

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Aplicación de tres tipos de fertilizantes para promover raíces en plántulas de Pinus  
cembroides Zucc, bajo condiciones de invernadero

Por:

**GERARDO REY MORALES RAMÍREZ**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Aplicación de tres tipos de fertilizantes para promover raíces en plántulas de Pinus cembroides Zucc, bajo condiciones de invernadero

Por:

**GERARDO REY MORALES RAMÍREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para  
Obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Aplicación de tres tipos de fertilizantes para promover raíces en plántulas de Pinus  
cembroides Zucc, bajo condiciones de invernadero

Por:

**GERARDO REY MORALES RAMÍREZ**

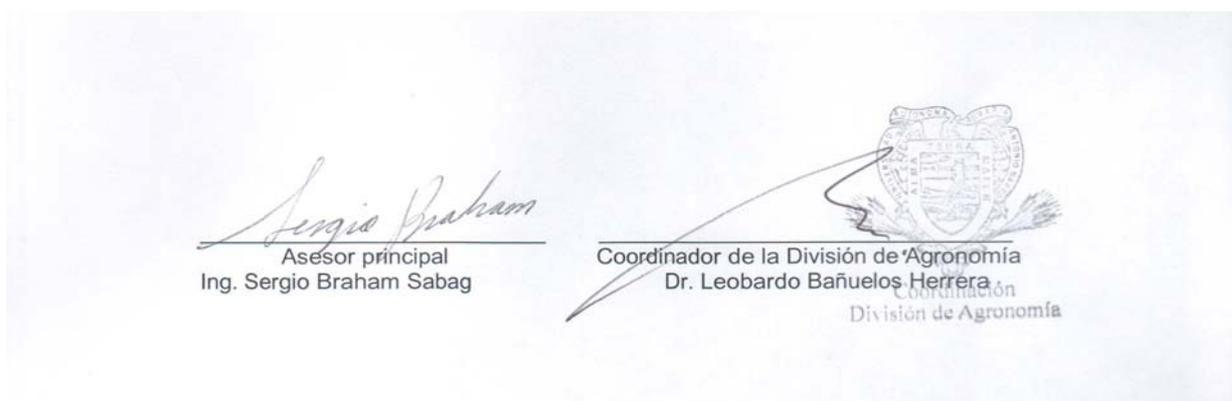
TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

Ingeniero Forestal

APROBADA:



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Aplicación de tres tipos de fertilizantes para promover raíces en plántulas de Pinus  
cembroides Zucc, bajo condiciones de invernadero

Por:

**GERARDO REY MORALES RAMÍREZ**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

APROBADA POR:



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2011.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES:

SR. ABEL MORALES PÉREZ

SRA. EUDILIA PÉREZ PÉREZ

SRA. SARA RAMÍREZ RODRÍGUEZ

Les doy las gracias por la vida, por el apoyo que día a día me brindaron, por la confianza que depositaron en mí y por el amor infinito del corazón.

A MIS HERMANOS:

MARÍN MORALES RAMÍREZ

ABEL MORALES RAMÍREZ

PATRICIA MORALES PÉREZ

ALBERTO EVELÍ MORALES PÉREZ

ÁNGEL ABEL MORALES PÉREZ

Gracias por haberme brindado su amistad, por su compañerismo, por su apoyo moral y espiritualmente.

A MI TÍA:

AMALIA MORALES MORALES

Por su cariño y cuidado que siempre me brindó, su amistad y comprensión.

## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS:

Por estar conmigo cada momento de mi vida, por brindarme la Fortaleza, la Sabiduría y la Esperanza de culminar una etapa de mi carrera. Por el Amor y la Fe que nunca desmayó hasta ahora.

### A MIS PADRES:

Por apoyar y alentarme en busca de mis propósitos, y que gracias a ellos hice posible culminar mi carrera.

Gracias a mi padre Sr. Abel Morales Pérez que siempre forjó valores y principios para mi formación y por ser un ejemplo de Amor, Esfuerzo y Fe.

### A MI ALMA MATER (UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO):

Por brindarme las facilidades y darme la oportunidad de forjarme como profesional. Y porque en ella encontré compañeros, amigos y profesores importantes en mi vida.

### ING. SERGIO BRAHAM SABAG

Gracias por hacerme posible este proyecto de culminación de mi carrera, por su amistad y apoyo en facilitar la elaboración del mismo.

### DR. MIGUEL ÁNGEL CAPÓ ARTEAGA

Gracias por todo el conocimiento compartido durante el proyecto, por la entrega en la elaboración de esta investigación, y por enseñarme de su acervo.

M.C MELCHOR GARCÍA VALDEZ

Gracias por sus aportaciones y colaboración en el presente trabajo.

A MIS AMIGOS:

A Ángel Roblero por su compañerismo y amistad, a Estela por su cariño y amor, a Ángel Pichardo, Artemio, Eriver, Zenón, Marco Antonio, Guni, José, Avidan, Ari, y Marín, gracias por brindarme su amistad y porque juntos pasamos momento felices.

A MIS COMPAÑEROS:

Gracias, muchas gracias por compartir esa amistad juntos, a Mine, Marisol, Vera, Ervin, Manuel, Edwin, Eric, Raúl, Eduardo, Ángeles, Alejandra, María de Jesús, Laura, Karen, Jairo, Juan Carlos, Fredi, Cesar, Jesús, Fidel, Osvaldo, lehovi.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma estuvieron con migo y me brindaron un gesto de amistad.

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	vi
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos e hipótesis .....	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Conceptos generales.....	3
2.1.1 Calidad de planta.....	3
2.1.1.1 Características morfológicas y fisiológicas que constituye lo que se llama calidad de planta .....	3
2.1.2 Invernadero .....	4
2.1.3 Contenedor.....	5
2.2 Aspectos generales sobre la reproducción.....	5
2.2.1 Semillas.....	5
2.2.2 Germinación .....	6
2.2.3 Emergencia .....	6
2.3 Definición de fertilizantes.....	7
2.3.1 Fertilizantes .....	7
2.3.2 Clasificación de los fertilizantes.....	7
2.3.3 Descripción de los fertilizantes químicos.....	8
2.4 Características de la especie .....	9
2.4.1 Descripción botánica .....	9
2.4.2 Descripción de la especie.....	10
2.4.3 Distribución geográfica .....	10
2.4.4 Importancia de <i>Pinus cembroides</i> .....	11
2.4.5 Ecología de la especie .....	12
3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
3.1 Descripción del área de estudio .....	12
3.1.1 Localización.....	12
3.1.2 Colecta de semilla .....	13

3.1.3 Actividades a realizar .....	13
3.1.4 Riego .....	14
3.2 Especificaciones de la metodología a emplear .....	14
3.2.1 Diseño experimental.....	14
3.2.2 Modelo estadístico.....	14
3.2.3 Descripción de los tratamientos.....	15
3.2.4 Descripción de los fertilizantes utilizados .....	15
3.2.4.1 MiyaRaiz .....	15
3.2.4.2 Magic root.....	16
3.2.4.3 Peters professional .....	16
3.2.5 Distribución de los tratamientos.....	17
3.2.6 Diseño de cada unidad experimental .....	17
3.2.7 Preparación y aplicación de la dosis de fertilización.....	17
3.2.8 Variables a evaluar .....	18
4 RESULTADOS .....	20
5 CONCLUSIONES.....	34
6 RECOMENDACIONES .....	36
7 FUENTES DE CONSULTA .....	37
8 APÉNDICES.....	39

