento, tienen un haz vascular, tiene dos conductos resiníferos y son externos, su vaina es caediza y de color café claro, cuando la vaina cae deja una pequeña roseta en la base del fascículo, sus yemas son cilíndricas largas y de color amarillento (Perry, 1991).

##### 3.1.1.3. Conos

Sus conillos son globosos de tono moreno rojizo con escamas gruesas, sus estróbilos son subglobosos, colgantes, su color es moreno anaranjado, a veces rojizo, casi sésiles debido al poco pedúnculo que presenta, se pueden encontrar solos o agrupados incluso en grupos de hasta 5 estróbilos, se caen con facilidad, tienen medidas de 5 a 6.5 cm de largo, su diámetro va de 5 a 6 cm, sus escamas son gruesas y delgadas sobre los bordes, su semilla es subcilíndrica, no tiene ala, su color va de café rojizo a negro cenizo (Martínez, 1948; Martínez, 1992).

El tiempo que pasa entre la polinización, la maduración del cono y las semillas es de 30 a 36 meses (De la Rosa, 1995).

#### **3.1.1.4. Semillas**

La semilla es demandada por los humanos, roedores y aves, debido a su uso comestible, tiene color marrón con tonalidad oscura, con 13 mm de largo y de 7-8 mm de ancho; no tiene alas, cuenta con una capa gruesa dura con 0.5 a 1 mm de grosor, su producción por número varía de 2500 a 3000 por kilo, cotiledones de 9 a 11, normalmente 10, dentro de la capa se encuentra el endospermo (el producto comestible) de color rosado (Perry, 1991).

### **3.2. Características ecológicas**

*P. cembroides* es originario de México, es uno de los pinos con mayor distribución presente en 19 estados. Sus poblaciones más grandes se encuentran en Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo y Zacatecas. Su altitud va desde los 1350 a 3000 msnm (Rzedowski, 1983).

Gómez et al (2012) nos dice que el *P. cembroides* es de las especies con mejor supervivencia en sitios degradados con un porcentaje del 90%, debido a su larga vida tiene la capacidad de almacenar carbono y CO<sub>2</sub> por grandes tiempos, así mismo produce oxígeno.

#### **3.2.1. Clima**

En cuanto al clima, se reporta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano C (w1) (w) (Romero González, 2005). Para Saltillo Coahuila Marroquín (2018) reporta un clima árido semicálido (BSohw) y semiárido templado (BS1kw); por su parte González y otros (2006) reporta climas para los siguientes sitios, San José Bachíniva, Chihuahua, BS1KW, Santa Rosa, Saltillo, Coahuila:, BS1KX, Galeana, Nuevo León, BS1HW, El Mezquital Durango, A(c) (w0) (W), -San Antonio de las Huertas, Zacatecas, BS1KW, Tierra Blanca, Guanajuato, BS1KW(w), Cadereyta, Querétaro A(c) (w0), San Andrés, Hidalgo C (w1) (W), El santuario, Cardonal, Hidalgo, C (w0)(w), El arenalito, Cardonal, Hidalgo, C(w1)(w), El Encino, Santiago de Anaya, Hidalgo C(w1)(w). Flores (2016), consigna un clima BWhw (x) (e), para la sierra de Zapalinamé en Saltillo, Coahuila.

### 3.2.2. Temperatura.

La temperatura en la que se distribuye el *P. cembroides* varía dependiendo el lugar de los sitios, normalmente va desde 7°C. hasta 40°C con promedio de 18°C, alcanzando temperaturas mínimas de -7°C y unas máximas de 42°C, y en ocasiones mayores (Eguiluz Piedra , 1978). A este respecto, (Romero González, 2005) reporta una temperatura de 14°C para las procedencias de La Mesa, San Miguel, El Arenalito, Pontadhó y El Porvenir en el estado de Hidalgo. González Ávalos y otros (2006) mencionan una temperatura de 15°C en el predio La Moraleja, municipio de Huimilpa, Querétaro. Estos autores mencionan una temperatura de 14 a 18°C en dos áreas, Cuauhtémoc y El Recreo, en Saltillo, Coahuila ( Marroquín Morales et al., 2018). Por otra parte, González Ávalos y otros ( 2006) reporta las temperaturas para los siguientes sitios, San José Bachíniva, Chihuahua: 12°C, Santa Rosa, Saltillo, Coahuila 14°C, Galeana, Nuevo León 16°C, El Mezquital, Durango 16°C, San Antonio de las Huertas, Zacatecas 16°C, Tierra Blanca, Guanajuato 16°C, Cadereyta, Querétaro 16°C, San Andrés, Hidalgo 16°C, El Santuario, Cardonal, Hidalgo 16°C, El Arenalito, Cardonal, Hidalgo 16°C, El Encino, Santiago de Anaya, Hidalgo 16°C. Reporta (Meza Alvarez, 2006) una temperatura de 16°C para el municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo. Flores Hernández (2016) reporta para Zapalinamé, Saltillo, Coahuila una temperatura de 18°C. Ochoa (2010) reporta una temperatura de 18 a 22°C en el Ejido San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coahuila.

### 3.2.3. Precipitación

Los pinos piñoneros se desarrollan con una precipitación que oscila entre 365 milímetros cerca de Galeana, Nuevo León, hasta los 800 milímetros cerca de Altotonga, Veracruz, entre los 400 y 500 milímetros en Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Veracruz, pero su promedio ocurre entre los 450 milímetros. La precipitación media anual oscila entre los 350 hasta 700 milímetros (Rzedowski, 2006). Eguiluz (1978) reporta una precipitación que Oscila entre los 365mm cerca de Galeana, Nuevo. León, hasta los 80mm cerca de Altotonga, Veracruz, entre los 400 y 500 en regiones de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo. Romero González (2005) refiere una precipitación para las procedencias La Mesa 700mm, San Miguel 800mm, El Arenalito 700m, Pontadhó 600 mm, El Porvenir 800mm. González Ávalos y otros (2006) reportan una precipitación de 800mm. en el predio La Moraleja,

municipio de Huimilpa, Querétaro. Marroquín Morales y otros (2018) mencionan una precipitación de 125 a 400 mm en dos áreas, Cuauhtémoc y El Recreo, en Saltillo, Coahuila. Rzedowski (2006) reporta una precipitación media anual que oscila entre los 350 hasta 700 milímetros. González Ávalos y otros (2006) mencionan precipitaciones para los siguientes sitios, San José Bachíniva, Chihuahua, 450mm, Santa Rosa, Saltillo, Coahuila, 400mm, Galeana Nuevo León, 700mm, El Mezquital, Durango, 700mm, San Antonio de las Huertas, Zacatecas, 500mm, Tierra Blanca, Guanajuato, 600mm, Cadereyta, Querétaro, 700mm, San Andrés, Hidalgo, 700mm, El Santuario, Cardonal, Hidalgo, 700mm, El Arenalito, Cardonal, Hidalgo, 650mm, El Encino, Santiago de Anaya, Hidalgo, 650mm. Meza Alvarez (2006) menciona un precipitación para Santiago de Anaya de 550mm. Lagos Santos (2021) reporta una precipitación con un rango de 365-450mm con presencia de sequía de 7 u 8 meses en el Ejido Carbonero, Jacales, Huayacocotla, Veracruz. Flores Hernández (2016) refiere para Zapalinamé, Saltillo, Coahuila una precipitación de 420mm. Díaz Cruz (2016) refiere para el sur del estado de Nuevo León, en el Municipio de Aramberri una precipitación de 525 mm. Ochoa Olivas (2010) presenta una precipitación con un rango de 450 a 550 mm para el Ejido San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coahuila.

#### **3.2.4. Altitud**

Eguiluz Piedra (1978) reporta un rango altitudinal de 1350 a 2700msnm con promedio de 2000 msnm. Por su parte Romero González (2005) consigna para las procedencias La Mesa 2163 msnm, San Miguel 2264 msnm, El Arenalito 1975 msnm, Pontadhó 2220 msnm y El porvenir 1995 msnm. Por otra parte, González Ávalos y otros (2006) mencionan una altitud de 2450 msnm. en el predio La Moraleja, municipio de Huimilpa, Querétaro. Marroquín Morales et al, (2018) consigna una altitud de 2162 msnm. en Saltillo, Coahuila. Rzedowski (2006) reporta un rango de altitud de 1500-3000 msnm. Por otro lado, González Ávalos y otros (2006) reportan altitudes para los siguientes sitios, San José Bachíniva, Chihuahua, 2200 msnm, Santa Rosa, Saltillo, Coahuila, 2200 msnm, Galeana Nuevo León, 2000 msnm, El Mezquital Durango, 2200 msnm, San Antonio de las Huertas, Zacatecas, 2400 msnm Tierra Blanca, Guanajuato, 2000 msnm, Cadereyta, Querétaro, 2200 msnm, San Andrés, Hidalgo, 2100 msnm, El Santuario, Cardonal, Hidalgo, 2200 msnm, El Arenalito, cardonal, Hidalgo 2000 msnm, El Encino, Santiago de Anaya, Hidalgo, 2200 msnm. (Meza Alvarez, 2006) menciona para Santiago de Anaya

una altura de 2040 msnm. Lagos Santos (2021) refiere una altura de 2100 msnm Ejido Carbonero, Jacales, Huayacocotla, Veracruz. Díaz Cruz (2016) reporta para el sur del estado de Nuevo León, en el Municipio de Aramberri un rango de altitud de 660 a 3,260 msnm.

### 3.2.5. Suelo y topografía

El *P. cembroides* es una especie de suelos pobres, secos, pedregosos o calizos, de un color grisáceos o negros, delgados en lomeríos y aluviales en los valles con un buen drenaje y con un pH de 6.5 hasta 7.5, normalmente se desarrolla mejor en suelos de neutros a alcalinos. (Eguiluz Piedra, 1978). Vallejo Maldonado (1997) reporta en Galeana, Nuevo León dos sitios, el primero es Pablillo con una topografía que se observa en la región con bastantes cerros y algunas planicies en donde se practica la agricultura y los suelos son Rendzina con una clase textural media con una fase físicas petrocálcica, Litosol + regosol eútrico con una clase textural media y Castañozem cálcico + rendzina con una textura media y una fase física petrocalcacica profunda, el segundo es La Primavera con una topografía en la región que se observan bastantes cerros y sitios con áreas para la agricultura y los suelos son Castañozem cálcico con una textura gruesa, Feozem cálcico + rendzina con textura media y fases físicas gravosa, Rendzina con textura media y fases físicas líticas, Regosol eútrico con textura media y fases físicas líticas. González Ávalos y otros (2006) consignan para el predio La Moraleja, municipio de Huimilpa, Querétaro sustrato sedimentario, suelo litosol, poco desarrollado y con profundidad menor a 10 cm, textura media, capa superficial oscura y friable rica en materia orgánica. A su vez, Meza Alvarez (2006) menciona para Santiago de Anaya que el suelo predominante es Rendzina, el segundo por Vertisol y Regosol calcárico con una textura fina y una fase física Petrocálcica. A su vez, Lagos Santos(2021) refiere un suelo regosol con bajas concentraciones de sales, baja capacidad de intercambio catiónico, deficiencia de nitrógeno con baja concentración de materia orgánica y una topografía que se caracteriza por lomeríos que van de ondulados a accidentados en el Ejido Carbonero, Jacales, Huayacocotla, Veracruz. Flores Hernández(2016) menciona para Zapalinamé, Saltillo, Coahuila un suelo de tipo rendzina. Díaz Cruz (2016) dice que, para el sur del estado de Nuevo León, en el Municipio de Aramberri los suelos que predomina son litosol, y regosol con textura media.

De acuerdo con la clasificación hecha por la (FAO), *P. cembroides* se desarrolla en suelos de tipo Leptosol, Regosol, Feozem, Rendzina y Xerosol, con una profundidad en lomeríos desde 1 metro hasta < 50 centímetros y en los valles desde 1 hasta 2 metros de profundidad, con una textura de areno-arcillosa a migajón-arenosa, su estructura es granular con drenajes bien drenados (CONAFOR, 2001).

### 3.2.6. Vegetación asociada

En México el *P.cembroides* es la especie con mayor distribución geográfica dentro del grupo de los piñoneros, la cual se extiende casi todo el norte y centro del país, se asocia con matorral xerófilo, encinares arbustivos, pastizales, destacan algunos elementos llamativos como el *Agave*, *Yucca* y *Dasyilirion* (Rzedowski, 2006).

Forma bosques abiertos únicos o mezclados con *Juniperus*, *Pinus nelsonii*, *Pinus pinceana*, *Quercus*, *Yucca*, *Agave*, *Cactaceae* (e.g., *Opuntia*), *Arctostaphylos*, *Ceanothus*, *Arbutus*, en los sitios más altos y/o húmedo se forman bosques mixtos de pino-encino incorporando, *Pinus arizonica*, *Pinus engelmanni*, *Pinus leiophylla* var. *Chihuahuana* y *Pinus pseudostrobus*. (Farjon & Styles, 1997). Por su parte, Flores Olvera (1985) reporta para el estrato arbóreo de 3.5 m o más a: *Juniperus monosperma*, *Juniperus flaccida* var. *flaccida*, *Quercus spp*, *Quercus canbyi*, *Yucca carnerosana*, *Pinus arizonica stomiae*, *Pinus nelsonii* y las menos frecuentes *Quercus fusiformis*, *Quercus graciliramis*, *Quercus clivicola*. Arbustivo o medio de 1-3m: *Quercus intricata*, *Cowania plicata*, *Arbutus xalapensis*, *Berberis trifoliolata*, *Pithecellobium elasticophyllum*, *Berberis muelleri*, *Dasyilirion spp.*, *Rhus virens*, *Quercus microphylla*, *Sophora secundiflora*, *Salvia greggii*, *Agave sp*, *Condalia ericoides*, *Dalea formosa* y las menos frecuentes *Amelanchier denticulata*, *Arbutus arizonica*, *Larrea tridentata* y *Krameria cytisoides*. Herbáceo menor 0.50m: *Stipa leucotricha*, *Tridens grandiflorus*, *Bouteloua curtipendula*, *Festuca rubra*, *Tagetes lucida*, *Hedéoma nanum*, *Verbena ambrosifolia*, *Cassia bauhinioides*, *Stipa tenuissima*, *Aristida curvifoli*, *Dyssodia setifolia*, *Nama biflorum*, *Dyssodia pinnata*, *Verbena neomexicana*, *Acalypha hederácea*, *Cheilanthes tomentosa*. Mientras que Meza Alvarez (2006) menciona para Santiago de Anaya, en estrato arbóreo a *P. cembroides*, *Juniperus flaccida*, *Casimiroa pubescens*, arbustivo exposición norte , *Dodonaea viscosa*, *Condalia mexicana*, *Selloa glutinosa* Spreng, *Astur exilis* Ell, *Dalea tuberculata*, exposición sur, *Dodonaea viscosa*, *Condalia mexicana*, *Amelanchier*

*denticulata* (H.B.K), Koch, *Mimosa biuncifera*, *Verbena carolina*, *Dalea tuberculata*, *Astur exilis* Ell, Herbáceo *Agave sp*, *Agave lechuguilla*, *Pistacia mexicana*, *Rhus pachyrrachis* Hemsl, *Berberis trifolia* Cham. Et Schlecht. Lagos Santos (2021) indica que las especies asociadas al piñonero son soteles, encinos, pastos, agaves, nopales y *Pinus pseudostrobus* en el Ejido Carbonero, Jacales, Huayacocotla, Veracruz. A su vez, Flores Hernández (2016) reporta para Zapalinamé, Saltillo, Coahuila al matorral desértico rosetófilo. Mientras que Díaz Cruz (2016) consigna para el sur del estado de Nuevo León, en el Municipio de Aramberri una vegetación que está comprendida por bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.) que colindan con pastizales o matorrales xerófilos, formando amplios ecotonos con estas comunidades vegetales.

### **3.2.7. Fauna**

Al respecto de la fauna silvestre que podemos encontrar en los bosques de piñonero Ochoa Olivas (2010) reporta que la fauna existente en el Ejido San Juan de la Vaquería, Saltillo Coahuila Aguililla (*Buteo sp.*), gavilán (*Falco sp.*), codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), huilota (*Zenaida macroura*), coyote (*Canis latrans*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), liebre (*Lepus sp.*), zorrillo (*Mephitis macroura*), tejón (*Taxidea taxus*), tlacuache (*Didelphys marsupialis*), correcaminos (*Geococcyx californicus*), cuervo (*Corvus corax*), tecolote (*Bubo virginianus*), víbora de cascabel (*Crotalus sp.*), lagartija (*Sceloporus sp.*) y ratón (*Peromyscus sp.*). A su vez Meza Alvarez (2006) indica que, para Santiago de Anaya, Hidalgo, la fauna silvestre que se puede encontrar son liebre, zorra, cacomixtle, paloma, lechuza, zopilote, gorrión.

## **3.3. Producción de planta en vivero**

### **3.3.1. Sustratos**

Phipps (1974) citado por Tinus y Stephen (1979), menciona otros materiales utilizados como medio de cultivo: arena, estiércol, turba, musgo fangoso, vermiculita, suelo superficial.

Winsor (1990), citado por Ansorena (1994), habla sobre como algunos autores clasifican los sustratos en dos, en orgánicos (turba, cortezas) e inorgánicos (perlita, vermiculita y otros), sin embargo, la segunda opción se basa en la estabilidad química y/o resistencia a la descomposición, lo que puede generar una confusión, ya que la mayoría de los

sustratos clasificados como inertes poseen una importante actividad química, que es nula en otros sustratos orgánicos.

Ansorena Miner (1994) menciona que lograr resultados óptimos en la utilización de un sustrato requiere realizar un estudio exhaustivo de sus propiedades. Esto implica la determinación tanto de sus características físicas como de sus propiedades químicas, con el objetivo de evaluar adecuadamente su aptitud.