## INDICE DE CUADROS

1. Cuadro 1. Dosis de fertilización utilizadas en el presente experimento .....	21
2. Cuadro 2. Separación de medias de la variable volumen aéreo en plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad .....	24
3. Cuadro 3. Separación de medias de la variable volumen aéreo en plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad .....	26
4. Cuadro 4. Separación de medias de la variable peso fresco de la parte aérea en plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad meses de edad.....	28
5. Cuadro 5. Separación de medias de la variable peso seco de la parte aérea en plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . En la segunda etapa de evaluación a 9 meses de edad.....	30
6. Cuadro 6. Separación de medias de la variable proporción vol. del tallo-vol. de la Raíz en plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . En la segunda etapa de evaluación a 9 meses de edad.....	32
7. Cuadro 7. Separación de medias de la variable proporción peso fresco de la parte aérea- peso fresco de la raíz en plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad. de edad. ....	33
8. Cuadro 8. Separación de medias de la variable proporción peso seco de la parte aérea- peso seco de la raíz en plántulas de <i>Pinus cembroides</i> . En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad.....	34

9. Cuadro 9. Resumen de valor de medias para todas las variables evaluadas del Presente experimento. ....	34
10. Cuadro 10. Separación de medias para todas las variables evaluadas del Presente experimento .....	36

## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Altura aérea de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc.
- Figura 2. Altura aérea de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc en la segunda etapa de evaluación.
- Figura 3. Volumen aéreo de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la primera evaluación.
- Figura 4. Volumen aéreo de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la segunda etapa de evaluación.
- Figura 5. Peso fresco aéreo de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, primera evaluación.
- Figura 6. Peso fresco aéreo de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, segunda evaluación.
- Figura 7. Peso seco aéreo de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la primera etapa de evaluación
- Figura 8. Peso seco aéreo de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la segunda etapa de evaluación
- Figura 9. Proporciones vol. Aéreo-vol. Raíz de 12 tratamientos, segunda evaluación
- Figura 10. Proporciones peso fresco aéreo-peso fresco raíz de 12 tratamientos, de *Pinus cembroides* Zucc, segunda evaluación
- Figura 11. Proporciones peso seco aéreo-peso seco raíz de 12 tratamientos de *Pinus cembroides* Zucc, en invernadero, segunda evaluación

## RESUMEN

El estudio se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), campus Saltillo. El objetivo del presente trabajo fue de encontrar un tratamiento químico para promover el desarrollo del sistema radicular en plántulas de *Pinus cembroides*. Debido a esta deficiencia se propuso aplicar un programa de fertilización que favorezca el desarrollo radicular de las plántulas y así su establecimiento en el sitio de plantación sea más eficaz. Se usó un arreglo experimental completamente al azar con doce tratamientos y tres repeticiones, 12 unidades experimentales con 720 semillas emergidas, que nos permitirá obtener un rango de mayor confiabilidad. Los fertilizantes que se utilizaron fueron MiyaRaíz, Magic root y Peters profesional. Las variables a evaluar fueron: altura, Diámetro de cuello, volumen de la raíz, volumen aéreo, peso fresco de la raíz, peso fresco de la parte aérea, peso seco de la raíz., peso seco de la parte aérea, números de meristemas radicales, longitud de puntas blancas, proporción volumen de tallo – volumen de la raíz, proporción peso fresco de la parte aérea – peso fresco de la raíz y proporción peso seco de la parte aérea – peso seco de la raíz.

Los resultados se presentan para cada variable en las dos fechas de evaluación. Se comentarán los resultados de la segunda evaluación siempre y cuando las diferencias entre tratamientos hayan sido significativas. Por lo tanto no se discutirán las variables; Diámetro, volumen de la raíz, Peso fresco de la raíz, Peso seco de la raíz, número de meristemas radicales y longitud de puntas blancas de la segunda fecha que resultaron no significativas. Esto implica que los tratamientos no influyen (en forma diferente) sobre el crecimiento y el desarrollo del sistema radicular.

La agrupación de Tukey, y en relación a las características deseables de una planta de calidad (altura, diámetro, proporción tallo-raíz, estructura de la raíz, crecimiento de la raíz). Se considera que el tratamiento 7 produjo las características morfológicas que se consideran adecuadas para que las plántulas necesiten para su buen desarrollo en regiones con escasa humedad.

## 1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, se sabe que la reforestación exitosa requiere de la provisión de plantas de calidad que garanticen el éxito de las repoblaciones (Ortega et al., 2009). El éxito de una plantación forestal depende de la calidad de las plantas, la que está definida por su comportamiento final en terreno. Este último está regulado por los atributos morfológicos y fisiológicos de las plantas y por su interacción con el ambiente en el sitio de plantación (Duryea y McClain 1984).

Theodore, Helms y Backer. 1982. Mencionan que la importancia de las raíces de los arboles con relación al crecimiento y desarrollo del individuo. No solo constituye el sostén mecánico que soporta la estructura vertical del árbol, sino que son un órgano esencial para la absorción de agua y los nutrientes del suelo.

De acuerdo Quiroz et al., 2009. Las causas de no certificación de las plantas forestales destacan entre los atributos morfológicos; de los cuales se consideran; las raíces principales intensamente enrolladas o torcidas; y raíces secundarias ausentes o seriamente amputadas.

*Pinus cembroides*, en los primeros años de vida, el sistema radicular de las plántulas no se desarrolla rápidamente en las prácticas de viveros, considerándose más bien como un sistema deficiente, por lo que la plantación definitiva no se lleva a cabo pronto. (Comunicación personal, Ing. Sergio Braham Sabag).

Debido a esta deficiencia en el desarrollo radicular inicial se propuso realizar el presente trabajo con el propósito de promover el desarrollo del sistema radicular de *Pinus cembroides* y obtener una planta ideal al área donde serán plantadas y obtener una alta probabilidad de supervivencia. Como consecuencia sería recomendable aplicar un programa de fertilización que favorezca el

desarrollo radicular de las plántulas y así su establecimiento en el sitio de plantación sea más eficaz.

## 1.1 Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue de encontrar un tratamiento químico para promover el desarrollo del sistema radicular en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc.

### 1.1.1 Objetivo específicos

Determinar cuál de los tratamientos que se aplicarán, es el que mejor promueve el desarrollo del sistema radicular en las plántulas.

## 1.2 Hipótesis

H<sub>0</sub>: No hay diferencia entre los tres tratamientos para promover el sistema radicular en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc.

H<sub>a</sub>: Al menos uno de los tratamientos promoverán el sistema radicular en las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc.

PALABRAS CLAVE: *Pinus cembroides* Zucc, Fertilizantes, calidad de planta, reproducción, Meristemas apicales.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Conceptos generales

#### 2.1.1 Calidad de planta

Duryea (1985), citado por Villar, la define como aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado y, por tanto, cumplir los objetivos establecidos en un plan de restauración. La calidad de una planta cambia en el tiempo, variando con su estado fenológico y, probablemente, con su edad (Villar, 2003).

Capó (2001), lo define como el conjunto de características morfológicas y fisiológicas de las plantas de vivero, que ayudaran a desempeñarse exitosamente en el sitio específico de plantación, mostrando la máxima sobrevivencia y un rápido crecimiento en los primeros años (periodo de establecimiento).

2.1.1.1 Características morfológicas y fisiológicas que constituyen lo que se llama calidad de plantas.

- **Altura:** una mayor altura podrá ayudar a la planta a dominar el sitio en el menor tiempo y escapar de ciertos herbívoros que prefieren la yema apical. Sin embargo una planta muy alta, sino está suficientemente lignificada, puede doblarse por la acción del viento u otros factores mecánicos. Además, si la biomasa aérea es mucho mayor que la biomasa de la raíz, se puede presentar un desequilibrio hídrico (Capó, 2001).

- Diámetro: una planta de tallo grueso esta mejor protegida contra ataques de roedores. El mayor diámetro del tallo indica también una capacidad más grande para transportar agua y nutriente por lo que una planta de tallo grueso podrá enfrentar mejor el estrés hídrico. Además, un tallo grueso y lignificado es menos susceptible a daños por altas temperaturas (Capó, 2001).
- Proporción tallo raíz: esto se refiere la proporción de biomasa de la parte aérea con respecto a la de la raíz. Una proporción mayor de tres incrementa grandemente las posibilidades de desequilibrio hídrico, y pone en serio peligro la sobrevivencia de la planta (Capó, 2001).
- Raíz-estructura: una raíz bien ramificada significa una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes por el simple hecho de que hay una mayor superficie (Capó, 2001).
- Capacidad de crecimiento de la raíz: siempre es deseable una alta capacidad de crecimiento de la raíz. Luego de plantada la plantita, para establecerse, debe desarrollar primero su parte subterránea, a fin de estar en posibilidades de absorber el agua y los nutrientes que exige el crecimiento de la parte aérea (Capó, 2001).

### 2.1.2 Invernadero

“Se entiende por invernadero todo abrigo, cierro o invernáculo de construcción alta o baja, más o menos perfecta, cuyo acondicionamiento puede ser controlado y bajo el cual se cultivan variedades hortícolas y ornamentales”. “Construcción especial en la que la cubierta y las paredes son transparentes y dejan pasar la luz, y que se emplean para cultivar plantas mediante el control del clima en el que se desarrollan”

“Construcción agrícola, cuyo objetivo es la producción sistemática y fuera de estación de productos horto-frutícolas, convirtiéndose en instrumento de trabajo

que permite controlar eficazmente los rendimientos en calidad y cantidad. (Tapia, 2009).

### 2.1.3 Contenedor

Un contenedor presenta perforaciones en la parte inferior de cada cavidad para un mejor drenaje, esto es muy importante para la germinación de la semilla, ya que le ayuda a filtrar el agua saturada y les proporciona aire a las raicillas, permitiendo así que las raíces tengan movimiento y un mejor desarrollo. Además, un buen contenedor facilita el contacto del sistema radicular con el agua, nutrientes minerales y le sirve de soporte o anclaje a la plántula. El contenedor es parte fundamental para producir una planta ideal, se debe seleccionar contenedores que estén en buenas condiciones, esto ayudara a no mermar el sustrato en el momento que se aplique el riego. (Ruano, 2003).

## 2.2 Aspectos generales sobre la reproducción

### 2.2.1 semillas de *Pinus cembroides*

Semillas desnudas, subcilíndricas, ligeramente triangulares, sin ala, de 10 mm de largo, café o negruzcas, abultadas en la parte superior y adelgazada hacia la base, (Jena y Beibl, 1832).

Al llegar a la madurez, las semillas de los pinos presentan notables diferencias en tamaño, forma y peso; textura, color y grosor de los tegumentos y la testa; color y consistencia del gametofito femenino, así como en el número y longitud de los cotiledones, entre otros.

Según Martínez (1948), la semilla del *Pinus cembroides* es como una especie de nuez, de color morena o negruzca, ovalo vagamente triangular, sin ala,

comúnmente se encuentran dos semillas en cada escama, pero en ocasiones, cuando se trata de semillas grandes (piñones) una de estas se atrofia, su tamaño alcanza hasta 15mm., o algo más, de testa o cascara leñosa más o menos gruesa, revestida hacia el interior por una capa membranosa y translúcida llamada tegme, cuya función es proteger directamente a la almendra, la que está constituida por un albumen grasoso, de color rosado o blanco y comestible.

### 2.2.2 Germinación

Martínez, (1948), menciona que de acuerdo a las condiciones de calor y humedad, la germinación se efectúa en dos o tres semanas apareciendo la raíz, cuyo eje principal se alarga rápidamente, emitiendo poco después raicillas secundarias, y el talluelo brota arrastrando la cascara, la que cae al poco tiempo, extendiéndose entonces las hojas cotiledonares. Tiempo promedio en germinar es de 17 días, (Jena y Beibl, 1832).

Sánchez y Cetina, (1989), citado por Álvarez, (1992), estudiaron el efecto de la temperatura en la velocidad y el porcentaje de germinación en *Pinus cembroides* Zucc., analizando el efecto de cinco temperaturas sobre la velocidad y porcentaje de germinación de *Pinus cembroides*, resultando que el mayor porcentaje de germinación (96.8%), se obtuvo cuando se aplicó una temperatura de 20°C reportándose también a esta temperatura la mejor velocidad de germinación, ya que esta fue de 89.4% en 13 días.

Por lo que se concluye que esta especie requiere, de las temperaturas probadas, de 20°C para obtener su mayor germinación en el menor tiempo.

### 2.2.3 Emergencia

La emergencia es la etapa en la que la planta después de haber germinado, empieza a desarrollar las hojas embrionarias o cotiledonales las cuales se alargan

y se anchan con la humedad, salen de la testa (cascara), pero el endospermo se queda adherida dando alimento a los cotiledones, por último los cotiledones se alzan del suelo por el alargamiento del hipocotilo (Chávez, 1994).

## 2.3 Definición de Fertilizante

### 2.3.1 Fertilizante

Por definición, un fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético, capaz de proporcionar a las plantas uno o más de los elementos químicos esenciales para su normal desarrollo (IFDC-UNIDO, 1998). Desde luego para justificar su comercialización, su contenido nutrimental debe ser suficiente para amortizar los costos de transporte, almacenamiento y manejo. De acuerdo con la FAO-IFA (2000), fertilizante es cualquier material natural o sintético, que contiene al menos 5% de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P, K), (Salgado y Núñez, 2010).

Para que un material que contiene alguno o algunos de los elementos esenciales sea capaz de proporcionarlos a las planta a través de las raíces o del follaje y recibir así el calificativo de fertilizante, se requiere que tales elementos se encuentren en una forma química susceptible de ser absorbida; es decir, en forma asimilable o disponible. Las formas asimilables son, desde luego, las soluciones en agua, pero también lo son las soluciones en ciertas soluciones acidas o alcalinas, (Salgado y Núñez, 2010).

### 2.3.2 Clasificación de los fertilizantes

Como es ampliamente sabido, existen dos grandes grupos de fertilizantes: los orgánicos y los inorgánicos o químicos. Entre los primeros tenemos a los de origen animal, como el estiércol, que es el abono empleado desde las épocas más remotas, y los de origen vegetal, como la composta, la turba y las leguminosas. Los fertilizantes químicos son sustancias que contienen uno o más de los

nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo, en forma concentrada y fácilmente solubles en agua. (Rueda, 1991).

Este mismo autor menciona que los nutrientes fundamentales son: nitrógeno (N), que forman parte de las proteínas; fósforo (P), que da energía a las semillas, y potasio (K), que aumenta el contenido de azúcares en los frutos y de almidones en las semillas. Según el nutriente que contienen, los fertilizantes químicos se clasifican en nitrogenados, fosfatados y potásicos. Los fertilizantes simples contienen solo uno de los nutrientes mencionados, mientras que en los complejos o fórmulas hay cuando menos dos. Los complejos NPK contienen los tres nutrientes. Por la concentración de nutrientes que contienen, los fertilizantes se clasifican como de baja y de alta concentración.

### 2.3.3 Descripción de los fertilizantes químicos

Los fertilizantes químicos, también llamados fertilizantes inorgánicos o fertilizantes minerales, son los fertilizantes naturales o sintéticos que no son de origen animal o vegetal. Por su estado físico se divide en (Salgado y Núñez, 2010).