La arena es el material más pesado a comparación con los otros utilizados con el fin de propagar; casi no contiene nutrientes minerales ni tiene capacidad de amortiguamiento químico. Es más utilizada combinada con materiales orgánicos (Hartmann y Kester, 1989).

El Promix Bx es un sustrato comercial utilizado para la producción de plantas hortícolas, sus principales componentes son: a) turba de musgo canadiense (75–85 %); b) perlita, vermiculita; c) regulador de Ph (calcio), y d) agente humectante (Gaytán, 2001).

### **3.3.2. Envases**

El envase es una herramienta, las características de este inciden en el tamaño de la planta, en la forma de su sistema aéreo y radical, estas características van a llevarse a campo y se reflejan en su supervivencia inicial y a largo plazo (Peñuelas y Ocaña, 2000).

#### **3.3.2.1. Bolsas**

Bolsa forestal BOLFRST001 Med 10 x 20 cm calibre 400 y 500.

Bolsa forestal BOLFRST005 Med 13 x 25 cm calibre 500.

Bolsa forestal BOLFRST010 Med 22 x 30 cm calibre 500.

Bolsa forestal BOLFRST016 Med 34 x 40 cm calibre 600.

#### **3.3.2.2. Charolas**

Landis (1990) consigna que las características de los contenedores necesitan ser ideales para mejorar la producción de plántula, algunas características de los contenedores deben compararse de diferentes maneras, por ejemplo: a) Por su función: La principal función de un contenedor es mantener el suministro necesario de agua, aire, nutrientes, soporte físico, mientras la planta se encuentre en el vivero. b) Otras funciones, por

ejemplo, fácil manejo al momento de la plantación. c) Por su dominio en el crecimiento y forma de la raíz.

Sandoval (1998) en su estudio “Sustratos y polímeros en la producción de planta de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero” utilizó contenedores tipo charola de 28 x 28 cm con capacidad de 25 cavidades, la profundidad de la cavidad es de 18 cm, con diámetro superior de 5 cm y diámetro inferior de 1.5 cm.

Ruíz (2001) en su estudio “Evaluación del efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm. bajo condiciones de invernadero” utilizó cinco distintos modelos de contenedores: 1 Styroblock 50 ml de volumen, 160 cavidades, con diámetro superior de la cavidad con 3 cm y altura de 12 cm. 2 Styroblock 170 ml de volumen, 77 cavidades, con diámetro superior de la cavidad con 4 cm y altura de 15 cm. 3 Copperblock 85 ml de volumen, 112 cavidades, con diámetro superior de la cavidad con 3.5 cm y altura de 10.5 cm. 4 Copperblock 220 ml de volumen, 60 cavidades, con diámetro superior de la cavidad con 5 cm y altura de 11.5 cm. 5 Sist. Super cell 160 ml de volumen, 98 cavidades, con diámetro superior de la cavidad con 4 cm y altura de 20.5 cm.

### **3.3.3. Fertilizantes**

Existen dos grupos de fertilizantes, orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos son aquellos de origen animal como lo es el estiércol que se utiliza como abono, los de origen vegetal vendrían siendo composta, turba y leguminosas, mientras que los fertilizantes inorgánicos o químicos son aquellos que contienen en forma de sustancia uno o más de los nutrientes requerido por las plantas para su desarrollo, de forma concentrada y son solubles (Rueda, 1991).

Rueda (1991) menciona que los nutrientes fundamentales para el óptimo desarrollo de la planta son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El nitrógeno es importante por el aporte de proteínas, el fósforo ayuda a dar energía a las semillas y el potasio aumenta los azúcares en los frutos y almidones de las semillas.

Los fertilizantes químicos están divididos en sólidos, ultra solubles, líquidos y gaseosos. Los sólidos son los más utilizados, vienen en polvo, cristales o granulados, los ultrasolubles son utilizados para fertirrigación por goteo o microaspersión, los líquidos

pueden ser simples de un solo elemento o compuestos como las soluciones de dos o más elementos y los gaseosos, en este tipo de fertilizante se utiliza el amoníaco anhidro, tiene un almacenamiento de forma líquida que al ser aplicado al suelo se gasifica. Los elementos nutritivos esenciales para la planta son el nitrógeno, fósforo y potasio, los fertilizantes están clasificados en tres tipos: simples, compuestos, complejos y mezclas físicas (Salgado y Núñez, 2010).

Los fertilizantes simples son cuando están formados por un solo elemento primario, como la urea, superfosfato simple, cloruro de potasio, etc., mientras que los compuestos: cuando una molécula contiene más de un macronutriente primario (N, P y K), como nitrato de potasio, fosfato monoamónico, etc. y complejos los que contienen dos o más macronutrientes primarios los cuales se mezclan con sales obtenidas de materia prima roca fosfórica, ácidos sulfúrico y fosfórico (Salgado y Núñez, 2010).

#### **3.3.4. Riego**

El riego está dentro de las prácticas más importantes en cuanto a la producción de planta, ayuda a mantener un óptimo nivel de agua para que no haya condicionantes en su crecimiento (Maldonado, 2010) Juega un papel importante debido a que incluye en la mayoría de los procesos fisiológicos por ejemplo fotosíntesis, respiración, síntesis de compuestos químicos, división y elongación celular, transporte de elementos esenciales e incluso en la regulación foliar de las plantas debido a que este proceso depende del estrés hídrico alcanzado y así afectar el rendimiento de las plantas. (CEFORA, 1994; Rojas, 2003; Maldonado, 2010).

El requerimiento de agua depende de la especie y su estado fenológico, la manera de cultivo y condiciones ambientales del agua, el cual se puede describir de distintas formas: el contenido de humedad, el potencial hídrico y el movimiento del agua (Spomer, 1985).

#### **3.3.5. Control de plagas y enfermedades**

Los insectos descortezadores son de las causas principales que afectan a la salud forestal. En Hidalgo, se considera que las especies *Dendroctonus mexicanus*, *D. frontalis*, *D. adjunctus*, *D. valens*, e *Ips*, afectando arbolado de pino (*Pinus pseudostrobus*, *P. greggii*, *P. teocote*, *P. cembroides*, *P. montezumae*, *P. rudis* y *P. patula*). Los años 2015, 2016 y 2017 tuvieron mucha presencia de lluvia, esto generó la formación de conos y

semillas, en los pinos piñoneros (*Pinus cembroides*), por ello los barrenadores de conos y semillas (*Conophthorus edulis*) y chinches (*Leptoglossus occidentalis*) son insectos plaga que en conjunto pueden ocasionar hasta el 90% de pérdida de producción de semilla de piñón (CONAFOR, 2017)

*Conophthorus edulis* es la especie principal causante de mortalidad de conos de *Pinus cembroides*, ocasiona daños en conillos y conos afecta la regeneración natural y en zonas de aprovechamiento de piñón disminuye la producción. *Leptoglossus occidentalis* las ninfas y adultos ocasionan daños directos desde la fase de conillo y conos. Ocasionan el aborto de conillos y dañan la semilla que se está desarrollando. Su ciclo de vida les permite contar con tres generaciones al año (CONAFOR, 2017)

Los insectos barrenadores de ramas son uno de los grupos de organismos más comunes que afectan a vegetación de renuevo de los géneros *Pinus* con clima templado-frío y *Cedrella* para el clima tropical, dentro de las especies encontramos a *Retinia edemoidana* y *R. arizonensis*, ambas afectan ramas de arbolado de *Pinus cembroides*, *P. greggii*, *P. pseudostrobus* y *P. tecocote* (CONAFOR, 2017)

### **3.4. Calidad de planta**

Uno de los problemas que se enfrentan en este tipo de programas es la baja supervivencia de la planta al ser llevada a campo, una de las causas principales es la baja calidad de la planta al salir del vivero. Por lo tanto, genera más costos y hace más tardado el proceso de estos programas (Duryea, 1985).

Para evaluar la calidad de planta forestal es necesario que este ya en la plantación, ya que los indicadores primarios de esta es su supervivencia inicial y el desarrollo siguiente. La supervivencia y desarrollo posterior será definido por la suficiencia para regenerar nuevas raíces de forma rápida (Landis 1990).

Dickson propuso una fórmula para reunir atributos físicos de la planta a un solo valor para representar un índice de calidad, es una relación que incluye al peso seco total, peso seco de la parte aérea, altura y diámetro de la planta (Prieto *et al.*, 1999).

(Capó Arteaga, 2001) describe a la calidad de planta como la unión de las características morfológicas y fisiológicas de la planta en vivero, estas harán que la planta se adapte con éxito al terreno de la plantación, exhibiendo supervivencia y rápido crecimiento.

La calidad de la planta se determina por los caracteres genéticos, fisiológicos y morfológicos que junto al medio puedan asegurar resultados positivos en la plantación (Ruano, 2003) dentro del medio se incluyen las condiciones sanitarias de la planta (Villar, 2003).

### **3.4.1. Factores morfológicos de la calidad de planta**

#### **3.4.1.1. Altura**

Entre mayor sea la altura más ayuda a la planta a tener dominio del sitio en menos tiempo, además de funcionar como escape de algunos insectos que por lo regular buscan comer la yema apical. Algo negativo es que una planta alta sin un tallo rígido y maduro tiende a doblarse, ya sea por el viento y otros factores físicos. Asimismo, si la biomasa aérea es mayor a gran medida que la biomasa radical es probable que se presente un desequilibrio hídrico (Capó 2001).

#### **3.4.1.2. Diámetro**

Una planta con tallo grueso tiene mayor capacidad para el transporte de agua y nutrientes, por ende, un diámetro grande podrá enfrentarse de mejor manera al estrés hídrico. De igual forma una planta con estas características tiene menor riesgo a sufrir daños por altas temperaturas (Cleary y Greaves, 1977; Capó, 2001).

#### **3.4.1.3. Proporción tallo raíz**

La proporción de la biomasa aérea mayor a tres con respecto a la biomasa de la raíz puede traer desequilibrio hídrico y por tanto pone en alto riesgo la supervivencia de la planta (Capó 2001).

#### **3.4.1.4. Estructura de la raíz**

Una raíz con mayor superficie tiene más capacidad para absorber nutrientes y agua (Capó 2001).

#### **3.4.1.5. Capacidad de crecimiento de la raíz**

Una vez en campo la plántula para su establecimiento debe de desarrollar su sistema radial para así poder absorber el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento (Capó 2001). Un solo atributo no es indicativo de calidad de planta, lo importante es analizar todos en conjunto y de ahí determinar una evaluación correcta (Rose *et al.*, 1990).

Ritchie (1994) evaluó la calidad de la planta dividiendo en dos atributos, al primero lo llamó los de estado que es la medición directa tanto morfológica y fisiológica, el segundo evaluación o reacción, consiste en someter a la planta a distintas condiciones ambientales.

### **3.4.2. Factores fisiológicos de la calidad de planta**

El estado fisiológico de la planta durante el cultivo y al término de su ciclo productivo en el vivero y tiene relación con el desarrollo en campo. Ejemplos de ello es de la concentración de carbohidratos (presencia de azúcares, almidones o los dos) y su distribución en el tallo y ramas, follaje, raíz principal y raíces laterales y raíces finas, y el contenido de nutrientes en el follaje, su tensión hídrica, el estado que se encuentra el desarrollo de las yemas y el nivel de fitohormonas. La desventaja del uso de estas variables son las técnicas empleadas para determinarlas debido a que necesitan de laboratorios con equipos suficientes, son caras y requiere mucho tiempo, desde semanas a meses, solo para la extracción y determinar un experimento más formal (Prieto *et al.*, 2009).

#### **3.4.2.1. Nutrimientos de las plantas**

Para afianzar un buen desarrollo, la planta cultivada debe obtener del ambiente que la rodea elementos necesarios para la construcción de sus tejidos. Según investigaciones hechas a los vegetales, se determinó que son 18 los elementos presentes en todas las plantas. 11 de ellos, conocidos como macroelementos, que son el Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno, así como del Azufre, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cloro y Sodio, y se le unen elementos cuyos contenidos son bajos en el vegetal, conocidos como oligoelementos que es el Hierro, Boro, Manganeso, Zinc y Cobre (Rodríguez, 2008).

El 95% de la biomasa vegetal anhidra está formada por Monóxido de Carbono e Hidrógeno. Los macronutrientes son llamados así porque están presentes en grandes concentraciones en los tejidos vegetales y son N ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), P ( $\text{H}_2\text{PO}_4^+$ ), K, Ca, Mg, S ( $\text{SO}_4^+$ ). Una planta con un buen contenido de nutrientes tendrá mayor vigor y supervivencia que una con pocos nutrientes. De lo anterior parte la utilidad de la concentración de nutrimentos como herramienta para estimar la calidad de planta (Prieto *et al.*, 2009).

Cuando hay ausencia de nutrientes en el sustrato empleado para el crecimiento de la planta, se le pueden suministrar los elementos requeridos y las dosis necesarias para otorgar un desarrollo excelente (Bidwell, 1990).

En los viveros forestales los nutrimentos se otorgan a las plantas por medio de la fertilización. El tipo y cantidad de nutrientes depende de las necesidades de la planta, y cambian dependiendo el crecimiento (Landis, 1985 citado por INIFAP, 2007). El crecimiento de las plantas disminuye cuando los niveles de nutrientes son bajos, aumenta cuando los niveles son correctos y/o altos y se detiene o llega a morir por intoxicación debido al exceso de estos (Toral, 1997).

#### 3.4.2.2 Tensión hídrica

El agua es vital en varios procesos fisiológicos, tal como la transpiración y la fotosíntesis, además funciona como sustrato en reacciones enzimáticas. Determinar la tensión hídrica es una prueba de calidad de planta, cuando los árboles se producen con niveles pobres de humedad en la temporada seca, su crecimiento y vigor serán menores y aumenta su mortalidad, la falta de humedad en el cepellón a la hora de realizar la plantación puede afectar el establecimiento de los árboles en campo (Rodríguez, 2008).

#### 3.4.2.3 Diacetato de fluoresceína

El diacetato de fluoresceína es utilizado como indicador de viabilidad vía tejidos de la raíz con resultados del crecimiento potencial de la raíz (Rodríguez, 2008).

#### 3.4.2.4 Fluorescencia de la clorofila

Es un método de estudio de la fotosíntesis. Debido a que varias tensiones ambientales afectan este proceso fisiológico, es empleado en cultivos agrícolas para estudiar el efecto de tensiones hídricas, temperatura, deficiencia de nutrientes, contaminantes y ataques por patógenos (Rodríguez, 2008).

Pierre (1988) y Rodríguez (2008), nos dicen que una forma de medir la fluorescencia es colocar a la planta en la oscuridad por 20 minutos, para después poner un flash a nivel de saturación (8000 mmol/m<sup>2</sup> durante un segundo), con lo que la fluorescencia aumenta de un valor base ( $F_0$ ) a su máximo ( $F_m$ ), condición en la que el QA, primer aceptor de electrones en el fotosistema II, es totalmente reducido. Esto permite la determinación de la máxima eficiencia cuántica del fotosistema II, dada por la relación:

$$F_o / F_m = F_m / F_m$$

(Bello Hernández , 2012)

### 3.5 Trabajos afines

Pineda (2020) en su artículo “Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno” utilizó plántulas de *Pinus cembroides* Zucc de 15 meses de edad, reporta los resultados en diámetro fueron de 4.6 mm promedio, altura es de 15.9 cm promedio, su índice de esbeltez fue de 3.5 promedio, para el índice de proporcionalidad biométrica obtuvo 1.5 promedio y para el índice de calidad de Dickson 1.1 promedio, además menciona resultados positivos para el establecimiento en campo, basándose en la altura, diámetro y los indicadores ya mencionados.

González *et al.* (2006) en su estudio “Variación morfológica e índices de calidad de plantas de *Pinus cembroides* var, *cembroides* Zucc.” presenta resultados en altura a los 8 meses y 11 meses de edad, presentando su mejor altura de 8.29 cm a los ocho meses y la mínima mostrada fue de 7.17cm. A los 11 meses de edad la mayor altura fue de 8.64 cm y la mínima de 7.66 cm. Para el diámetro a los 8 meses de edad el más alto fue de 2.98 mm y el mínimo de 2.61 mm, a los 11 meses el valor más alto fue de 3.49 mm y el mínimo de 3.03 mm. La evaluación de calidad de planta la realizó a los 12 meses de edad de las plántulas, mencionando que hay variación respecto a las procedencias, mencionando Durango, Guanajuato y Querétaro fueron las procedencias con mejores resultados. El índice de vigor más alto fue de 3.02 y el mínimo es de 2.40. La relación tallo/raíz (índice de proporcionalidad biométrica) fue 1.39 el valor más alto y 1.09 el valor más bajo. Para el índice de calidad de Dickson el valor más alto fue de 0.273 y 0.197 el más bajo.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Área de estudio

Área de estudio: La producción de la planta se realizó en el invernadero en Ciudad Universitaria de Tulancingo Hidalgo UAEH, ubicada en Av. Universidad Km.1, colonia Ex Hacienda de Aquetzalpa A.P. 32., Tulancingo de Bravo, Hidalgo (Figura 1).