**Sólidos.** Son generalmente los más utilizados; pueden estar en forma de polvos, cristales, gránulos o compactados.

**Ultrasolubles.** Nombre dado a fertilizantes de alta solubilidad, normalmente utilizados para fertirrigación por goteo o microaspersión.

**Líquidos.** Pueden ser simples como las soluciones nitrogenadas y el agua amoniacal, o compuestos como las soluciones o suspensiones con dos o más elementos esenciales.

**Gaseoso.** Como tal, solo se utiliza el amoníaco anhidro. En su almacenaje se mantiene en forma líquida muy fuertemente comprimido y cuando se aplica al suelo se gasifica.

Teniendo en consideración que los elementos nutritivos principales son el nitrógeno, el fósforo y el potasio, los fertilizantes se clasifican en (Engelstad, 1985, citado por Salgado y Núñez, 2010).

Simples. Cuando solo contienen un macronutriente primario, por ejemplo: urea, superfosfato triple, cloruro de potasio, etcétera.

Compuestos. Cuando en una sola molécula contienen más de uno de los macronutrientes primarios (N, P, y K), por ejemplo. Nitrato de potasio, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, etc.

Complejos. Cuando químicamente contienen dos o más macronutrientes primarios y son una mezcla de sales producto de reacciones químicas, incluyendo como materias primas roca fosfórica, ácidos sulfúrico y fosfórico, NH<sub>3</sub>, y KCl; por ejemplo: 15-15-15- y 17-17-17.

Mezclas físicas. Normalmente se elaboran a base de fertilizantes sólidos de baja concentración como sulfato de amonio, superfosfato simple y KCl, resultando como análisis tipo 10-8-4, 12-6-6, etc. En las mezclas físicas se recomienda que sus componentes tengan un tamaño de partículas semejantes para evitar segregación y una distribución no uniforme en el terreno.

## 2.4 Característica de la especie

### 2.4.1 Descripción botánica

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: Pinus

Especie: P. cembroides.

#### 2.4.2 Descripción de la especie

Árbol perennifolio, de 5 a 10 m (hasta 15 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 30 cm (hasta 70 cm). Tiene corteza *Externa* color café rojiza a casi negra, se rompe en gruesas láminas, con pequeñas escamas delgadas y fisuras profundas (CONABIO, 1832).

Copa redondeada y abierta en individuos maduros y piramidales (espaciada) en individuos jóvenes, con follaje ralo, sobre todo en sitios muy secos, de color verde oscuro algo azulado, pálido a veces amarillento. Las hojas en grupos de 2 a 3, entre 2.5 y 10 cm de longitud, cubren abundantemente las ramitas y dejan una cicatriz en éstas cuando caen. Tronco corto. Ramas ascendentes, delgadas y colocadas irregularmente en el tallo, comenzando casi siempre desde la base, (CONABIO, 1832).

Las flores masculinas son amentos cilíndricos. Conos subglobosos de 5 a 6 cm de ancho, casi sin pedúnculo, aislados o en grupos de 5, caedizos con escamas grandes gruesas y carnosas cuando están verdes y de color verde café-anaranjadas o rojizas cuando el cono madura. Semillas desnudas, subcilíndricas, ligeramente triangulares, sin ala, de 10 mm de largo, café o negruzcas, abultadas en la parte superior y adelgazada hacia la base. Sistema radical profundo. Sexualidad. Monoica. (CONABIO, 1832)

#### 2.4.3 Distribución geográfica

Rzedowsky (1978) menciona que su distribución geográfica conocida se extiende por casi todo el norte y centro del país. Entre los estados se encuentran; Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango,

Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Querétaro, Hidalgo, norte de Veracruz y Puebla (Martínez, 1948).

La altitud en que se distribuye *Pinus cembroides* es variante ya que lo podemos encontrar desde los 1 500 hasta 3 000 m como su máxima altitud; y presenta una precipitación media anual que oscila entre 350 y 700 mm. (Rzedowsky, 1978).

Otros mencionan que *Pinus cembroides* es uno de los pinos de mayor distribución en México (19 estados). Forma masas puras en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer. Las mayores poblaciones están en: Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, y Zacatecas. Altitud: 1,350 a 2,800 m. (Jena y Beibl, 1832).

#### 2.4.4 Importancia de *Pinus cembroides*

Su madera tiene poco valor comercial, se emplea como madera aserrada para construcción rural y postes, también es apreciada en la elaboración de muebles rústicos e instrumentos musicales; sin embargo, no tiene utilidad para muebles de alta calidad. También se usa como leña y carbón, y pulpa para papel. La resina se utiliza como materia prima en impermeabilizantes y como pegamento casero, también se extrae aceite de pino y alquitrán. Esta especie tiene importancia económica por su semilla (piñón), y abastece poco más del 90% de los piñones conocidos en el mercado). (CONABIO, 1832).

*Pinus cembroides* se considera importante por ser una especie resistente a la sequía. Las condiciones que influyen sobre el crecimiento del piñonero y la producción de conos son: bajas temperaturas, bajas concentraciones de Calcio y Magnesio, exposición SW y una mayor cobertura de la vegetación. Es una especie de alto potencial adaptativo, resistente a heladas, sequías y temperaturas

elevadas. En los sitios donde crece la especie la humedad es baja y media en las laderas, y buena en los valles. (CONABIO, 1832).

Los bosques de piñón son muy extensos en ambas cadenas montañosas de la parte norte del país. Conforman una vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas de la altiplanicie mexicana y las vertientes internas de las Sierras Madres Oriental y Occidental (Jena y Beibl, 1832).

#### 2.4.5 Ecología de la especie

Se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas, al pie de las montañas. En clima templado seco (Bsk) hasta templado subhúmedo (Cwb) con precipitaciones de 365 a 450 (800) mm anuales y con 7 u 8 meses secos. Temperaturas que oscilan entre 7 °C hasta 40 °C con promedios de 18 °C; alcanzando mínimas extremas de — 7 °C y máximas de 42 °C o a veces mayores. Es una especie típica de suelos pobres, secos, pedregosos o calizos, grisáceos o negros, calcáreos con alto contenido de yeso, delgados en lomeríos y aluviones en los valles de muy buen drenaje y con pH de 4 a 8, normalmente prefiere los suelos de neutros a alcalinos, (Jena y Beibl, 1832).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

##### 3.1.1 Localización

El presente trabajo se realizó en el invernadero del Departamento Forestal el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Dicha institución está ubicada en la Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Con posición de 25° 21' 5.44" de latitud

norte y 101° 01' 41.14'' de longitud oeste, a una altura aproximada de 1720 m. s. n. m.

### 3.1.2 Colecta de semilla

De acuerdo a Braham, (comunicación personal) encargado del invernadero del Departamento Forestal, menciona que las semillas utilizadas fueron recolectadas en el municipio de Mazapil, estado de Zacatecas. El área de la colecta de la semilla está conformada principalmente de pinares mezclados.

Los materiales que se utilizaron para el experimento son los que a continuación se mencionan:

1. 12 charolas de 60 cavidades
2. Semillas de *Pinus cembroides*, (720 semillas).
3. Etiquetas, marcadores, libretas y formato de datos.
4. Sistema de riego por aspersión.
5. Cubetas.
6. Vermiculita (144 l)
7. Peat moss (107 l)
8. Perlita (100 l)

### 3.1.3 Actividades a realizar

La siembra se realizó el 14 de agosto de 2010, la porción de sustrato para cubrir las semillas fue de forma homogénea para todas, se depositaron dos semillas por cada cavidad en el contenedor. El sustrato estaba compuesto de: peat moss, perlita y vermiculita. Esta siembra contiene en total 12 charolas y cada una de ellas contiene 60 cavidades, por lo que nos permite tener un total de 720 semillas sembradas.

### 3.1.4 Riego

El riego se aplicó durante todo el tiempo que duró el experimento, se comenzó a aplicar en el momento que se realizó la siembra y posteriormente cada tercer día hasta el momento de la evaluación.

## 3.2 Especificaciones de la metodología empleada

### 3.2.1 Diseño experimental

Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar el cual se constituyó de doce tratamientos, y tres repeticiones.

### 3.2.2 Modelo estadístico

El modelo estadístico empleado es el siguiente:

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

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, t$  (número de tratamientos)

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, r$  (número de repeticiones)

Dónde:

$Y_{ij}$  = valor observado en las diferentes variables

$\mu$  = efecto de la media poblacional

$T_i$  = efecto verdadero del  $i$ -ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento, en la  $j$ -ésima repeticiones (error experimental)

### 3.2.3 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos formulados para este experimento se mencionan a continuación:

Cuadro 1. Dosis de fertilización utilizadas en el presente experimento.

TRATAMIENTOS	DOSIS	FERTILIZANTES
1	5mm/l	Miya Raíz
2	7.5mm/l	Miya Raíz
3	10mm/l	Miya Raíz
4	5g/l	Magic Root
5	7.5g/l	Magic Root
6	10g/l	Magic Root
7	5g/l	Peters professional
8	7.5g/l	Peters professional
9	10g/l	Peters professional
10	S/T	Testigo 1
11	S/T	Testigo 2
12	S/T	Testigo 3

### 3.2.4 Descripción de los fertilizantes utilizados

Los datos de la descripción se tomo de las etiquetas presentes en los envases de cada fertilizante utilizados.

#### 3.2.4.1 MiyaRaíz

MiyaRaíz es un estimulante enraizador orgánico, procedente de un extracto líquido de composta biológica de origen tropical rica en ácido fúlvicos y enriquecido con boro (B). MiyaRaíz está diseñado para promover el desarrollo de

la masa radicular y foliar en plántulas y esquejes, sus componentes son totalmente solubles en agua y puede ser aplicado en aspersiones foliares y fertirriego.

MiyaRaíz es de rápida absorción, aumenta la masa radicular favoreciendo un mejor anclaje y así una mayor absorción de nutrientes; favorece además el crecimiento de los entrenudos; características que permiten reducir el tiempo de adaptación y pérdida de plántulas por trasplante en el campo, (según datos de la etiqueta).

#### 3.2.4.2 Magic root

Magic root es un fertilizante enraizador / arrancador que provee de nutrientes y estimula el más temprano crecimiento de las raíces de las plantas en almácigo, trasplantes y en plantas de siembra directa, así como para trasplantes de otros cultivos en horticultura, fruticultura y floricultura.

Puede ser aplicado en almácigos; macetas invernaderos, viveros y en cajas de germinación, mezclándolo con el agua de riego, o bien asperjándolo sobre plantas recién establecidas. También se usa en aplicaciones dirigidas a la base de las plantas colocadas en el campo.

Magic root contiene auxinas promotoras del crecimiento de raíces, ácidos fúlvicos y una alta proporción de fósforo, elementos que interactúan dando como resultado un vigoroso desarrollo inicial o “arranque” y un rápido establecimiento de plántulas en el campo, (según datos de la etiqueta)

#### 3.2.4.3 Peters professional

Estos fertilizantes son completamente solubles en agua y contienen elementos menores en forma de quelatos que permiten una gran asimilación de estos a las plantas.

Son fabricados completamente con materiales que eliminan el problema de exceso de sales solubles. Los fertilizantes Peters tienen un grado de seguridad

muy alto que evita quemaduras de follaje. Se le agrega un tinte azul para identificarlo cuando se aplica en sistemas de inyección automática, (según datos de la etiqueta).

### 3.2.5 Distribución de los tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron a lo largo de la cama donde allí se quedaron hasta que concluyó el experimento. Estaban sorteados aleatoriamente y conteniendo cada uno de ellos con sus tres repeticiones.

### 3.2.6 Diseño de cada unidad experimental

Para este experimento se utilizaron 60 semillas de *Pinus cembroides* por cada unidad experimental, conteniendo como resultado 12 unidades experimentales con 720 semillas emergidas, que nos permitirá obtener un rango de mayor confiabilidad para los resultados esperados.

### 3.2.7 Preparación y aplicación de la dosis de fertilización

Para realizar la actividad de aplicación de fertilizantes se prepararon las dosis de fertilización expresadas en gr y ml. Los fertilizantes que se utilizaron fueron: Peters Professional, Magic root y MiyaRaíz. En el cuadro 1 se resumen las dosis de fertilización utilizadas en el presente experimento.

Las dosis se empezaron a aplicar después de 1 semana de haber germinado totalmente las plántulas, esto es, en agosto de 2010 para la primera etapa de evaluación y enero de 2011 para la segunda etapa de evaluación.

Las actividades que se realizaron consistió; a) se preparaban las dosis de fertilización a emplear. Para los fertilizantes Peters y Magic root, se pesaron en una báscula los gramos (las dosis) que se determinaron y se disolvieron en 2 litros de agua. Para MiyaRaíz se utilizó una probeta donde se midió las dosis (en ml)

necesarias y se disolvió en 2 litros de agua. b) una vez hecha la solución, se procedió a aplicar a cada plántula según el tratamiento que correspondía (ver cuadro 1).

Se aplicaron 3 veces por semana (lunes, miércoles y viernes) esto fue durante la primera y segunda etapa que duro el experimento.

### 3.2.8 Variables evaluadas

Se realizaron dos evaluaciones, la primera a los tres meses de edad de las plántulas y la segunda evaluación a los tres meses siguientes.

En cada evaluación se tomaron como muestra 3 plántulas al azar por cada unidad experimental, a cada plántula se le evaluó:

Atura: con la ayuda de una regla se midió la altura de la plántula, esto es a partir de la base del cuello hasta el ápice de la planta.

Diámetro del cuello: para la medición de esta variable se utilizó un vernier, y se evaluaron todas las plántulas correspondientes de cada tratamiento.

Volumen de la raíz: para determinar esta variable se utilizó una probeta de 10ml. Se sumergió en la probeta todo el sistema radicular y se observó el desplazamiento de agua destilada y se calculó el volumen de la raíz.

Volumen de la parte aérea: siguiendo el mismo procedimiento del cálculo de volumen de la raíz, se sumergió desde el cuello de la plántula hasta el ápice y, de acuerdo al agua desplazada se obtuvo el volumen aéreo.

Peso fresco de la raíz: se pesó en una báscula desde el cuello hasta el sistema radicular y se determinó el peso fresco.

Peso fresco de la parte aérea: se pesó en la báscula desde el cuello hasta la parte aérea y se determinó el peso fresco.

Peso seco de la raíz: para esta variable se introdujo las plántulas a una estufa de secado 50 °C en un plazo de 24 hrs. Al término se pesaron nuevamente y se determinó el peso seco de la raíz.

Peso seco de la parte aérea: se realizó el mismo procedimiento de peso seco de la raíz, después del tiempo determinado en la estufa, se pesó nuevamente para calcular el peso seco de la parte aérea.

Número de meristemas radicales: se contaron los meristemas radicales en crecimiento (puntas blancas) del sistema radicular de cada plántula.

Longitud de puntas blancas: se midió con una regla la longitud de las puntas blancas de cada plántula.

Proporción volumen de tallo-volumen de raíz: se divide el volumen de la parte aérea entre el volumen de la raíz, (programa estadístico SAS).