A una altitud de 2207 MSNM. La temperatura media anual es de 15.6 °C; el mes más frío es enero con una temperatura media de 4.8 °C y el mes más cálido es mayo con una temperatura media de 26.2 °C. La precipitación media anual es de 132.5 mm (Conagua, 2010)

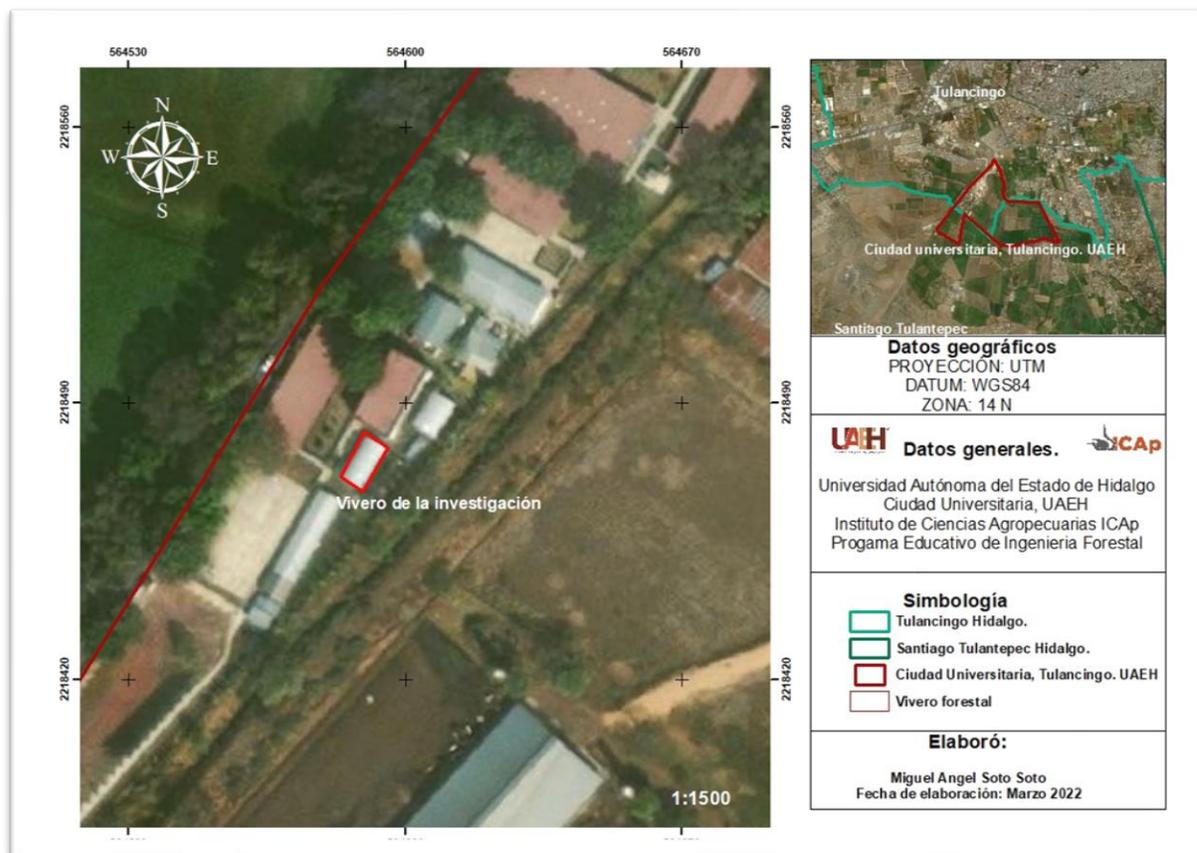


Figura 1. Ubicación del invernadero forestal, en Ciudad Universitaria de Tulancingo-UAEH.

El invernadero tiene cubierta de polietileno, con malla en los costados.

## 4.2. Procedencia de la semilla.

La semilla fue recolectada de árboles en una población de la especie en Acatlán Hidalgo en el rancho “La Cueva”, los árboles son procedentes de distintos estados (Figura 2).

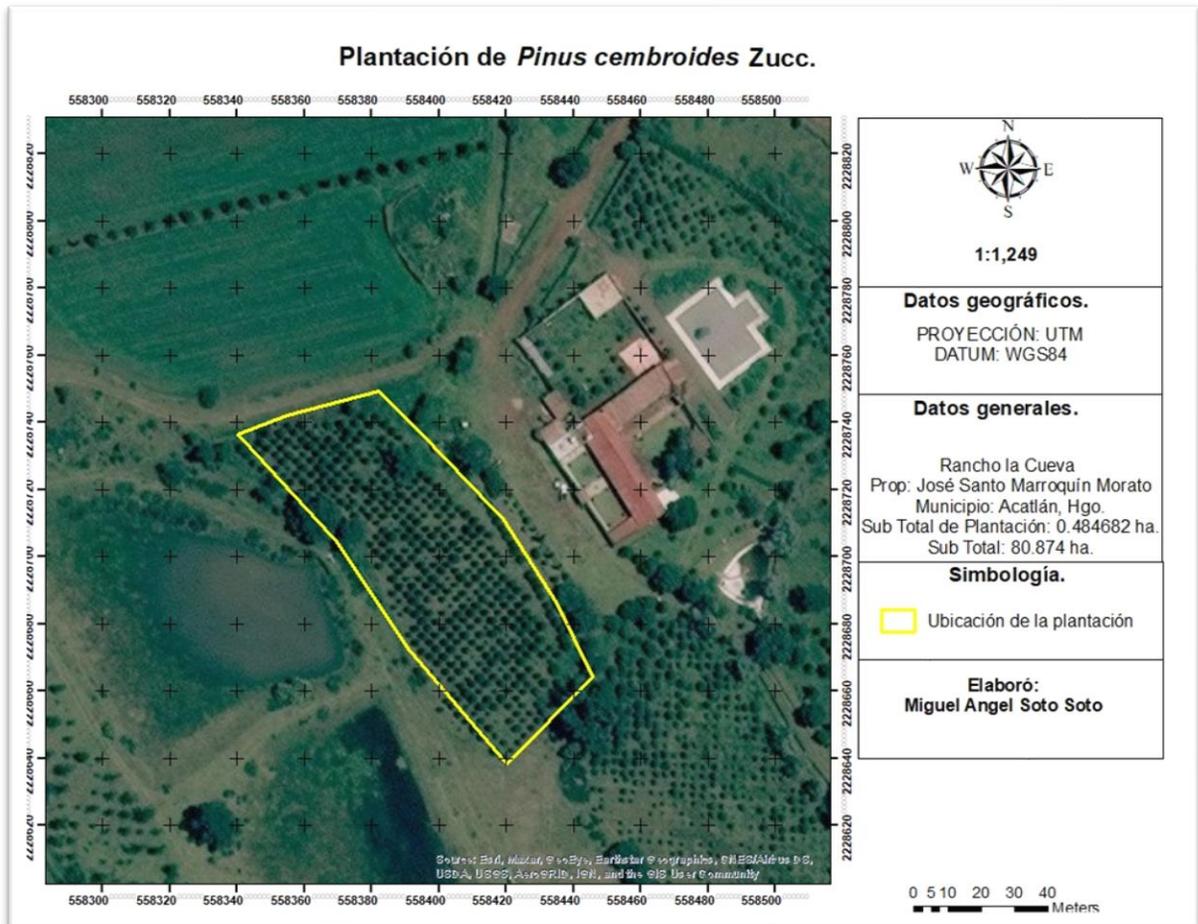


Figura 2. Ubicación de la plantación de *Pinus cembroides* en el rancho La Cueva, Acatlán, Hidalgo.

### **4.3. Producción de planta**

#### **4.3.1. Preparación de sustrato y llenado de charolas**

El sustrato fue a base de un saco de agrolita de 100 litros, un saco de vermiculita de 100 litros y un saco de peat most de 100 litros (1:1:1 en volumen)

Se humedeció, se revolvió de manera manual con una pala hasta que se viera homogéneo, mientras se fue humedeciendo hasta tener el porcentaje de humedad en 70%

Para el experimento se utilizaron quince charolas cada una para una familia, cada charola es de 49 cavidades.

El llenado se realizó con una pala sobre los tubetes, golpeando de manera suave con el fin de compactar la tierra de forma correcta en el tubete.

#### **4.3.2. Siembra de las semillas**

La siembra se realizó el día 11 de marzo del año 2022 de forma manual en el vivero forestal, en cada tubete se le hizo un espacio de dos veces el grosor de la semilla, así en cada tubete, después se colocó de manera manual cada semilla en el tubete, una vez puesta se humedeció con manguera, después se cubrió con el mismo sustrato.

Se utilizaron charolas de 49 cavidades (modelo m 49 Hummer de México S.A de C.V) diámetro de 4 cm, altura de 12 cm y capacidad de 125 ml, sustrato fue una mezcla homogénea de peat moss, agrolita, vermiculita, (1:1:1 en volumen).

Las 15 charolas fueron acomodadas en el vivero forestal colocando con un marcador indeleble color blanco el número de familia correspondiente, esto para identificarlas.

#### **4.3.3. Germinación de la semilla**

Una vez sembradas las semillas la germinación (Figura 3) se comenzó a observar para el 30 de abril, así consecutivamente se fueron observando, se dio un tiempo para dejarlas crecer y madurar



Figura 3. Germinación de las semillas.

#### **4.4. Mantenimiento del experimento**

##### **4.4.1. Riego**

Buscando tener las plantas con buena humedad, se realizaron pruebas de humedad en el vivero con ayuda de un hidrómetro (Figura 4), la prueba consistió en regar la planta al 100% de humedad y realizar 3 pruebas la primera a las 24 horas, la segunda a las 48 horas y la tercera a las 72 horas, a las 72 horas se observó un porcentaje de humedad menor al 70% y fue ahí cuando ya había que regar, por lo tanto el riego se realizó cada tercer día, a las 8 am, aplicando el agua con una manguera a capacidad de campo.



Figura 4. Hidrómetro utilizado para la cuantificación de la humedad (Fuente: Elaboración propia).

#### **4.4.2. Fertilización**

La fertilización para este experimento se realizó a las 8 am, jueves de cada semana iniciando desde la primera semana de junio hasta noviembre del 2022. se utilizó el fertilizante Ultra Sol crecimiento 1% de azufre y 1% de dióxido de magnesio + micronutrientes 25-10-10 del cual se pesan 3 gramos por litro de agua, para pesarlo se utilizó una báscula marca FA2204B, se pesaron un total de 45 gramos, ya que el experimento necesitaba 15 litros para cubrir las 15 charolas de este. La aplicación se realizó con ayuda de una probeta de 100 ml, se aplicaron 20 ml por tubete de cada charola (Figura 5).

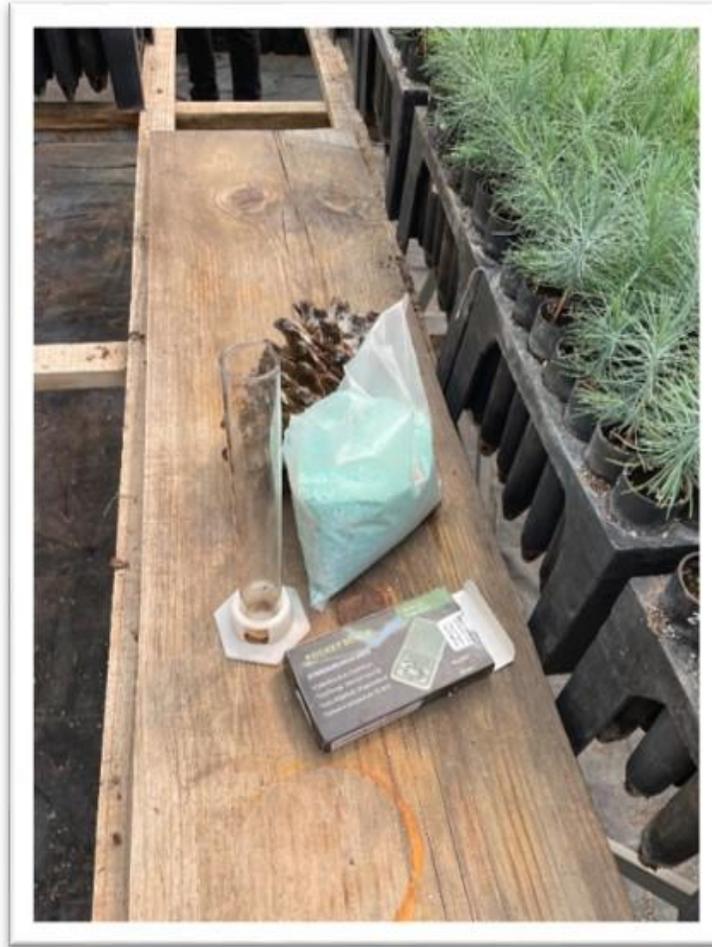


Figura 5. Probeta y fertilizante empleado para la fertilización de las plántulas (Fuente: elaboración propia).

#### **4.4.3. Fumigación**

La fumigación se realizó cada quince días, aplicando Captan 50 wp, con ayuda de una bomba de fumigación con capacidad de 15 litros, con la finalidad de prevenir el ataque de hongos del complejo del damping-off.

### **4.5. Cuantificación de variables**

#### **4.5.1. Número y longitud de cotiledones**

Se procedió al conteo directo del número de cotiledones en cada una de las plántulas germinadas de las 15 familias, para después proceder a medir la longitud de los cotiledones, para esto se seleccionó al azar un cotiledón de cada una de las plántulas a evaluar, el cual fue medido con una regla en graduada en mm.

#### 4.5.2. Diámetro de las plántulas

La medición del diámetro se hizo con un vernier digital marca Mitutoyo 500-196 CD-6"CS ABSOLUTA DIGIMATIC (Figura 6). Se tomó la plántula y se midió a la altura de la base de los cotiledones, todo se fue registrando en formatos. La medición se inició el 24 de junio y así cada mes hasta el 24 de noviembre.



Figura 6. Medición de diámetro de las plántulas con vernier digital en la base de los cotiledones (Fuente: elaboración propia)

#### 4.5.3. Altura de las plántulas

La altura se midió con una regla de 30 cm, tomando la plántula e iniciando la medición desde la base de los cotiledones hasta la punta de la acícula más alta, la medición se realizó el 24 de junio y así cada mes hasta el 24 de noviembre del 2022 (Figura 7).



Figura 7. Medición de altura de las plántulas con una regla desde la base de los cotiledones a la punta de las acículas

#### **4.6. Índices de calidad de planta**

Para calcular los índices de calidad se seleccionaron 9 plantas de manera aleatoria, se realizó la limpieza de la raíz con cuidado de no perder masa radical, posteriormente se cuantificó la altura de la plántula midiendo desde el inicio de la primera raíz hasta la punta de la última hoja. El diámetro se midió con ayuda de un vernier a la altura de la primera raíz.

Una vez habiendo hecho las respectivas mediciones de altura y diámetro, se realizó un corte a la altura de la primera raíz con ayuda de unas tijeras, para después pesar el tallo y el sistema radial de cada planta con ayuda de una báscula. Después de ser pesadas fueron guardadas en bolsa de papel y se etiquetó con el número de árbol y número de familia correspondiente.

Las plantas embolsadas se metieron a secar en un horno a 60°C durante 24 horas para posteriormente pesar por separado el tallo y el sistema radical.

Ya con las medidas y pesos tomados se procedió a calcular los índices de calidad de planta, que son los siguientes:

#### 4.6.1 Índice de robustez

(IR), la relación entre la altura y el diámetro.

$$IR = \textit{Altura (cm)} \div \textit{diámetro (mm)}$$

#### 4.6.2 Índice de calidad de dickson.

$$ICD = \textit{Masa seca total (g)} \div \textit{Altura (cm)} \div \textit{diámetro (mm)} \\ + \textit{masa seca parte aérea (g)} \div \textit{peso seco de raíz (g)}$$

#### 4.6.3 Índice de lignificación

Porcentaje seco en relación con el contenido de agua de las plantas.

$$IL = \textit{Masa total seca (g)} \div \textit{masa total húmeda (g)}$$

#### 4.6.4 Índice de proporcionalidad biométrica

Refleja el desarrollo de la planta en vivero.

$$IPB = \textit{Biomasa seca aérea (g)} \div \textit{biomasa seca raíz (g)}$$

### 4.7. Análisis estadístico

Todas las variables se analizaron mediante análisis de varianza completamente al azar, con las variables que salieron con diferencia estadística significativa se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 0.05, el software que se utilizó fue IBM SPSS Statistics 25. El modelo estadístico utilizado fue:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = el valor de la característica morfológica observada.

$\mu$  = es el promedio general si no se hubiese aplicado ningún tratamiento.

$\tau_i$  = es el efecto del tratamiento  $i$ .

$\varepsilon_{ij}$  = es el error experimental cometido en la repetición  $j$  del tratamiento  $i$ .

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Longitud de cotiledones

El análisis de varianza muestra una diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas con respecto a la longitud de cotiledones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tabla del análisis de varianza de la longitud de cotiledones de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	0.321	2.841	0.003
Error	60	0.113		
Total	74			

La prueba de medias de Duncan divide en cuatro grupos (Cuadro 2), el primer grupo presentó el valor promedio más alto con 4.28 cm, el segundo grupo obtuvo una media de 3.89 cm, el tercer grupo alcanzó un promedio de 3.82 cm y el último grupo con solo 3.77 cm.

Cuadro 2. Prueba de medias de Duncan para la longitud de cotiledones de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05			
	4	3	2	1
73	3.5660			
22	3.6260	3.6260		
264	3.6380	3.6380		
225	3.7260	3.7260	3.7260	
149	3.7380	3.7380	3.7380	
350	3.7380	3.7380	3.7380	
24	3.7800	3.7800	3.7800	
117	3.8400	3.8400	3.8400	
351	3.8420	3.8420	3.8420	
153	3.9300	3.9300	3.9300	
20	3.9540	3.9540	3.9540	
346	3.9540	3.9540	3.9540	
74		4.1000	4.1000	4.1000
164			4.2120	4.2120
36				4.5340
<b>Sig.</b>	<b>0.135</b>	<b>0.067</b>	<b>0.059</b>	<b>0.057</b>

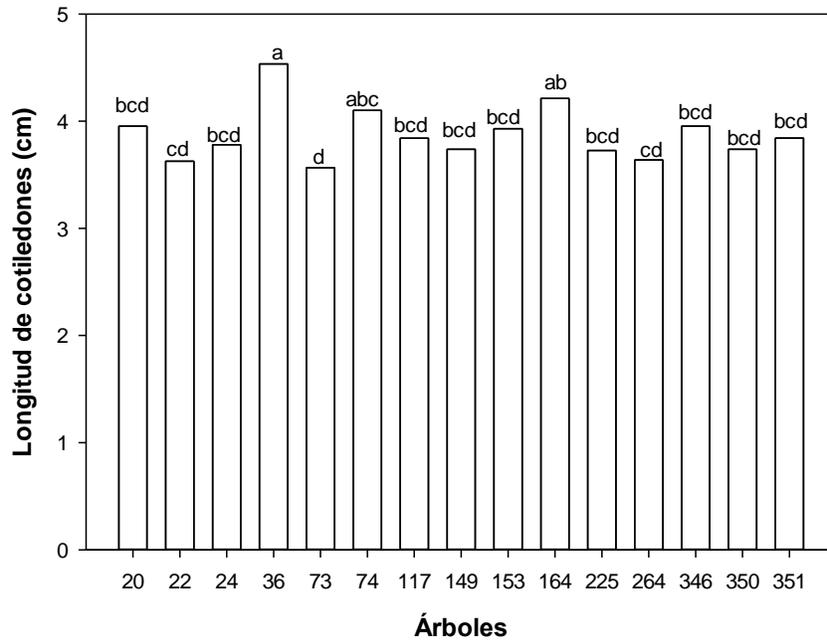


Figura 8. Longitud de cotiledones de las 15 familias de *Pinus cembroides*.