Proporción peso fresco aéreo-peso fresco raíz: se divide el peso fresco aéreo entre peso fresco raíz, (programa estadístico SAS).

Proporción Peso seco aéreo-peso seco raíz: se divide el peso seco aéreo entre el peso seco de la raíz, (programa estadístico SAS).

#### 4. RESULTADOS

Los resultados se presentan para cada variable en las dos fechas de evaluación. Se comentarán los resultados de la segunda evaluación siempre y cuando las diferencias entre tratamientos hayan sido significativas. Por lo tanto no se discutirán las variables; Diámetro, volumen de la raíz, Peso fresco de la raíz, Peso seco de la raíz, número de meristemas radicales y longitud de puntas blancas de la segunda fecha que resultaron no significativas. Esto implica que los tratamientos no influyen (en forma diferente) sobre el crecimiento y el desarrollo del sistema radicular.

##### A. Altura

En el análisis de varianza para esta variable, presentan valores de diferencia estadística. La prueba de Tukey nos indica que el tratamiento 7 en la segunda evaluación, es el que mayor efecto produjo en la altura con 13.90 cm, y el que tuvo menor efecto en el crecimiento de las plántulas además de ser estadísticamente diferente al 7 fue el tratamiento 3 con 7.367 cm. Los demás tratamientos presentan valores intermedios, (ver cuadro 2 y figura 2).

Cuadro 2. Resumen de separación de medias de la variable altura en las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. En la segunda etapa de evaluación a 9 meses de edad.

Tratamiento	Medias (cm)	Agrupación de Tukey
7	13.900	A
4	13.067	BA
10	12.533	BAC
12	11.713	BAC
9	11.167	BAC
6	10.900	BC
11	10.767	BC
8	10.500	BDC
5	10.267	BDC
2	7.833	EDF
1	7.667	EF
3	7.367	F

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con  $\alpha = 0.05$

4.1. Prueba de Tukey para la variable altura, que muestra los resultados en cm.

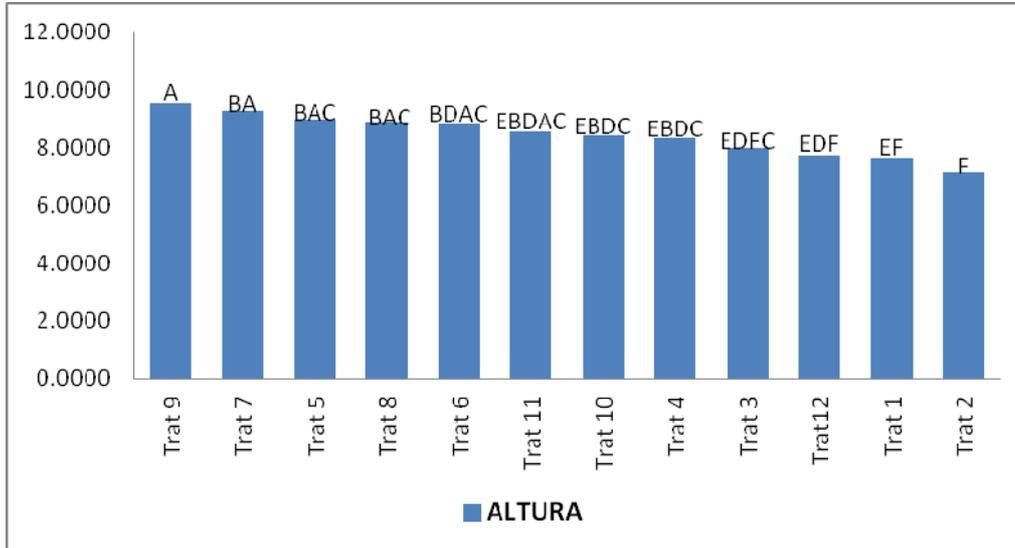


Figura 1. Altura aérea de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc en la primera etapa de evaluación.

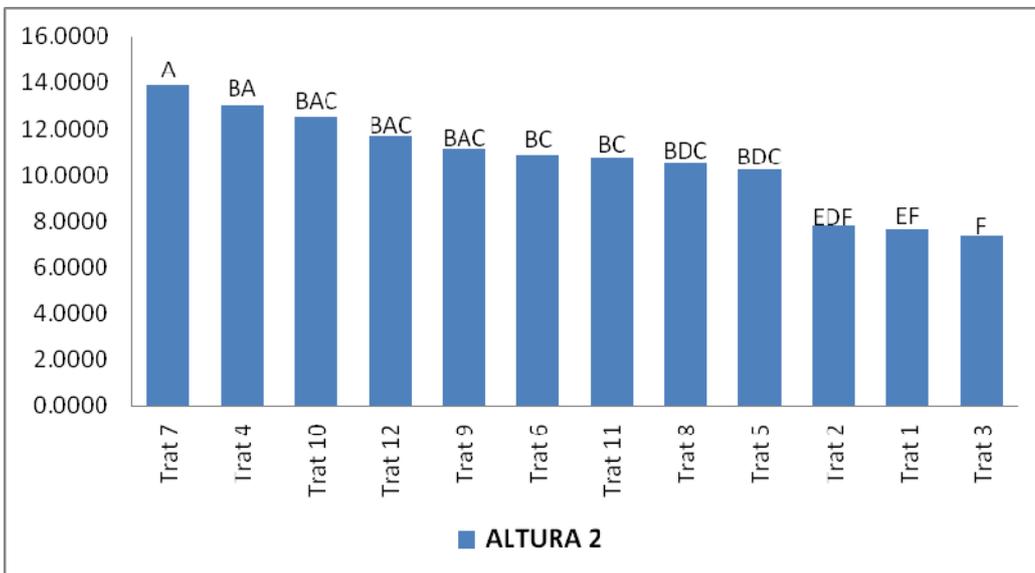


Figura 2. Altura aérea de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc en la segunda etapa de evaluación.

## B. Volumen aéreo

El resultado de acuerdo al volumen aéreo de las plántulas varía entre los tratamientos. En el análisis de varianza para esta variable, se presentan valores de diferencia estadística. La prueba de Tukey de separación de medias nos detectó que los tratamientos 4, 7, 6 y 10, con 43.000 ml, 41.333 ml, 39.667 ml y 27.333 ml (agrupación A), estadísticamente son los tratamientos que mayores efectos produjeron que las demás con relación al volumen aéreo en las plántulas y que son similares entre sí, (cuadro 3). Y el que representó menor efecto en el volumen aéreo en las plántulas además ser estadísticamente diferentes a los tratamientos 4, 7, 6 y 10 fue el tratamiento 3 con 16.333 ml. Los demás tratamientos presentan valores intermedios, (ver figura 4).

Cuadro 3. Resumen de separación de medias de la variable volumen aéreo en las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. En la segunda etapa de evaluación a 9 meses de edad.

Tratamiento	Medias (ml)	Agrupación de Tukey
4	43.000	A
7	41.333	A
6	39.667	A
10	37.333	A
11	35.000	BA
5	34.000	BA
12	33.000	BAC
8	31.333	BDAC
9	29.667	BDAC
2	20.667	BDC
1	18.333	BC
3	16.333	D

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con  $\alpha = 0.05$

4.2. Prueba de Tukey para la variable volumen aéreo, que muestra los resultados en ml.

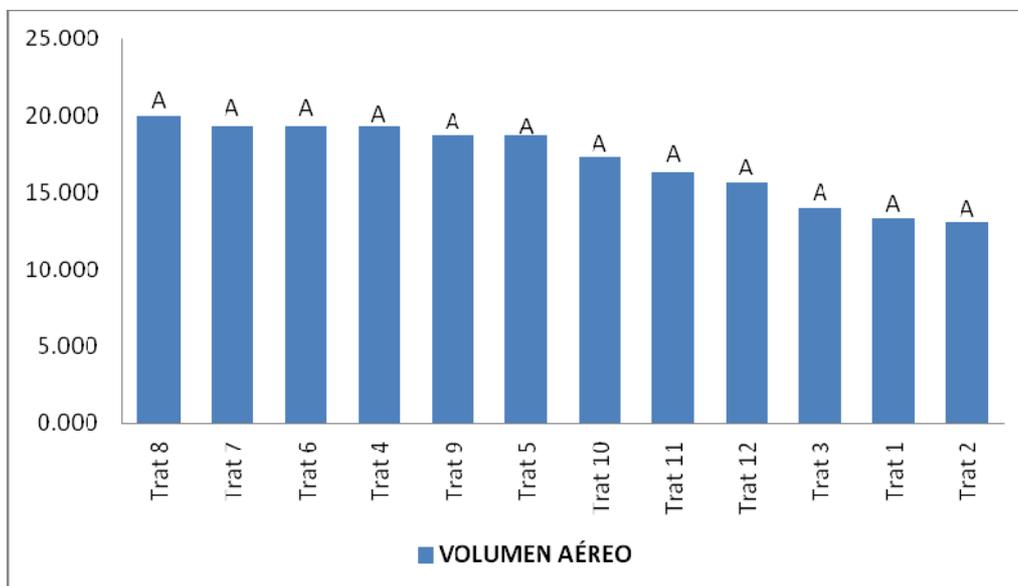


Figura 3. Volumen aéreo de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la primera evaluación.

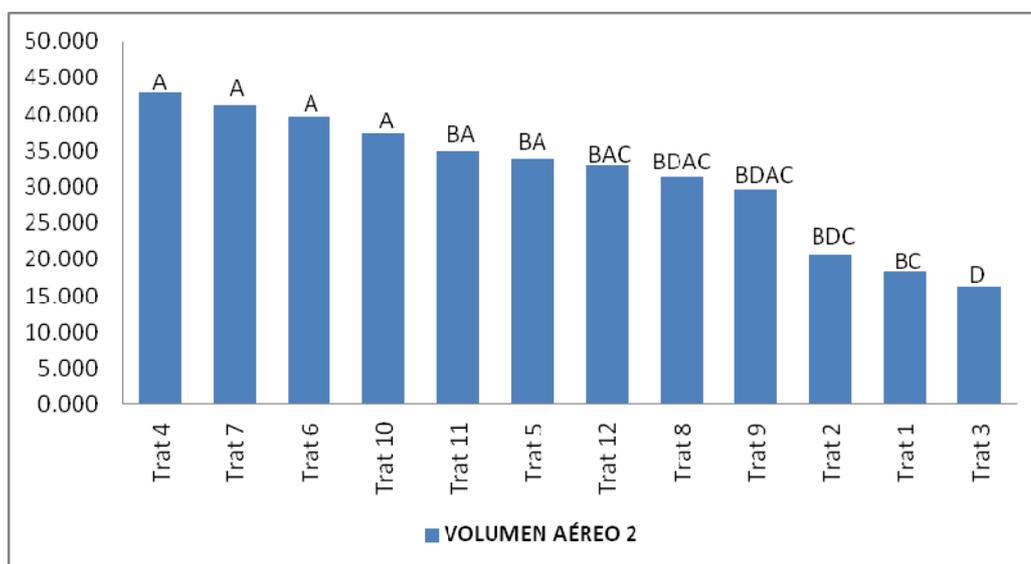


Figura 4. Volumen aéreo de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la segunda etapa de evaluación.

### C. Peso fresco de la parte aérea

Los resultados de acuerdo al variable peso fresco de la parte aérea varían entre los tratamientos, los cuales dependerán mucho de las características físicas y del porcentaje de nutrientes que contenga cada fertilizante. En el análisis de varianza para esta variable en la segunda etapa de evaluación, presenta valores de diferencia estadística los cuales son significativos con una  $P = <.0001$ .

La prueba de Tukey de separación de medias (cuadro 4) determinó a los tratamientos 4, 7 y 6 con 4.197 g, 4.067 g y 3.820 g (agrupación A), estadísticamente son los mejores y los que mayor efecto produjeron en las plántulas de *Pinus cembroides*, para esta variable. Y el que produjo poco efecto en el peso fresco de la parte aérea además de ser estadísticamente diferentes a los tratamientos 4, 7 y 6 fue el tratamiento 3 con 1.560 g. Los demás tratamientos presentan valores intermedios, (figura 6).

Cuadro 4. Resumen de separación de medias de la variable peso fresco de la parte aérea en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad.

Tratamiento	Medias (g)	Agrupación de Tukey
4	4.197	A
7	4.067	A
6	3.820	A
11	3.330	BA
10	3.287	BA
12	3.127	BAC
5	3.010	BAC
8	2.850	BAC
9	2.753	BAC
2	1.830	BC
1	1.560	C
3	1.560	C

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con  $\alpha = 0.05$

4.3. Prueba de Tukey para la variable Peso fresco de la parte aérea, que muestran los resultados en gramos (g).

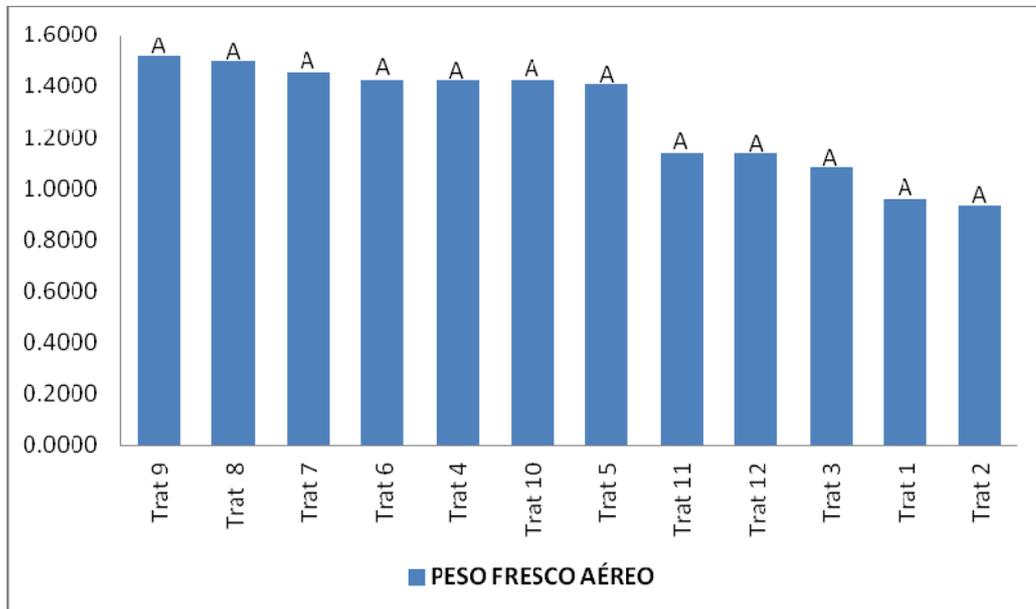


Figura 5. Peso fresco de la parte aérea de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, primera evaluación.