Al respecto de la longitud de cotiledones Romero González O. G., 2005 en su estudio de “Variación morfológica de conos y semillas de cinco procedencias de *Pinus cembroides* Zucc de Hidalgo” reporta un valor promedio de 2.88 cm en la longitud de cotiledones para todas las procedencias, mientras que en este trabajo el valor obtenido fue de 3.88 cm, la diferencia es de un centímetro; dicho margen se le atribuye al aspecto genético de la procedencia de nuestras plantas.

Por otra parte, García & Capó A., 1989 refieren un valor promedio de 3.51 cm para *Pinus cembroides* en el estado de Coahuila, específicamente para la procedencia de Saltillo reportan 3.70 cm, para las plántulas procedentes de Concepción del Oro en Zacatecas el valor fue de 3.22 cm, mientras que para las plántulas provenientes del estado de Nuevo León el promedio fue de 3.79 cm.

Dinorin, 2018 en su estudio “Variación en indicadores reproductivos, germinación y crecimiento inicial de plántulas de poblaciones de *Pinus chiapensis*” una vez evaluada la longitud de cotiledones, obtuvieron un resultado promedio de 2.49 cm, para este experimento utilizaron fertilizante de liberación controlada osmocote (15-9-12) dosis de 6 g/l.

## 5.2. Número de cotiledones.

El análisis de varianza no muestra diferencia estadística significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre plantas en el número de cotiledones (cuadro 3).

Cuadro 3. Tabla del análisis de varianza del número de cotiledones de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	0.647	1.803	0.059
Error		60	0.359		
Total		74			

Al respecto del número de cotiledones Romero González (2005) en su estudio de "Variación morfológica de conos y semillas de cinco procedencias de *Pinus cembroides* Zucc de Hidalgo" reporta un valor promedio de promedio de 10 en el número de cotiledones para todas las procedencias, mientras que en este trabajo el número obtenido de nuestras plantas fue de 11.66 en promedio, creemos que la diferencia se debe a sus características genéticas de nuestras plantas.

Dinorin (2018) en su estudio "Variación en indicadores reproductivos, germinación y crecimiento inicial de plántulas de poblaciones de *Pinus chiapensis*" una vez evaluado el número de cotiledones, obtuvieron un resultado promedio de 7.88, para este experimento utilizaron fertilizante de liberación controlada osmocote (15-9-12) dosis de 6 g/l.

## 5.3. Diámetro de las plántulas

### 5.3.1. Junio

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 4).

Cuadro 4. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides* en el mes de junio.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		13	0.078	3.391	0.000
Error		126	0.023		
Total		139			

La prueba de medias de Duncan divide en cuatro grupos (cuadro 5), el primer grupo con un valor promedio de 1.97 mm, el segundo grupo con un valor promedio de 1.94 mm, el tercer grupo con un valor promedio de 1.90 mm y el cuarto grupo con un valor promedio de 1.80 mm.

Cuadro 5. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05			
	4	3	2	1
264	1.7349			
153	1.8186	1.8186		
149	1.8513	1.8513	1.8513	
24		1.8816	1.8816	1.8816
74		1.9183	1.9183	1.9183
117		1.9304	1.9304	1.9304
225		1.9572	1.9572	1.9572
350		1.9609	1.9609	1.9609
20			1.9901	1.9901
36			1.9906	1.9906
346			2.0089	2.0089
73			2.0100	2.0100
22				2.0287
164				2.0400
Sig.	0.108	0.073	0.051	0.053

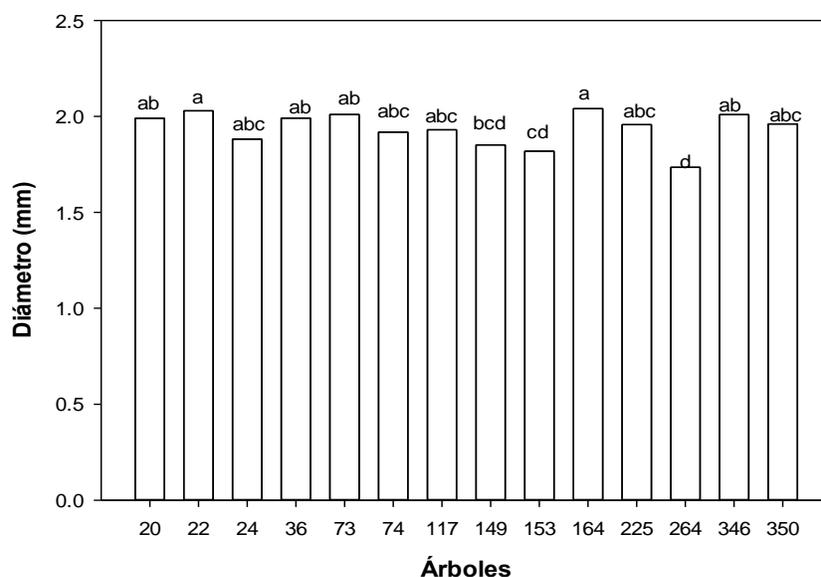


Figura 9. Gráfica del diámetro promedio por familia de *P. cembroides* en el mes de junio

### 5.3.2. Julio

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre familias para el diámetro promedio de las plántulas (cuadro 6).

Cuadro 6. Tabla del análisis de varianza del diámetro de plántulas de *P. cembroides* en el mes de julio.

Fuente de variación	de Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	0.211	7.246	0.000
Error	145	0.029		
Total	159			

La prueba de medias de Duncan divide en cinco grupos (cuadro 7), el primer grupo con un valor promedio de 2.52 mm, el segundo grupo con un valor promedio de 2.39 mm, el tercer grupo con un valor promedio de 2.36 mm, el cuarto grupo con un valor promedio de 2.30 mm y el quinto grupo con un valor promedio de 2.21 mm.

Cuadro 7. Pruebas de medias de Duncan para el diámetro de las plántulas de *P. cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05				
	5	4	3	2	1
153	2.15				
149	2.17				
264	2.19				
350	2.22	2.22			
74	2.25	2.25	2.25		
117	2.29	2.29	2.29	2.29	
20		2.37	2.37	2.37	
351		2.37	2.37	2.37	
346			2.40	2.40	
73			2.41	2.41	
22			2.42	2.42	
225				2.44	2.44
164				2.45	2.45
24					2.59
36					2.60
Sig.	0.095	0.082	0.052	0.073	0.053

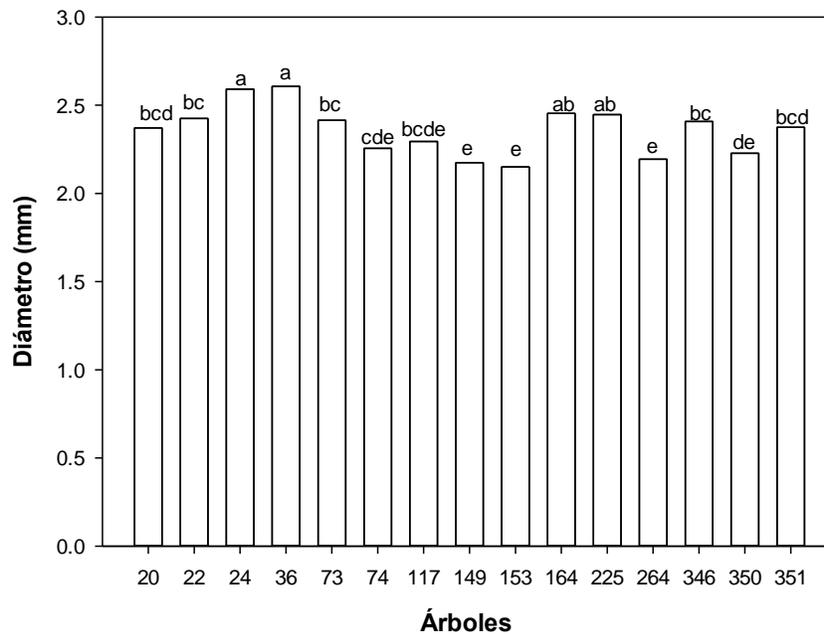


Figura 10. Gráfica del diámetro promedio de las plántulas de *P. cembroides* por familia en el mes de julio.

### 5.3.3. Agosto

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre árboles en diámetro (cuadro 8).

Cuadro 8. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides* medido en agosto.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	0.250	6.11	0.000
Error	135	0.041		
Total	149			

La prueba de medias de Duncan divide en seis grupos (cuadro 9), el primer grupo con un valor promedio de 3.20 mm, el segundo grupo con un valor promedio de 3.12 mm, el tercer grupo con un valor promedio de 3.05 mm, el cuarto grupo con un valor promedio de 3.02 mm, el quinto grupo con un valor promedio de 2.96 mm y el sexto con un valor promedio de 2.90 mm.

Cuadro 9. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05					
	6	5	4	3	2	1
149	2.8100					
153	2.8570	2.8570				
350	2.9130	2.9130	2.9130			
74	2.9720	2.9720	2.9720	2.9720		
346	2.9870	2.9870	2.9870	2.9870		
117		3.0400	3.0400	3.0400	3.0400	
264		3.0500	3.0500	3.0500	3.0500	
351			3.0980	3.0980	3.0980	3.0980
164			3.1110	3.1110	3.1110	3.1110
73				3.1360	3.1360	3.1360
225					3.2270	3.2270
22					3.2350	3.2350
36						3.2810
20						3.2840
24						3.2930
Sig.	<b>0.083</b>	<b>0.063</b>	<b>0.060</b>	<b>0.122</b>	<b>0.064</b>	<b>0.067</b>

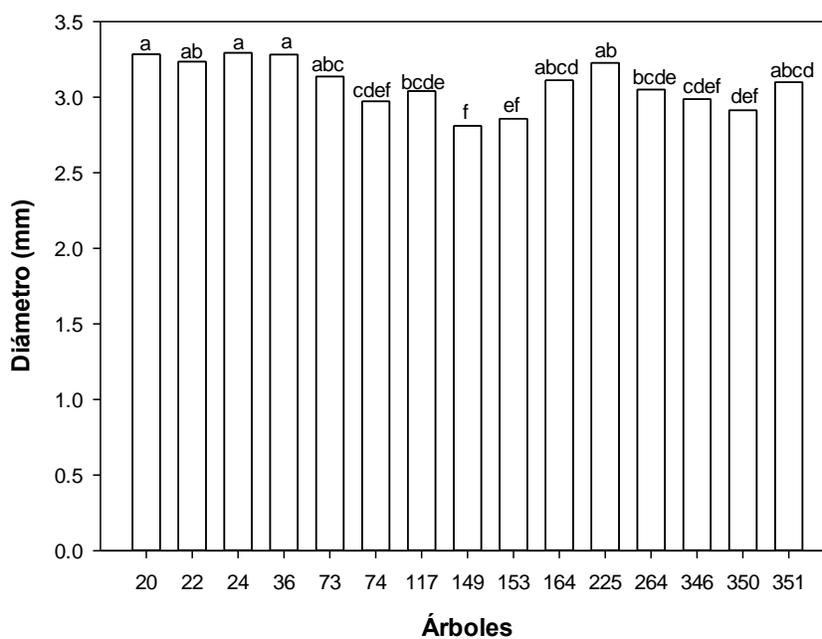


Figura 11. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de agosto.

### 5.3.4. Septiembre

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 10).

Cuadro 10. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides* medido en septiembre.

Fuente de variación	de Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	0.295	5.085	0.000
Error	135	0.058		
Total	149			

La prueba de medias de Duncan divide en seis grupos (cuadro 11), el primer grupo con un valor promedio de 3.55 mm, el segundo grupo con un valor promedio de 3.38 mm, el tercer grupo con un valor promedio de 3.31 mm, el cuarto grupo con un valor promedio de 3.28 mm, el quinto grupo con un valor promedio de 3.25 mm y el sexto con un valor promedio de 3.21 mm.

Cuadro 11. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05					
	6	5	4	3	2	1
74	3.0960					
153	3.1230	3.1230				
117	3.1326	3.1326	3.1326			
264	3.1736	3.1736	3.1736	3.1736		
350	3.2814	3.2814	3.2814	3.2814	3.2814	
164	3.3100	3.3100	3.3100	3.3100	3.3100	
149	3.3160	3.3160	3.3160	3.3160	3.3160	
351	3.3173	3.3173	3.3173	3.3173	3.3173	
346		3.3591	3.3591	3.3591	3.3591	
225			3.3755	3.3755	3.3755	
24				3.4186	3.4186	
22					3.5018	3.5018
73					3.5025	3.5025
20					3.5030	3.5030
36						3.7190
Sig.	0.082	0.063	0.055	0.053	0.087	0.067

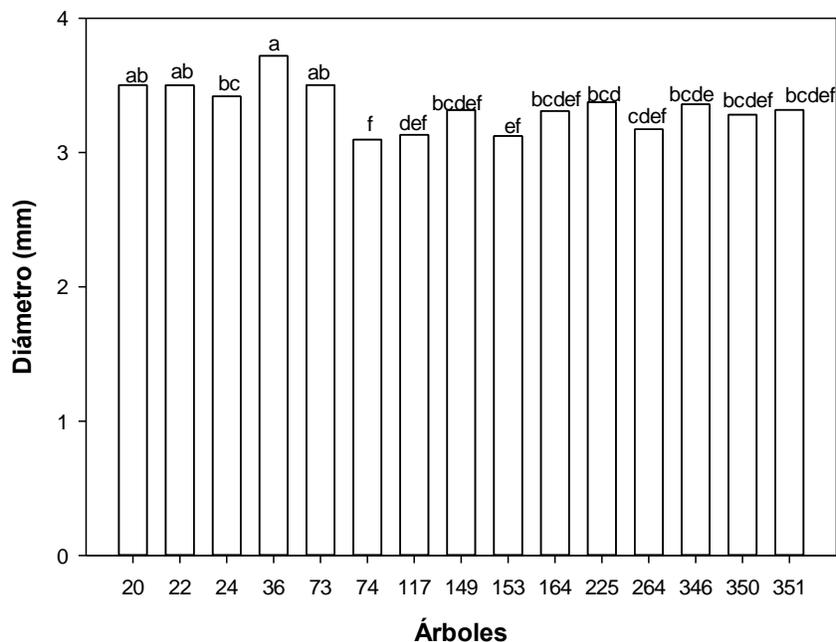


Figura 12. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de septiembre.

### 5.3.5. Octubre

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre árboles en diámetro (cuadro 12).

Cuadro 12. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides* medido en octubre.

Fuente de variación	de Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	0.302	4.997	0.000
Error	135	0.060		
Total	149			

La prueba de medias de Duncan divide en seis grupos (cuadro 13), el primer grupo con un valor promedio de 3.65 mm, el segundo grupo con un valor promedio de 3.49 mm, el tercer grupo con un valor promedio de 3.45 mm, el cuarto grupo con un valor promedio de 3.39 mm, el quinto grupo con un valor promedio de 3.34 mm y el sexto con un valor promedio de 3.31 mm.

Cuadro 13. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05					
	6	5	4	3	2	1
117	3.1856					
153	3.2107	3.2107				
264	3.2362	3.2362				
74	3.2711	3.2711	3.2711			
351	3.3513	3.3513	3.3513	3.3513		
350	3.3527	3.3527	3.3527	3.3527		
164	3.3720	3.3720	3.3720	3.3720	3.3720	
149	3.4103	3.4103	3.4103	3.4103	3.4103	
225	3.4372	3.4372	3.4372	3.4372	3.4372	
346		3.4566	3.4566	3.4566	3.4566	
24			3.4962	3.4962	3.4962	
20				3.5870	3.5870	3.5870
22				3.5933	3.5933	3.5933
73					3.6150	3.6150
36						3.8124
<b>Sig.</b>	<b>0.054</b>	<b>0.060</b>	<b>0.083</b>	<b>0.064</b>	<b>0.060</b>	<b>0.062</b>

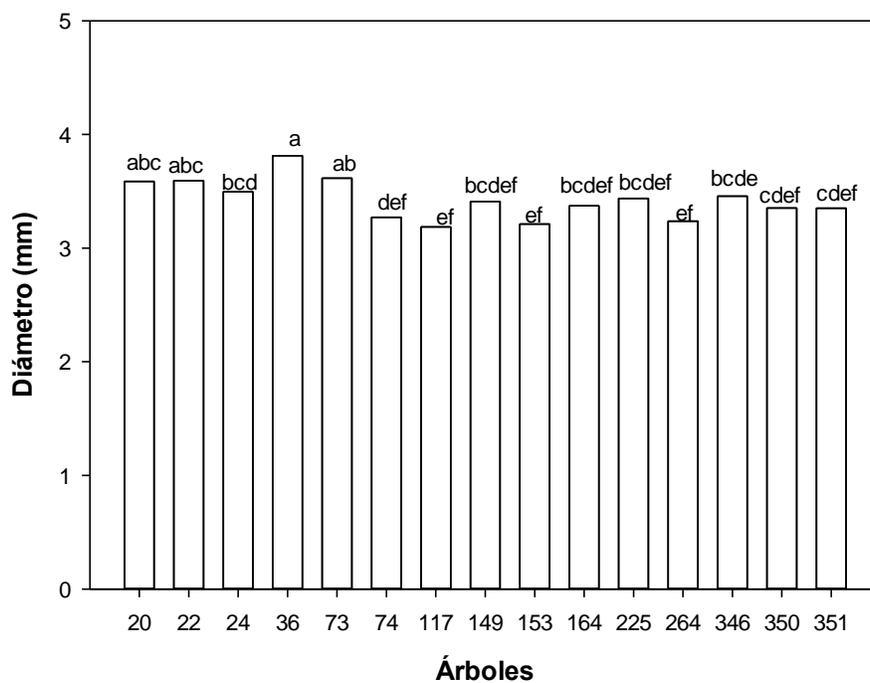


Figura 13. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de octubre.

### 5.3.6. Noviembre

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 14).

Cuadro 14. Tabla del análisis de varianza del diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides* medido en noviembre.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	0.406	3.699	0.000
Error		135	0.110		
<b>Total</b>		<b>149</b>			

La prueba de medias de Duncan divide en cuatro grupos (cuadro 15), el primer grupo con un valor promedio de 4.46 mm, el segundo grupo con un valor promedio de 4.16 mm, el tercer grupo con un valor promedio de 4.07 mm y el cuarto grupo con un valor promedio de 4 mm.

Cuadro 15. Pruebas de media de Duncan para el diámetro de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05			
	4	3	2	1
153	3.8502			
149	3.8548			
350	3.8900			
74	3.9427	3.9427		
351	3.9777	3.9777		
117	3.9901	3.9901		
264	3.9954	3.9954		
346	4.0518	4.0518	4.0518	
20	4.0590	4.0590	4.0590	
164	4.0930	4.0930	4.0930	
24	4.1669	4.1669	4.1669	
73	4.1729	4.1729	4.1729	
225		4.2591	4.2591	
36			4.3454	4.3454
22				4.5938
<b>Sig.</b>	0.073	0.075	0.090	0.096

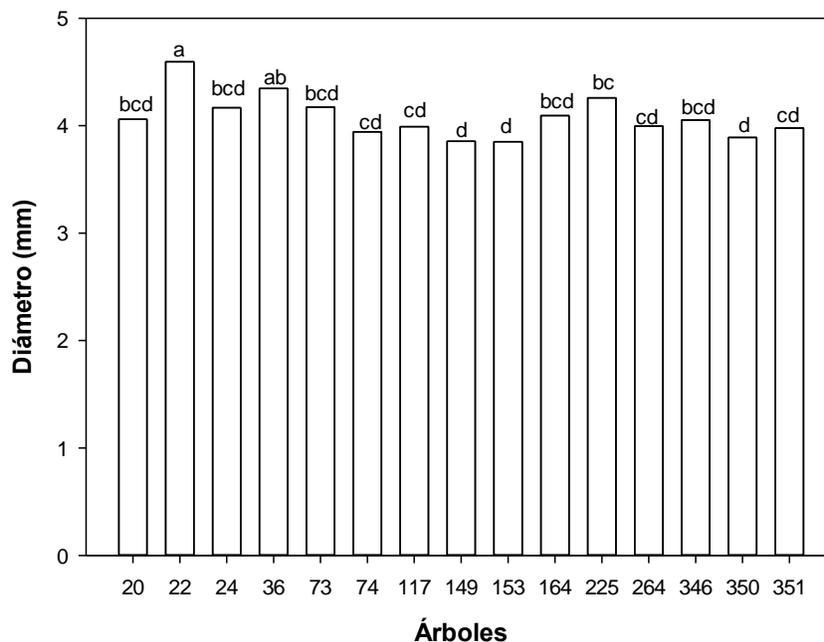


Figura 14. Gráfica del diámetro promedio por familia del mes de noviembre.

Respecto al diámetro de las plántulas Madrid Aispuro, y otros (2021) en su estudio “Crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. En vivero y campo producido en diferente tipo de contenedor” utilizó plántulas de *Pinus cembroides* Zucc de 14 meses de edad, reporta los resultados en diámetro fueron de 4.11 mm promedio con una tasa de crecimiento de 0.29 por mes. Nuestras plantas a los seis meses de edad tuvieron un diámetro promedio de 4.10 mm con una tasa de crecimiento de .68 mm por mes, suponemos que el hecho de que se duplique la tasa de crecimiento en nuestras plantas es debido al efecto del fertilizante ya que nosotros aplicamos hidrosoluble (ultrasol 20-10-10) aplicando directamente con una dosis de 3g/litro, aplicando 20 ml a cada planta, mientras que Madrid utilizó fertilizante de liberación controlada Multicote 8® 18- 6-12 de N-P-K. Por otra parte, Sánchez, 2001 en su estudio “Evaluación del efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm. bajo condiciones de invernadero” realizó mediciones de su experimento a los 150 días (5 meses) y 250 días (8.3 meses), para los 150 días su mejor valor promedio en diámetro fue de 3.40 mm con una tasa de crecimiento de 0.68. A los 250 días el mejor valor promedio fue de 4.85 mm con una tasa de crecimiento de 0.58. Por otro lado, Méndez, 1998, en su estudio “Sustratos y polímeros en la producción de planta de *Pinus cembroides* Zucc. Bajo condiciones de invernadero” realizó 16 diferentes tratamientos a los cuales les realizó

una medición en diámetro a los cuatro meses de edad, obteniendo resultados de 0.23 mm en promedio, teniendo una tasa de 0.058. Por su parte Cruz, 2018 en su estudio “Inoculación de *Pinus cembroides* Zucc. Con un hongo ectomicorrizico comestible y una bacteria auxiliadora de la micorrización en dos sustratos” presenta un resultado promedio a los 9 meses de edad en diámetro de 3.07 mm con una tasa de 0.34. Rojas, 2008 en su estudio “Producción de *Pinus greggii* y *Pinus cembroides* con *Pisolithus tinctorius* y su relación con la calidad” utilizo semillas de *Pinus greggii* y *Pinus cembroides* de las cuales a los nueve meses después de su germinación realizó una evaluación de diámetro en la cual para los tratamientos con tubete, el de tubete sin micorriza obtuvo 3.91 mm con una tasa de crecimiento de .43 y el tubete con micorriza obtuvo 3.95 con una tasa de crecimiento de 0.43. Para el tratamiento con bolsa, la bolsa sin micorriza obtuvo 4.48 cm con una tasa de crecimiento de 0.49 y la bolsa con micorriza obtuvo 4.42 cm con una tasa de crecimiento de 0.49

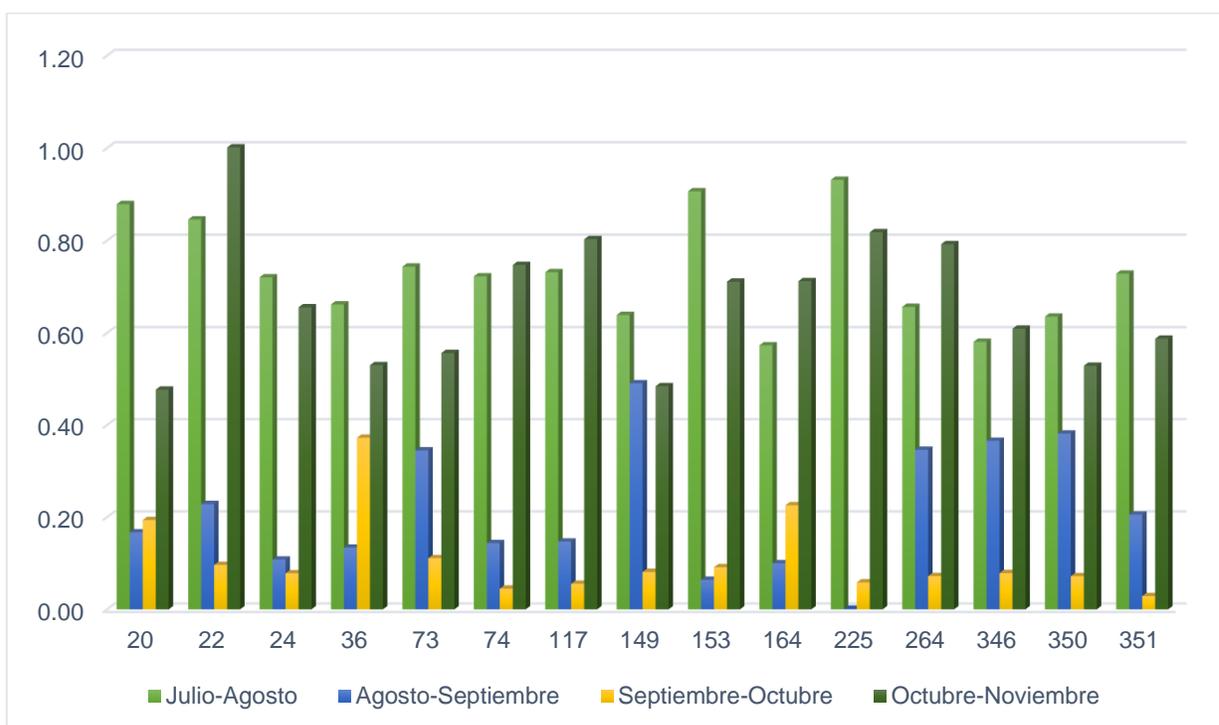


Figura 15. Crecimiento mensual promedio del diámetro de las plántulas de quince familias de *Pinus cembroides*.

## 5.4. Altura de las plántulas

### 5.4.1. Junio.

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre árboles en diámetro (cuadro 16).

Cuadro 16. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de *Pinus cembroides* medidas en junio.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		13	3.422	8.531	0.000
Error		126	0.401		
Total		139			

La prueba de medias de Duncan divide en cinco grupos (cuadro 17), el primer grupo con un valor promedio de 8.01 cm, el segundo grupo con un valor promedio de 7.05 cm, el tercer grupo con un valor promedio de 6.82 cm, el cuarto grupo con un valor promedio de 6.63 cm y el quinto grupo con un valor promedio de 6.41 cm

Cuadro 17. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05				
	5	4	3	2	1
153	6.0800				
149	6.3375	6.3375			
350	6.4067	6.4067			
22	6.5075	6.5075	6.5075		
264	6.5237	6.5237	6.5237		
73	6.6490	6.6490	6.6490		
117		6.8010	6.8010	6.8010	
20		6.9100	6.9100	6.9100	
164		6.9450	6.9450	6.9450	
36			7.1240	7.1240	
346			7.1395	7.1395	
74				7.3875	
24					7.9968
225					8.0410
Sig.	0.081	0.069	0.058	0.071	0.876

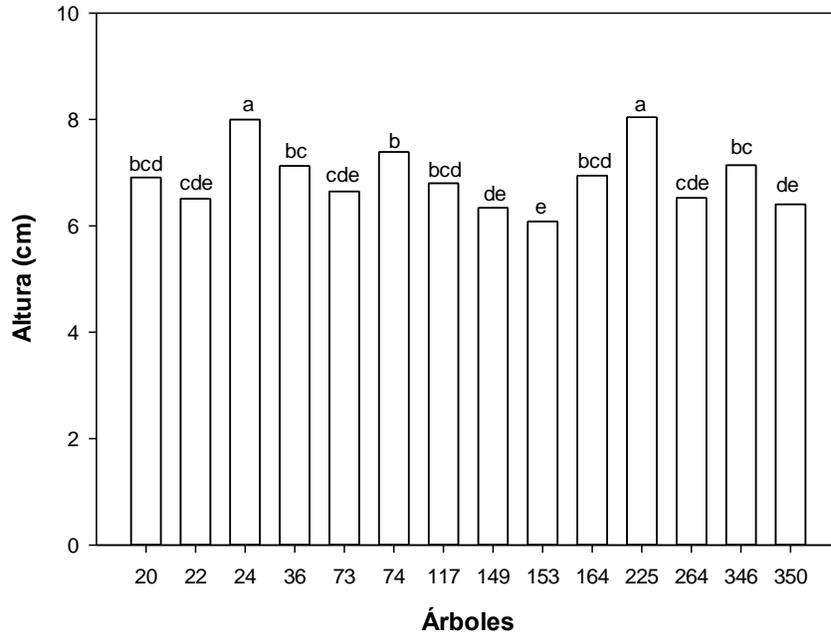


Figura 16. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de *Pinus cembroides* en el mes de junio.

#### 5.4.2. Julio

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 18).

Cuadro 18. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de *Pinus cembroides* medida en julio.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	2.606	4.438	0.000
Error		145	0.587		
Total		159			

La prueba de medias de Duncan divide en dos grupos (cuadro 19), el primer grupo con un valor promedio de 9.76 cm y el segundo grupo con un valor promedio de 8.61 cm.

Cuadro 19. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05	
	2	1
164	8.2850	
264	8.4223	
149	8.4275	
153	8.4930	
22	8.5350	
350	8.6175	
117	8.6540	
20	8.6755	
73	8.6835	
351	8.7583	
74	8.8848	
346	8.9405	
225		9.6983
24		9.7740
36		9.8250
Sig.	0.112	0.726

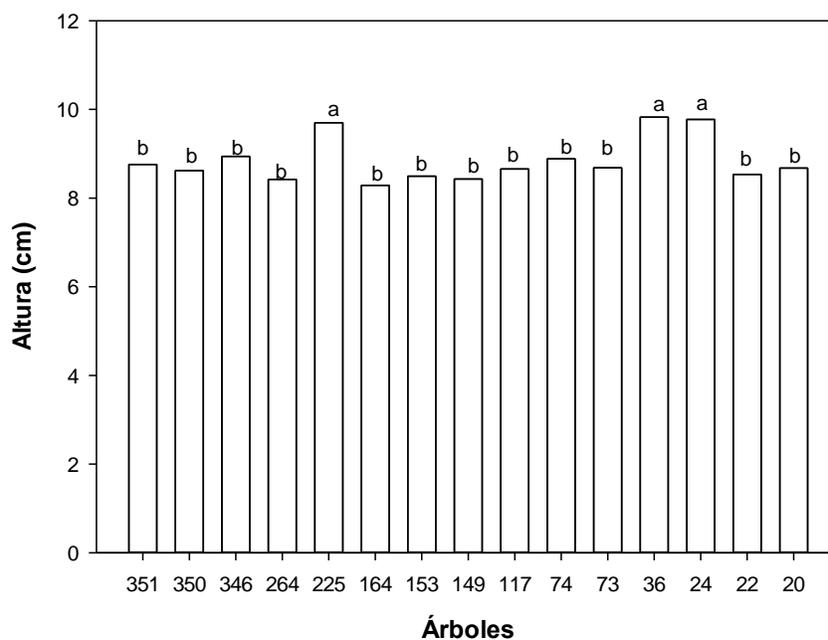


Figura 17. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de *Pinus cembroides* en el mes de julio.

### 5.4.3. Agosto

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 20).

Cuadro 20. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de *Pinus cembroides* medida en agosto.

Fuente de variación	de Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	4.472	4.887	0.000
Error	135	0.915		
Total	149			

La prueba de medias de Duncan divide en tres grupos (cuadro 21), el primer grupo con un valor promedio de 12.77 cm, el segundo grupo con un valor promedio de 12.17 cm y el tercer grupo con un valor promedio de 11.29 cm.

Cuadro 21. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05		
	3	2	1
164	10.8750		
149	10.9180		
73	10.9940		
351	11.2160		
153	11.2300		
22	11.2890		
350	11.2940		
346	11.3800		
264	11.4260		
74	11.4630		
117	11.5990		
20	11.8470	11.8470	
36		12.4950	12.4950
225			12.8950
24			12.9390
Sig.	0.061	0.132	0.332

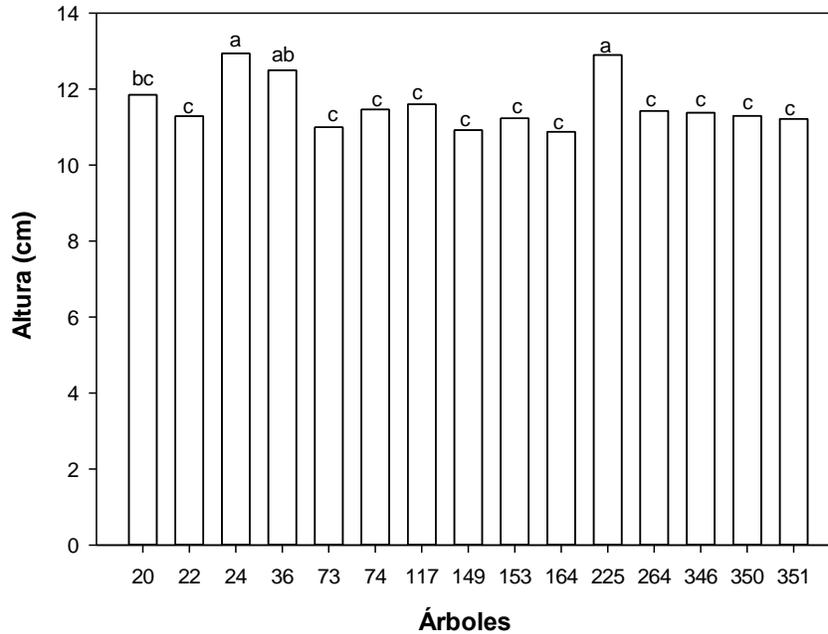


Figura 18. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de *Pinus cembroides* en el mes de agosto.

#### 5.4.4. Septiembre

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre árboles en diámetro (cuadro 22).

Cuadro 22. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de *Pinus cembroides* medida en septiembre.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	11.425	4.167	0.000
Error		135	2.741		
Total		149			

La prueba de medias de Duncan divide en dos grupos (cuadro 23), el primer grupo con un valor promedio de 16.07 cm y el segundo grupo con un valor promedio de 13.62 cm.

Cuadro 23. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05	
	2	1
164	12.8300	
153	13.3650	
73	13.4040	
117	13.4047	
351	13.5050	
264	13.6557	
74	13.6650	
149	13.7900	
22	13.8420	
350	13.8730	
346	13.9270	
20	14.2320	
36		15.7920
225		16.1885
24		16.2565
Sig.	0.122	0.559

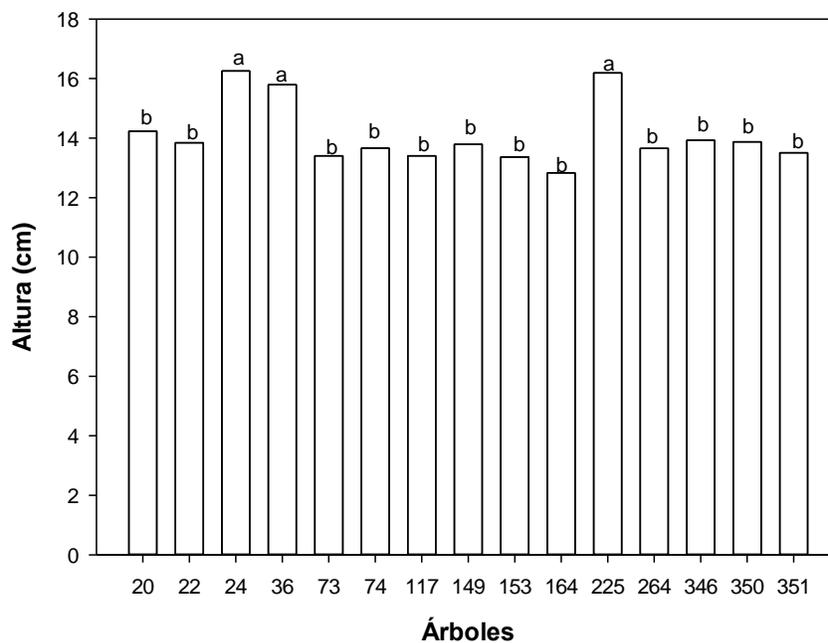


Figura 19. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de *Pinus cembroides* en el mes de septiembre.

### 5.4.5. Octubre

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 24).

Cuadro 24. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de *Pinus cembroides* medida en octubre.

Fuente de variación	de Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	13.606	4.745	0.000
Error	135	2.867		
Total	149			

La prueba de medias de Duncan divide en cuatro grupos (cuadro 25), el primer grupo con un valor promedio de 17.87 cm, el segundo grupo con un valor promedio de 17.30 cm, el tercer grupo con un valor promedio de 15.45 cm y el cuarto grupo con valor promedio de 15.21 cm

Cuadro 25. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05			
	4	3	2	1
164	14.6050			
73	14.6720			
351	14.7417	14.7417		
117	14.9933	14.9933		
264	15.2347	15.2347		
346	15.3865	15.3865		
149	15.4000	15.4000		
350	15.5510	15.5510		
22	15.5690	15.5690		
153	15.5765	15.5765		
74	15.6345	15.6345		
20		16.4793	16.4793	
36			17.4370	17.4370
24			18.0050	18.0050
225				18.1970
Sig.	0.268	0.055	0.058	0.349

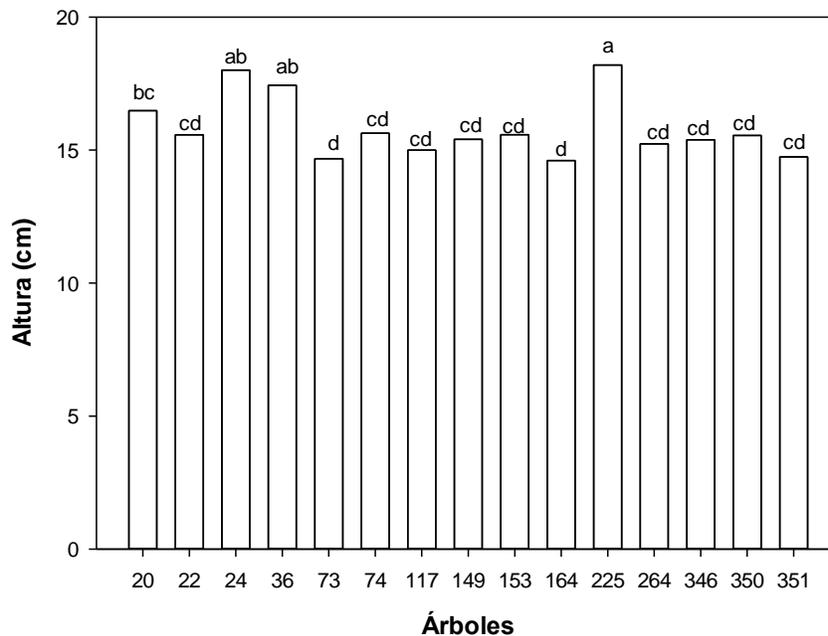


Figura 20. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de *Pinus cembroides* en el mes de octubre.

#### 5.4.6. Noviembre

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 26).

Cuadro 26. Tabla del análisis de varianza de la altura de las plántulas de *Pinus cembroides* medidas en noviembre.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	21.288	5.656	0.000
Error		135	3.764		
Total		149			

La prueba de medias de Duncan divide en cuatro grupos (cuadro 27), el primer grupo con un valor promedio de 19.51 cm, el segundo grupo con un valor promedio de 17.40 cm, el tercer grupo con un valor promedio de 16.66 cm y el cuarto grupo con valor promedio de 16.25 cm.

Cuadro 27. Pruebas de media de Duncan para la altura de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05			
	4	3	2	1
164	15.4800			
73	15.6510			
351	15.7067			
117	15.9503	15.9503		
346	16.0165	16.0165		
74	16.3745	16.3745		
264	16.5640	16.5640		
149	16.6525	16.6525		
153	16.7555	16.7555	16.7555	
22	16.8295	16.8295	16.8295	
350	16.8400	16.8400	16.8400	
20		17.9605	17.9605	
36			18.6305	18.6305
225				19.9515
24				19.9715
Sig.	0.200	0.051	0.055	0.147

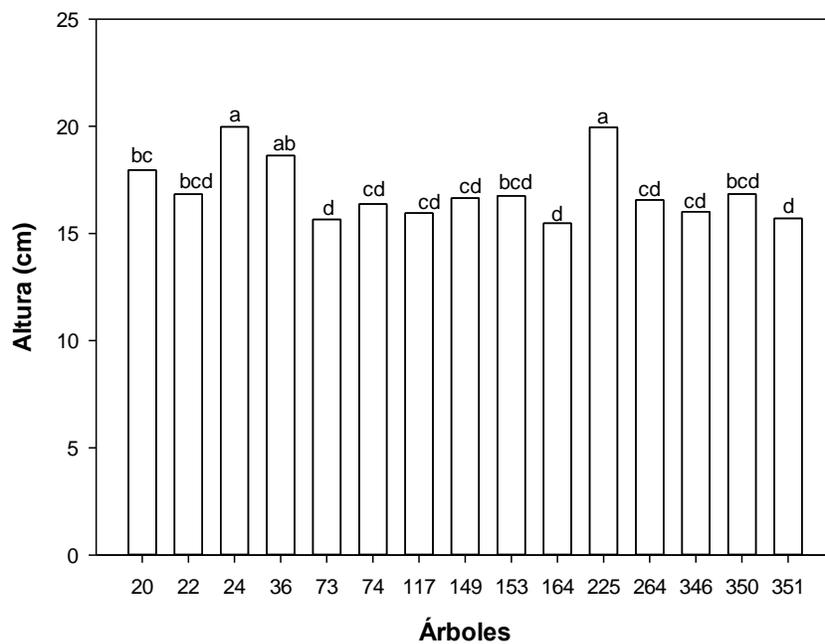


Figura 21. Gráfica de la altura promedio de las plántulas por familia de *Pinus cembroides* en el mes de noviembre.

Respecto al diámetro de las plántulas Madrid Aispuro, y otros, 2021 en su estudio “Crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. En vivero y campo producido en diferente tipo de contenedor” utilizó plántulas de *Pinus cembroides* Zucc de 14 meses de edad, reporta los resultados en altura promedio fue de 17.46 cm con una tasa de crecimiento de 1.247 por mes. Nuestras plantas a los seis meses de edad tuvieron una altura promedio de 17.04 cm con una tasa de crecimiento de 2.84 por mes, suponemos que el hecho de que se duplique la tasa de crecimiento en nuestras plantas es debido al efecto del fertilizante ya que nosotros aplicamos hidrosoluble (ultrasol 20-10-10) aplicando directamente con una dosis de 3g/litro, aplicando 20 ml a cada planta, mientras que Madrid utilizó fertilizante de liberación controlada Multicote 8® 18- 6-12 de N-P-K. Mientras que Sánchez, 2001 en su estudio “Evaluación del efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm. bajo condiciones de invernadero” realizó mediciones de su experimento a los 150 días (5 meses) y 250 días (8.3 meses), para los 150 días su mejor valor promedio en altura fue de 10.5 cm con una tasa de crecimiento de 2.1. A los 250 días el mejor valor promedio fue de 14 cm con una tasa de crecimiento de 1.68. Méndez, 1998, en su estudio “Sustratos y polímeros en la producción de planta de *Pinus cembroides* Zucc. Bajo condiciones de invernadero” realizó 16 diferentes tratamientos a los cuales les realizó una medición en altura a los cuatro meses de edad, obteniendo resultados de 10.90 cm promedio, teniendo una tasa de 2.72. Por su parte Cruz, 2018 en su estudio “Inoculación de *Pinus cembroides* Zucc. Con un hongo ectomicorrizico comestible y una bacteria auxiliadora de la micorrización en dos sustratos” presenta un resultado promedio en altura a los 9 meses de edad de 4.43 cm con una tasa de .49. Rojas, 2008 en su estudio “Producción de *Pinus greggii* y *Pinus cembroides* con *Pisolithus tinctorius* y su relación con la calidad” utilizó semillas de *Pinus greggii* y *Pinus cembroides* de las cuales a los nueve meses después de su germinación realizó una evaluación de altura en la cual para los tratamientos con tubete, el de tubete sin micorriza obtuvo 8.85 cm con una tasa de crecimiento de .98 y el tubete con micorriza obtuvo 8.96 con una tasa de crecimiento de .99. Para el tratamiento con bolsa, la bolsa sin micorriza obtuvo 12.75 cm con una tasa de crecimiento de 1.41 y la bolsa con micorriza obtuvo 12.84 cm con una tasa de crecimiento de 1.42.

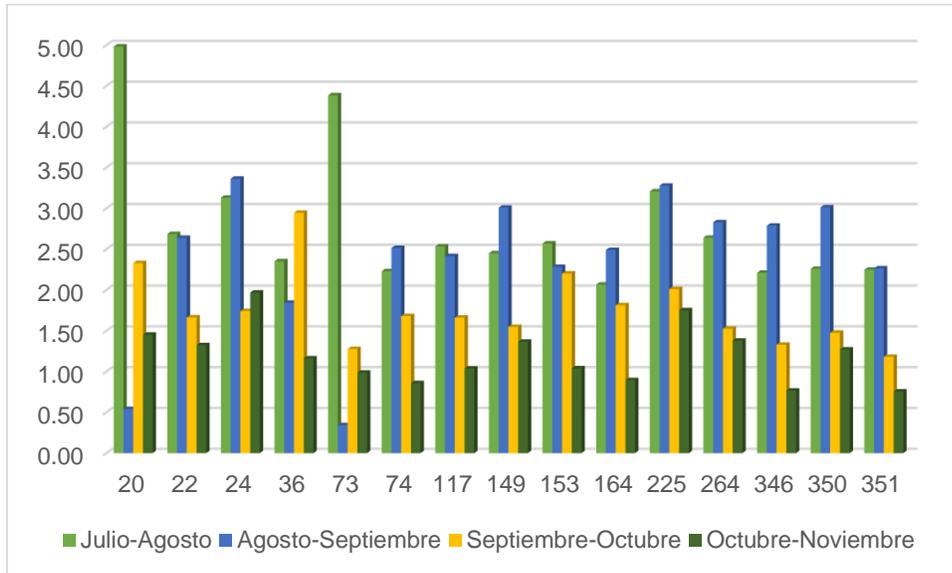


Figura 22. Crecimiento mensual promedio de la altura de las plántulas de quince familias de *Pinus cembroides*.

### 5.5. Índice de calidad de planta

Para saber si la calidad de planta fue baja, media o alta, los valores obtenidos de diámetro y altura fueron comparados con los indicadores morfológicos de calidad de planta en vivero que se mencionan en la Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2016); para IE, IPB y ICD con los intervalos citados por Rodríguez-Ortiz et al. (2020).

La edad que se maneja en los indicadores es de 10 meses a 18 meses de crecimiento en vivero (Cuadro 28 y 29).

Cuadro 28. Valores e intervalos de indicadores morfológicos de calidad de planta para *Pinus cembroides*.

Especie	Diámetro		
	Baja	Media	Alta
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.			≥4
	Altura		
	Baja	Media	Alta
		15	25
	Índice de esbeltez		
	Baja	Media	Alta
		≥8.0	8.0 a 6.0 <6.0
	Índice de proporcionalidad Biométrica		
	Baja	Media	Alta
		>2.5	2.5 a 2.0 <2.0
	Índice de calidad de Dickson		
	Baja	Media	Alta
		<.02	.02 a .05 >.05

B=Plantas que presentan dos o más valores de calidad B tendrán baja supervivencia y limitado desarrollo en los sitios de plantación; M = Acepta hasta tres valores de calidad M y una variable con calificación de calidad B; A = Son plantas con poca o nula presencia de características indeseables, y que puede aceptar hasta dos valores con calidad M, pero en ningún caso valores con calidad B (Rodríguez-Ortiz et al., 2020); Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2016); Intervalos de calidad (Rodríguez-Ortiz et al., 2020).

Cuadro 29. Valores promedio de calidad de planta de *Pinus cembroides* producida en el vivero forestal.

Especie	Diámetro	Altura	Índice de esbeltez	Índice de calidad de Dickson	Índice de proporcionalidad biométrica
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	4.21 mm	25.75 cm	6.24	0.42	3.39

### 5.5.1. Diámetro

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre árboles en diámetro (cuadro 30). La prueba de medias de Duncan divide en cuatro grupos (cuadro 31), el primer grupo con un valor promedio de 4.44 mm, el segundo grupo con un valor promedio de 4.22 mm, el tercer grupo con un valor promedio de 4 mm y el cuarto grupo con valor promedio de 3.88 mm

Cuadro 30. Tabla del análisis del diámetro evaluado en la calidad de plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	0.284	4.449	0.000
Error		30	0.064		
Total		44			

Cuadro 31. Pruebas de media de Duncan para el diámetro evaluado en la calidad de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05			
	4	3	2	1
225	3.6100			
350	3.7200	3.7200		
149	3.9933	3.9933	3.9933	
351	4.0267	4.0267	4.0267	
153	4.0600	4.0600	4.0600	
264		4.1067	4.1067	
20		4.1233	4.1233	
164			4.2467	4.2467
73			4.2500	4.2500
24			4.3667	4.3667
36			4.4233	4.4233
346			4.4500	4.4500
22			4.4700	4.4700
117				4.6267
74				4.6933
Sig.	0.059	0.094	0.059	0.070

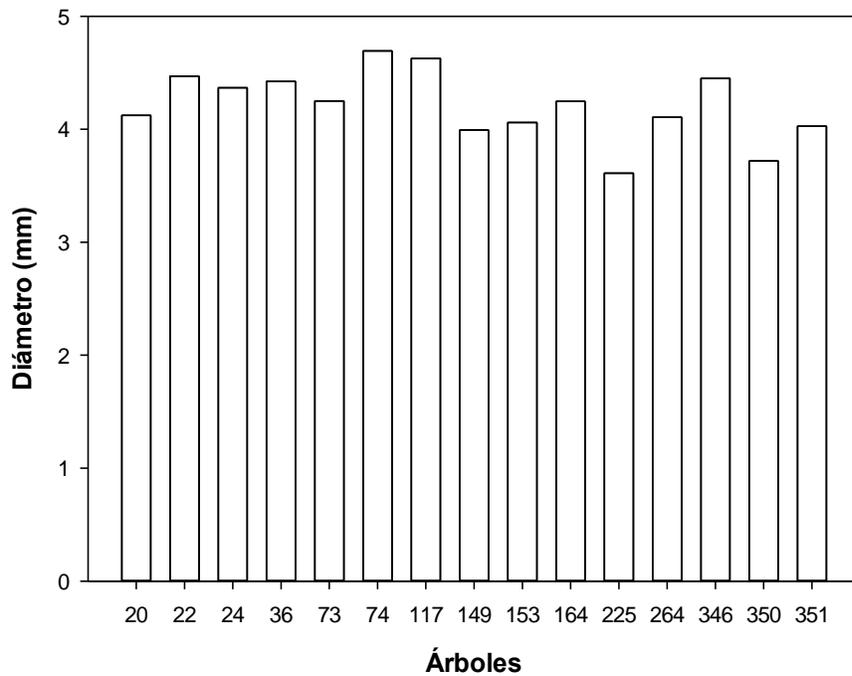


Figura 22. Diámetro evaluado en la calidad de planta de *Pinus cembroides*.

Respecto a la calidad de planta en el diámetro de las plántulas Pineda Ojeda y otros, 2020 en su artículo “Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno” utilizó plántulas de *Pinus cembroides* Zucc de 15 meses de edad, reporta los resultados en diámetro fueron de 4.6 mm con una tasa de crecimiento de .30 mm por mes. Nuestras plantas a los siete meses de edad tuvieron un diámetro promedio de 4.21 mm con una tasa de crecimiento de .60 mm por mes, suponemos que el hecho de que se duplique la tasa de crecimiento en nuestras plantas es debido al efecto del fertilizante ya que nosotros aplicamos hidrosoluble (ultrasol 20-10-10) aplicando directamente con una dosis de 3g/litro, aplicando 20 ml a cada planta, mientras que Pineda no utilizó ningún fertilizante. Madrid Aispuro y otros, 2020, en su artículo “Crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero en diversos sustratos y fertilizante” ocupó plantas de 14 meses de edad presentando el valor más alto en diámetro de 3.82 mm con una tasa de crecimiento de 0.27, a diferencia de nuestras plantas que presentan 0.60 por mes, creemos que la diferencia se da por la genética de las plantas, puesto que se utilizaron sustratos y fertilizante en ambos experimentos. Por otra parte González Avalos y otros, 2005 en su estudio “Variación morfológica e índices de calidad de plantas de *Pinus cembroides* var, *cembroides* Zucc.” presentó que a los 8 meses de edad el

diámetro más alto fue de 2.98 mm con una tasa de crecimiento de 0.37 y a los 11 meses el valor más alto fue de 3.49 mm con una tasa de crecimiento de 0.31, se piensa que la diferencia entre las tasas de crecimiento se debe a la aplicación de los fertilizantes, en el experimento de González se utilizó fertilizante osmocote de lenta liberación 18-06-12 en una dosis de 3.5 kg/m<sup>3</sup> de sustrato mientras que en nuestro experimento la aplicación del fertilizante fue directo. Rodríguez Ortiz, y otros, 2020 en su estudio “Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrabus* Lindl. var. Oaxacana del sur de México” reporta los siguientes resultados en diámetro con plántulas de siete meses de edad, germinadas en charolas de 53 cavidades, aplicando 7 kg de osmocote 14-14-14 en el sustrato. El valor promedio obtenido en diámetro es de 4.4 mm con una tasa de crecimiento de 0.62.

Vicente Arbona y otros, 2019 en su estudio “Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín” realizó un estudio en vivero separando por tratamientos con diferentes tipos de sustratos y dosis de fertilización lenta. La evaluación se realizó a los 10 meses de crecimiento en vivero, presenta resultados de 5.14 mm promedio con una tasa de crecimiento de 0.514.

Sáenz Reyes y otros, 2014, en su estudio “Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán” utilizó *P. Pseudostrobus* Lindl. *P. Michoacana* Martínez y *P. greggi* Engelm ex Parl. Con edad de nueve meses, para *P. Pseudostrobus* Lindl obtuvo 3.77 mm promedio con una tasa de crecimiento de .41, para *P. Michoacana* Martínez consiguió 7.1 mm promedio con una tasa de crecimiento de .78 y para *P. greggi* Engelm el resultado fue de 3.62 mm promedio con una tasa de crecimiento de .40.

### **5.5.2. Altura**

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 32). La prueba de medias de Duncan divide en cinco grupos (cuadro 33), el primer grupo con un valor promedio de 28.67 cm, el segundo grupo con un valor promedio de 26.71 cm, el tercer grupo con un valor promedio de 25.61 cm, el cuarto grupo con valor promedio de 24.57 cm y el quinto grupo con un valor promedio de 23.57 cm.

Cuadro 32. Tabla del análisis de la altura evaluada en la calidad de plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	0.284	4.449	0.000
Error		30	0.064		
Total		44			

Cuadro 33. Pruebas de media de Duncan para la altura evaluada en la calidad de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05				
	5	4	3	2	1
351	21.8133				
22	23.1567	23.1567			
164	23.2567	23.2567			
117	24.1000	24.1000			
149	24.4667	24.4667			
73	24.6300	24.6300	24.6300		
346		25.1433	25.1433		
264		25.2200	25.2200		
153		25.5200	25.5200	25.5200	
74		25.7100	25.7100	25.7100	
350			27.4567	27.4567	27.4567
36				28.1767	28.1767
20					28.8233
225					28.8767
24					30.0467
Sig.	0.054	0.089	0.054	0.059	0.072

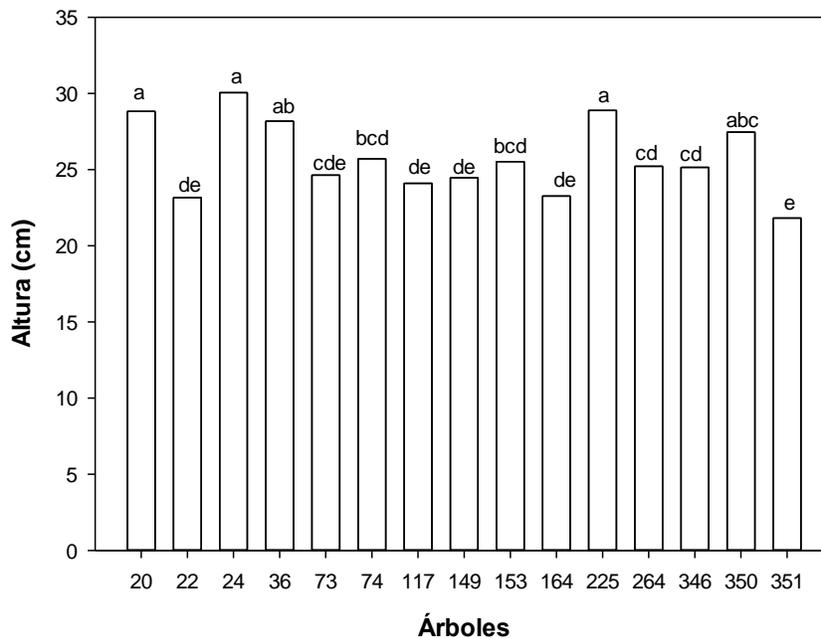


Figura 23 Altura promedio de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Respecto a la calidad de planta, Pineda Ojeda y otros (2020) en su artículo “Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno” reporta para *Pinus cembroides* de 15 meses de edad una altura promedio de 15.9 cm con una tasa de crecimiento de 1.06 mm por mes. En este estudio las plántulas a los siete meses de edad tuvieron una altura promedio de 25.76 cm con una tasa de crecimiento de 3.68 cm por mes, suponemos que el hecho de que se duplique la tasa de crecimiento en nuestras plantas es debido al efecto del fertilizante ya que se aplicó el fertilizante hidrosoluble 20-10-10 con microelementos a una dosis de 3 g/litro de agua. Madrid Aispuro y otros (2020) en su artículo “Crecimiento de *Pinus cembroides* en vivero en diversos sustratos y fertilizante” reporta el crecimiento de plántulas de 14 meses de edad en donde el valor promedio más alto en altura de 15.6 cm con una tasa de crecimiento de .1.08 cm mensual, a diferencia de nuestras plantas de seis meses de edad presentan 3.68 cm por mes, suponemos que la diferencia es a la genética de las plántulas así como a las dosis de fertilización utilizada, dado que el sustrato fue similar. González Avalos y otros (2005) reporta para plántulas de *Pinus cembroides* de 8 meses de edad una altura promedio de 7.82 cm con una tasa de crecimiento de 0.97 cm y a los 11 meses el valor más alto fue de 8.25 cm con una tasa de crecimiento de 0.75 cm, tal diferencia puede

obedecer a que se utilizó un fertilizante y una dosis distinta (fertilizante osmocote de lenta liberación 18-06-12 en una dosis de 3.5 kg/m<sup>3</sup>).

Vicente Arbona y otros, 2019 en su estudio “Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín” realizó un estudio en vivero separando por tratamientos con diferentes tipos de sustratos y dosis de fertilización lenta. La evaluación se realizó a los 10 meses de crecimiento en vivero, presenta resultados de 42.34 cm promedio con una tasa de crecimiento de 4.23.

Sáenz Reyes y otros, 2014, en su estudio “Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán” utilizó *P. Pseudostrobus* Lindl. *P. Michoacana* Martínez y *P. greggi* Engelm ex Parl. Con edad de nueve meses, para *P. Pseudostrobus* Lindl obtuvo 27.91 cm promedio con una tasa de crecimiento de 3.10, para *P. Michoacana* Martínez consiguió 8.65 cm promedio con una tasa de crecimiento de .96 y para *P. greggi* Engelm el resultado fue de 36.59 cm promedio con una tasa de crecimiento de 4.06

### 5.5.3. Índice de calidad de Dickson

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 34). La prueba de medias de Duncan divide en seis grupos (cuadro 35), el primer grupo con un valor promedio de 0.48, el segundo grupo con un valor promedio de 0.46, el tercer grupo con un valor promedio de 0.43, el cuarto grupo con valor promedio de 0.39, el quinto grupo con un valor promedio de 0.37 y el sexto con un valor promedio de 0.36

Cuadro 34. Tabla del índice de calidad de Dickson evaluada en la calidad de plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	0.015	4.449	0.000
Error		30	0.064		
Total		44			

Cuadro 35. Pruebas de media de Duncan para el índice de calidad de Dickson evaluado en la calidad de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05					
	6	5	4	3	2	1
225	0.3100					
350	0.3233	0.3233				
153	0.3667	0.3667	0.3667			
20	0.3700	0.3700	0.3700			
24	0.3767	0.3767	0.3767			
164	0.3900	0.3900	0.3900	0.3900		
351	0.3967	0.3967	0.3967	0.3967		
22		0.4133	0.4133	0.4133	0.4133	
36			0.4400	0.4400	0.4400	0.4400
73			0.4400	0.4400	0.4400	0.4400
264				0.4833	0.4833	0.4833
149				0.4867	0.4867	0.4867
346					0.5100	0.5100
74						0.5267
117						0.5367
Sig.	0.093	0.081	0.157	0.062	0.058	0.062

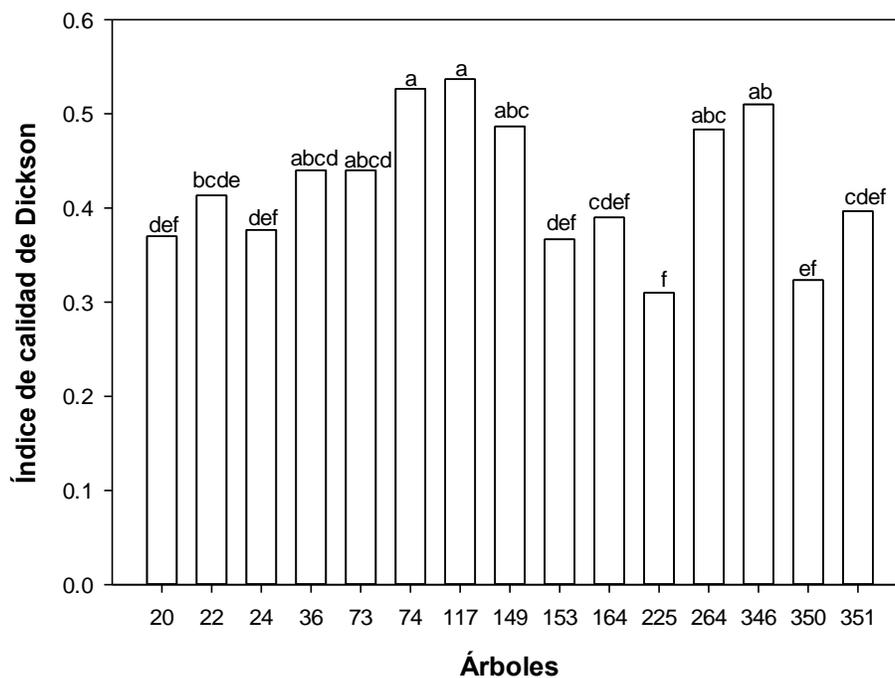


Figura 24 Índice de calidad de Dickson de las plántulas de *Pinus cembroides*.

En relación al índice de calidad de Dickson, Pineda Ojeda y otros, 2020 en su artículo “Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno” utilizó plántulas de *Pinus cembroides* Zucc de 15 meses de edad para el índice de calidad de Dickson obtuvo un resultado promedio de 1.1 podemos decir que es adecuado ya que en los indicadores del cuadro 41 nos dice que mayor a 0.05 es adecuado. Nuestro resultado va de calidad media casi alta debido a que el valor obtenido 0.42 promedio que obtuvimos se encuentra en la categoría media que va de 0.2 a 0.5 (cuadro 29). Mientras que González Avalos y otros, 2005 en su estudio “Variación morfológica e índices de calidad de plantas de *Pinus cembroides* var, *cembroides* Zucc.” presenta resultados de la evaluación de calidad de planta la realizada a los 12 meses de edad de las plántulas, mencionando que hay variación respecto a las procedencias, poniendo a Durango, Guanajuato y Querétaro como las procedencias con mejores resultados. Para el índice de calidad de Dickson el valor más alto fue de 0.273 y 0.197 el más bajo, se encuentra en calidad baja comparando su resultado con el indicador que nos muestra que <0.2 es bajo (cuadro 29). Madrid Aispuro y otros, 2020 en su artículo “Crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero en diversos sustratos y fertilizante” ocupó plantas de 14 meses de edad presentando un valor promedio de 0.37 por tanto su calidad es media casi alta debido a que el valor que obtuvieron se encuentra en la categoría media que va de 0.2 a 0.5 (cuadro 29). Rodríguez Ortiz, y otros, 2020 en su estudio “Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. Oaxacana del sur de México” reporta los siguientes resultados en el índice de calidad de Dickson con plántulas de siete meses de edad, germinadas en charolas de 53 cavidades, aplicando 7 kg de osmocote 14-14-14 en el sustrato. El valor promedio obtenido es de 0.55.

Vicente Arbona y otros, 2019 en su estudio “Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín” realizó un estudio en vivero separando por tratamientos con diferentes tipos de sustratos y dosis de fertilización lenta. La evaluación se realizó a los 10 meses de crecimiento en vivero, el Índice de calidad de Dickson presentó resultados de 0.42 promedio.

Sáenz Reyes y otros, 2014, en su estudio “Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán” utilizó *P. Pseudostrobus* Lindl. *P. Michoacana* Martínez y *P. greggi* Engelm ex Parl. Con edad de nueve meses, para *P. Pseudostrobus*

Lindl obtuvo .43 promedio, para *P. Michoacana* Martínez consiguió 1.19 promedio y para *P. greggi* Engelm el resultado fue de 0.21

#### 5.5.4. Índice de robustez

El análisis de varianza nos muestra diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 36). La prueba de medias de Duncan divide en seis grupos (cuadro 37), el primer grupo con un valor promedio de 7.80, el segundo grupo con un valor promedio de 7.20, el tercer grupo con un valor promedio de 6.63, el cuarto grupo con valor promedio de 6.42, el quinto grupo con un valor promedio de 5.92 y el sexto con un valor promedio de 5.68

Cuadro 36. Tabla del índice de robustez evaluado en la calidad de plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos	14	0.205	8.158	0.000
Error	30	0.270		
Total	44			

Cuadro 37. Pruebas de media de Duncan para el índice de robustez evaluado en la calidad de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05					
	6	5	4	3	2	1
117	5.2533					
22	5.3067					
351	5.4200	5.4200				
74	5.5667	5.5667				
164	5.6633	5.6633				
346	5.6833	5.6833				
73	5.8267	5.8267				
149	6.1467	6.1467	6.1467			
264	6.2567	6.2567	6.2567	6.2567		
153		6.3700	6.3700	6.3700		
36		6.3900	6.3900	6.3900		
24			6.9700	6.9700	6.9700	
20				7.1633	7.1633	
350					7.4800	7.4800
225						8.1200
Sig.	0.050	0.058	0.092	0.064	0.266	0.142

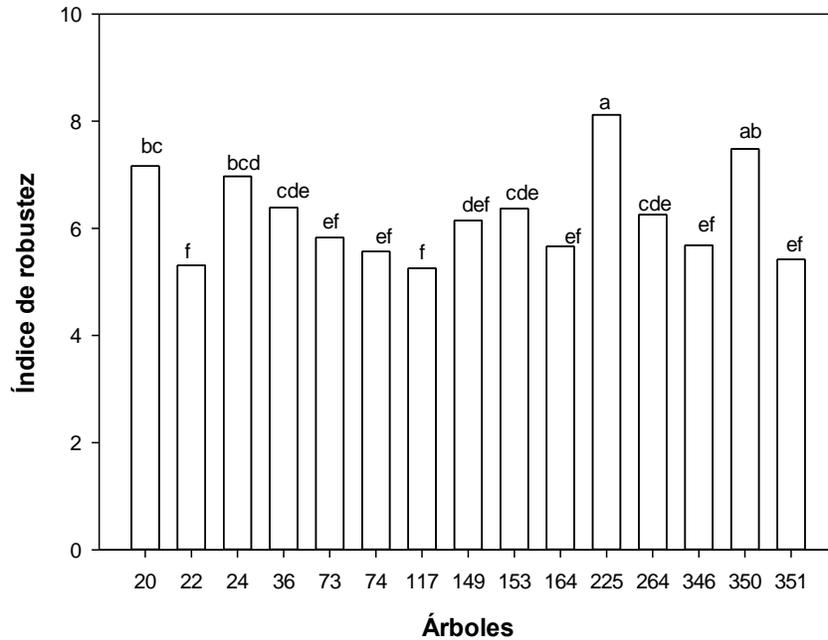


Figura 25 Índice de robustez de las plántulas de *Pinus cembroides*.

En relación al índice de robustez, Pineda Ojeda y otros, 2020 en su artículo “Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno” utilizó plántulas de *Pinus cembroides* Zucc de 15 meses de edad, su índice de esbeltez fue de 3.5 promedio, Para nosotros el índice de esbeltez nos da 6.24 en promedio, por tanto, determinamos que es un valor alto en la planta de calidad tomando en cuenta los valores manejados en el cuadro 41, creemos que nuestras plantas tienen mejor resultado debido a la aplicación del fertilizante y a la genética.

Mientras que González Avalos y otros, 2005 en su estudio “Variación morfológica e índices de calidad de plantas de *Pinus cembroides* var, *cembroides* Zucc.” presenta resultados de la evaluación de calidad de planta la realizada a los 12 meses de edad de las plántulas, mencionando que hay variación respecto a las procedencias, poniendo a Durango, Guanajuato y Querétaro como las procedencias con mejores resultados.

Para el índice de robustez el valor más alto es de 3.02 y el mínimo es de 2.40, son resultados que indican un valor alto respecto al cuadro 41.

Rodríguez Ortiz, y otros, 2020 en su estudio “Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. Oaxacana del sur de México” reporta los siguientes resultados en el índice de robustez con plántulas de siete meses de edad, germinadas

en charolas de 53 cavidades, aplicando 7 kg de osmocote 14-14-14 en el sustrato. El valor promedio obtenido es de 5.85.

Vicente Arbona y otros, 2019 en su estudio “Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín” realizó un estudio en vivero separando por tratamientos con diferentes tipos de sustratos y dosis de fertilización lenta. La evaluación se realizó a los 10 meses de crecimiento en vivero, el Índice de esbeltez presento resultados de 9.35 promedio.

Sáenz Reyes y otros, 2014, en su estudio “Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán” utilizó *P. Pseudostrobus* Lindl. *P. Michoacana* Martínez y *P. greggi* Engelm ex Parl. Con edad de nueve meses, para *P. Pseudostrobus* Lindl obtuvo 7.55 promedio, para *P. Michoacana* Martínez consiguio 12.18 promedio y para *P. greggi* Engelm el resultado fue de 10.39 promedio.

### 5.5.5. Índice de lignificación

El análisis de varianza no muestra diferencia estadística significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre árboles en diámetro (cuadro 38).

Cuadro 38. Tabla del índice de lignificación evaluado en la calidad de plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	Significancia
Tratamientos		14	0.002	1.143	0.364
Error		30	0.001		
Total		44			

Rodríguez Ortiz, y otros, 2020 en su estudio “Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. Oaxacana del sur de México” reporta los siguientes resultados en el índice de lignificación con plántulas de siete meses de edad, germinadas en charolas de 53 cavidades, aplicando 7 kg de osmocote 14-14-14 en el sustrato. El valor promedio obtenido es de 32.9.

### 5.5.6. Índice de proporcionalidad biométrica

El análisis de varianza no muestra diferencia estadística significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre plantas en diámetro (cuadro 39). La prueba de medias de Duncan divide en cuatro grupos (cuadro 40), el primer grupo con un valor promedio de 3.66, el segundo grupo con un valor promedio de 3.55, el tercer grupo con un valor promedio de 3.34 y el cuarto grupo con un valor promedio de 2.91.

Cuadro 39. Tabla del índice de proporcionalidad biométrica evaluado en la calidad de plántulas de *Pinus cembroides*.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrado medio	Significancia
Tratamientos		14	0.284	0.000
Error		30	0.064	
Total		44		

Cuadro 40. Pruebas de media de Duncan para el índice de proporcionalidad biométrica evaluado en la calidad de las plántulas de *Pinus cembroides*.

Árbol	Subconjunto para alfa = .05			
	4	3	2	1
149.00	2.2567			
264.00	2.8867	2.8867		
74.00	2.9067	2.9067		
73.00	2.9567	2.9567		
24.00	3.2100	3.2100	3.2100	
20.00	3.2933	3.2933	3.2933	3.2933
117.00		3.3300	3.3300	3.3300
351.00		3.3367	3.3367	3.3367
22.00		3.4467	3.4467	3.4467
153.00		3.5467	3.5467	3.5467
346.00		3.6533	3.6533	3.6533
164.00		3.7600	3.7600	3.7600
350.00		3.8067	3.8067	3.8067
36.00			4.1667	4.1667
225.00				4.3433
<b>Sig.</b>	<b>0.052</b>	<b>0.097</b>	<b>0.083</b>	<b>0.057</b>

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

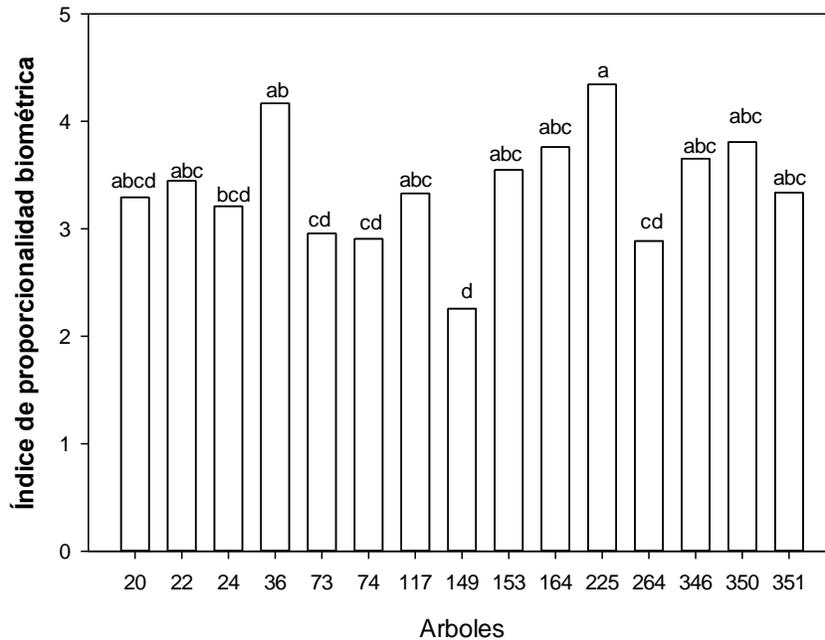


Figura 26. Índice de proporcionalidad biométrica de las plántulas de *Pinus cembroides*.

En relación al índice de proporcionalidad biométrica, Pineda Ojeda y otros, 2020 en su artículo “Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno” utilizó plántulas de *Pinus cembroides* Zucc de 15 meses de edad, para el índice de proporcionalidad biométrica obtuvo 1.5 promedio, basándonos en el cuadro 41 es un indicador alto, en nuestro Índice de proporcionalidad Biométrica obtuvimos resultados de baja ya que comparando con nuestros valores del cuadro 41 pudimos notar que está en un indicador bajo con un valor promedio de 3.39. Mientras que González Avalos y otros, 2005 en su estudio “Variación morfológica e índices de calidad de plantas de *Pinus cembroides* var, *cembroides* Zucc.” presenta resultados de la evaluación de calidad de planta la realizada a los 12 meses de edad de las plántulas, mencionando que hay variación respecto a las procedencias, poniendo a Durango, Guanajuato y Querétaro como las procedencias con mejores resultados. La relación tallo/raíz (índice de proporcionalidad biométrica) 1.39 el valor más alto y 1.09 el valor más bajo, son resultados buenos basándonos en el cuadro 41.

Rodríguez Ortiz, y otros, 2020 en su estudio “Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. Oaxacana del sur de México” reporta los siguientes resultados en el índice de proporcionalidad biométrica con plántulas de siete meses de

edad, germinadas en charolas de 53 cavidades, aplicando 7 kg de osmocote 14-14-14 en el sustrato. El valor promedio obtenido es de 2.62.

Vicente Arbona y otros, 2019 en su estudio “Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín” realizó un estudio en vivero separando por tratamientos con diferentes tipos de sustratos y dosis de fertilización lenta. La evaluación se realizó a los 10 meses de crecimiento en vivero, el Índice de proporcionalidad biométrica presentó resultados de 3.22 promedio.

Sáenz Reyes y otros, 2014, en su estudio “Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán utilizó *P. Pseudostrobus* Lindl. *P. Michoacana* Martínez y *P. greggi* Engelm ex Parl. con edad de nueve meses, para *P. Pseudostrobus* Lindl obtuvo 2.91 promedio, para *P. Michoacana* Martínez consiguió 0.4 promedio y para *P. greggi* el resultado fue de 3.9 promedio.

Los resultados nos muestran que las plántulas evaluadas tienen potencial para establecerse en campo, debido a que los resultados del diámetro significan sistemas radicales con buen desarrollo, mayor resistencia a daños físicos y a las altas temperaturas (Mexal y Landis, 1990; Birchler *et al.*, 1998; Muñoz *et al.*, 2015)

## VII. CONCLUSIONES

Las familias que presentaron plántulas con los cotiledones con mayor longitud fueron el 36, 74, 164. Mientras que no hubo diferencia estadística entre familias para el número de cotiledones.

Las familias que obtuvieron el mayor diámetro promedio fueron para junio la 20, 22, 36, 73, 164, 346 y 350; para julio la 24, 36, 164 y 225; para agosto la 20, 22, 24, 36, 73, 164 y 351; para septiembre la 20, 22, 36 y 73; en octubre la 20, 22, 36 y 73 y para noviembre la familia 22 y 36. Lo que indica que el diámetro en los primeros meses de crecimiento es similar entre las familias con promedios superiores, después de seis meses de edad las familias 22 y 36 mostraron tener mejores condiciones genéticas para el incremento.

Respecto de la altura de las plántulas las familias con mayor altura media fueron la 24 y 225; en julio la 24, 36 y 225; para agosto la 24, 36 y 225; para septiembre la 24, 36 y 225; en octubre la 20, 24, 36 y 225; para noviembre la familia 24, 36 y 225. Parece ser que en el caso de la altura de las plántulas la mejor genética de las familias se presenta desde los primeros meses.

Al respecto de la calidad de planta utilizando el índice de Dickson las familias con mayores promedios fueron la 36, 73, 74, 117, 149, 264 y 346; en cuanto a la robustez las familias 225 y 350 fueron las mejores; en lo referente a lignificación y proporcionalidad biométrica no existe diferencia estadística entre familias.

Es necesario realizar una plantación con todas las familias para correlacionar los índices de calidad evaluados con la sobrevivencia y crecimiento en campo, para poder determinar cuál es el mejor índice de calidad para la especie de *P. cembroides*.

### XIII. REFERENCIAS

- Marroquín Morales, P., Méndez González, J., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O., y Yerena Yamalle, J. (16 de Abril de 2018). Estimación de biomasa aérea en *Pinus cembroides* Zucc y *Pinus halepensis* Mill. en Saltillo, Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 94-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.172>
- Ansorena Miner, J. (1994). *Sustratos, propiedades caracterización*. Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Bello Hernández , R. (Julio de 2012). "Evaluación del crecimiento en plantas en el vivero de la universidad de la sierra de Juárez". Ixtlán de Juárez,, Oaxaca, México.
- Butrón Hernández, M. (Junio de 2011). Evaluación de esteron 47\*m y 2,4 d amina, para el control de *Tillandsia recurvata* L. en *Pinus cembroides* Zucc. en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.
- Capó Arteaga, M. (2001). *Establecimiento de plantaciones forestales, los ingredientes del éxito*. Saltillo Coahuila.
- CONABIO. (s.f.). *Pinus cembroides* Zucc. *SIRE-paquetes tecnológicos*, 1-7.
- CONAFOR. (2017). *Diagnóstico Fitosanitario del estado de Hidalgo*.
- CONAFOR, C. N. (2001). *Pinus cembroides* Zucc. paquetes tecnologicos.
- Cruz, A. J. (2018). Inoculación de *Pinus cembroides* Zucc. con un hongo ectomicorrizo comestible y una bacteria auxiliadora de la micorrización en dos sustratos. Montecillo, Texcoco, México.
- Dinorin, E. C. (2018). Variación en indicadores reproductivos, germinación y crecimiento inicial de plántulas de poblaciones de *Pinus chiapensis*. Texcoco, Montecillo, México.
- Eguiluz Piedra , T. (1978). Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género pinus en México. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques, México.
- Estructura del arbolado y regeneración de Pinus cembroides después de una infestación de Dendroctonus mexicanus y de cortas de saneamiento*. (2016). Nuevo León , México .
- FAO, O. d. (2008). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Roma.
- FAO-Unesco, M. m. (1976). *Volumen III México y América Central*. París.
- Flores Hernández , L. (2016). Condición de salud de *Pinus cembroides* Zucc. en la reforestación de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

- Flores Olvera, R. (1985). Estudio florístico-ecológico de pinus cembroides Zucc. en Nuevo León. *Memorias 1er Simposium Nacional sobre pinos piñoneros*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, México .
- García , M., y Capó A., M. (1989). Variación morfológica y fisiológica entre especies y procedencias de los pinos piñoneros Pinus cembroides Zucc., Pinus maximartinezii Rzedowski y Pinus ayacahuite Erhen. en semillas y plántulas durante el primer año de crecimiento. *En memoria del tercer Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros*, 32-47.
- González Ávalos, J. (2006). *Pinus cembroides Zucc. variación morfológica de semillas y plántulas y producción de semillas en un huerto semillero. Tesis de Doctorado Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e investigaciónn en Ciencias Agrícolas*. Montecillo, Edo. de México, México.
- González Avalos, J., Garcia Moya , E., Cetina Alcalá, V. M., Vargas Hernández, J., Trinidad Santos, A., y Romero Manzanares , A. (2005). Variación morfológica e Índice de calidad en plantas de Pinus cembroides var. cembroides Zucc. *Ciencia Forestal en México volumen 30*, 29-44.
- González Ávalos, J., García Moya, E., Vargas Hernández, J., Trinidad Santos, A., Romero Manzanares, A., y Cetina Alcalá, V. (julio-diciembre de 2006). Evaluación de la producción y análisis de conos y semillas de Pinus cembroides Zucc. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2), 133-138.
- Gutiérrez García, J. V., Rodríguez Trejo, D. A., Villanueva Morales, A., García Díaz, S., y Romo Lozano, J. (2015). Calidad del agua en la producción de Pinus cembroides Zucc. En vivero. *Agrociencia*, 205-219.
- Ilse Iturbe , A. (Junio de 2014). Cuantificación de biomasa y carbono en P. cembroides Zucc., mediante un modelo alométrico en los Lirios Arteaga, Coahuila, México. Saltillo, Coahuila, México.
- Lagos Santos, L. (2021). Establecimiento de una unidad productora de germoplasma de Pinus cembroides en el ejido Carbonero, Jacales, Huayacocotla, Veracruz. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
- Lima Rojas, L. (Mayo de 2008). Producción de Pinus greggi y Pinus cembroides con Pisolithus tinctorius y su relación con la calidad. *Tesis de licenciatura*. Tulancingo Hidalgo.
- Madrid Aispuro , R., Prieto Ruiz , J., Hernández Díaz, J., A. A., Wehenkel, C., y Chávez-Simental, J. (2021). Crecimiento de Pinus cembroides Zucc. en vivero y campo con distinto tipo de contenedor. *Fitotec. Mex*, 44(3), 435-442.
- Madrid Aispuro, R. E., Prieto Ruíz, J. Á., Aldrete, A., Hernández Díaz, J. C., Wehenkel, C., y Chávez Simental, J. A. (16 de Mayo de 2020). Crecimiento de Pinus cembroides Zucc. en vivero con distintos contenedores. *Agrociencia*, 54(4), 539-

554.

file:///C:/Users/ASUS/Documents/Tesis/Documentos/2020\_Agrociencia\_Crecim\_Pinus\_cembroides.pdf

- Méndez, C. S. (Diciembre de 1998). Sustratos y polímeros en la producción de planta de *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones de invernadero. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Meza Alvarez, H. (2006). *Estudio ecológico del bosques de piñonero (Pinus cembroides Zucc.) del municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo*. Tulancingo, Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Morales Ramírez, G. (2011). Aplicación de tres tipos de fertilizantes para promover raíces en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones de invernadero. Saltillo, Coahuila, México.
- Morales, E. d. (Septiembre de 2010). Factores que influyen en la producción de piñón de *Pinus cembroides* Zucc. Saltillo, Coahuila, México.
- Ochoa Olivas, S. (2010). *Efecto de la calidad de planta y preparación del sitio en la sobrevivencia y crecimiento de Pinus cembroides en sitios difíciles*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ortiz Badillo, R. (Junio de 2012). Estructura y diversidad del bosque de *Pinus cembroides* Zucc. de la sierra Zapalináme, Coahuila, México. Saltillo, Coahuila, México.
- Pascual, G. A. (junio de 2010). Plantación de *Pinus cembroides* Zucc. con tres tipos de planta y cuatro estructuras de preparación del terreno, en Saltillo, Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.
- Perry, J. (1991). *The Pines of Mexico and Central America*. Londres: Timber Press, Inc.
- Pineda Ojeda, T., Flores Ayala , E., y Flores , A. (2020). Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol 11.*, 166-170.
- Rodríguez Ortiz, G., Aragón Peralta, R., Enríquez del Valle, J., Hernández Hernández, A., Santiago García, W., y Campos Angeles, G. (2020). Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. *oaxacana* del sur de México. *Interciencia*, 96-101.
- Romero González, O. (2005). *Variación morfológica de conos y semillas de cinco procedencias de Pinus cembroides Zucc en Hidalgo*. Tulancingo, Hidalgo, México.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de Mexico*. México : 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sáenz Reyes, J., Muñoz Flores, H., Pérez D., C., Rueda Sánchez, A., y Hernández Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Mex. Cien.*, 99-111.

- Sánchez, P. R. (Abril de 2001). Evaluación del efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm. bajo condiciones de invernadero. Saltillo, Coahuila, México.
- Uranga, M. Á. (2006). Evaluación del crecimiento de tres especies de árboles de navidad y análisis de sus costos de producción. *Tesis de licenciatura*. Tulancingo, Hidalgo, México.
- Vallejo Maldonado, G. (1997). Asociación de variables dasonómicas a diferentes niveles de producción de conos en pino piñonero *Pinus cembroides* Zucc. en el sur de Nuevo León . *Tesis de Maestría*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Subdirección de Postgrado , Linares , Nuevo León , México .
- Vázquez Cisneros, I., Prieto Ruíz, J. A., López López, M., Wehenkel, C., Domínguez Calleros, P. A., y Muñoz Sáez, F. E. (2018). Crecimiento y supervivencia de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* bajo diferentes tratamientos de fertilización. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(2), 251-264.
- Vicente Arbona, J., Carrasco Hernández, V., Rodríguez Trejo, D., y Villanueva Morales, A. (2019). Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín. *Madera y bosques*, 1-14.