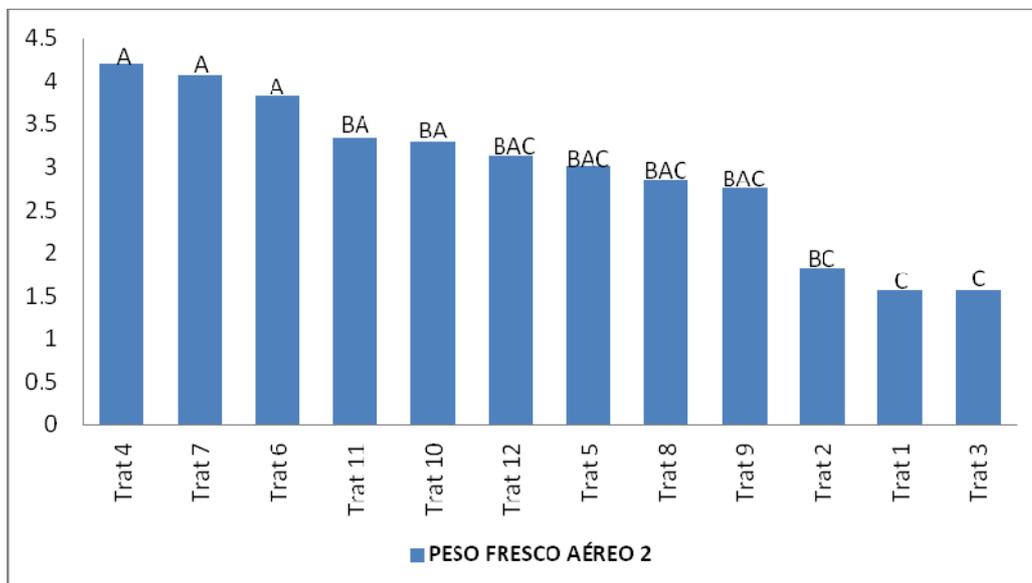


Figura 6. . Peso fresco de la parte aérea de 12 tratamientos de fertilización en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, segunda evaluación.

#### D. Peso seco de la parte aérea

Los resultados de acuerdo al peso seco de la parte aérea varían entre los tratamientos. En el análisis de varianza para esta variable en la segunda etapa de evaluación, indicó valores de diferencia estadística altamente significativos entre tratamiento, con una  $P = <.0001$ .

La prueba de Tukey de separación de medias (cuadro 5) mostró que los tratamientos 7, 4, y 12, con 1.530 g, 1.437 g y 1.377 g (agrupación A), son los tratamientos con mayor respuesta a la fertilización ya que estadísticamente producen el mismo efecto de forma favorable en el peso seco de la parte aérea. El tratamiento 3 es el que registro el menor valor (0.610 g), además de ser estadísticamente diferentes a los tratamientos 7, 4 y 12. Los demás tratamientos presentan valores intermedios, (figura 8).

Cuadro 5. Resumen de separación de medias de la variable peso seco de la parte aérea en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad.

Tratamiento	Medias (g)	Agrupación Tukey
7	1.530	A
4	1.437	A
12	1.377	A
6	1.353	BA
11	1.283	BAC
10	1.240	BDAC
8	1.117	BDAC
5	1.090	BDAC
9	1.057	BDAC
2	0.703	BDC
1	0.637	DC
3	0.610	D

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con  $\alpha = 0.05$

4.4. Prueba de Tukey para el variable Peso seco de la parte aérea, que muestran los resultados en gramos (g).



Figura 7. Peso seco de la parte aérea de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la primera etapa de evaluación.

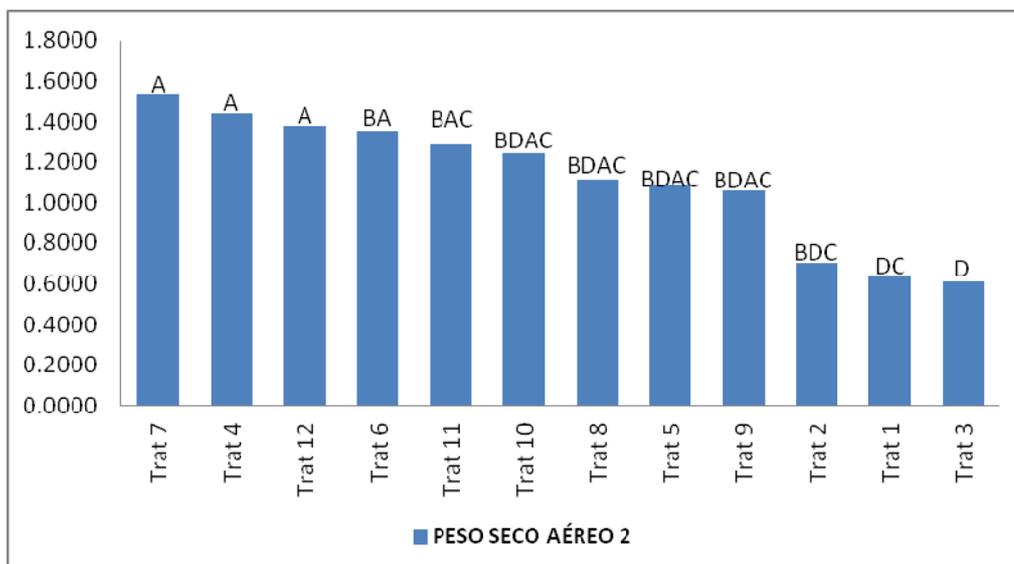


Figura 8. Peso seco de la parte aérea de 12 tratamientos en invernadero de *Pinus cembroides* Zucc, en la segunda etapa de evaluación.

#### E. Proporción volumen de tallo-volumen de la raíz

Esto se refiere a la proporción de La biomasa del volumen del tallo (parte aérea) respecto al volumen de la raíz. Una proporción de tres incrementa las posibilidades de desequilibrio hídrico, y pone en serio peligro la sobrevivencia de las plántulas (Capó, 2001).

La prueba de Tukey de separación de medias mostró que el tratamiento 8 es el que mejor respuesta tuvo con 2.461 ml, en proporción al volumen aéreo respecto al volumen de la raíz. Así mismo, el tratamiento 7 con 2.125 ml, que es similar al tratamiento 8, estadísticamente presentó un mayor valor en la proporción de estas variables. Y el que tuvo poca respuesta entre las proporciones es el tratamiento 2 con 1.062 ml. Además de ser estadísticamente diferentes a los tratamientos 8 y 7. Los demás tratamientos presentan valores intermedios. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen de separación de medias de las variables proporción vol. del tallo-vol. de la raíz en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. En la segunda etapa de evaluación a 9 meses de edad.

Tratamiento	Medias (ml)	Agrupación de Tukey
8	2.461	A
7	2.125	BA
10	1.914	BAC
4	1.745	BAC
9	1.711	BAC
12	1.661	BAC
6	1.656	BAC
11	1.647	BAC
5	1.560	BAC
3	1.139	BC
1	1.120	BC
2	1.062	C

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con  $\alpha = 0.05$

## F. Proporción peso fresco de la parte aérea-peso fresco de la raíz

Esto se refiere a la proporción de la biomasa del peso fresco de la parte aérea-peso fresco de la raíz. Una proporción de tres incrementa las posibilidades de desequilibrio hídrico, y pone en serio peligro la sobrevivencia de las plántulas (Capó, 2001).

La prueba de Tukey de separación de medias (Cuadro 7) nos detectó que el tratamiento 8 con 2.001 g es el que mejor respuesta tuvo en la proporción al peso fresco aéreo-peso fresco raíz, por lo que existe un buen equilibrio entre ambas partes, seguido por los tratamientos 7 que son similares al tratamiento 8, y que producen buen efecto en las proporciones entre ambas variables, y el que presentó el menor valor entre las proporciones fue el tratamiento 2 con 0.830 g. Esta prueba muestra que el tratamiento 8 es estadísticamente igual al tratamiento 7 pero diferente al tratamiento 2, en tanto el tratamiento 7 es estadísticamente igual al tratamiento 8 y al tratamiento 2.

Cuadro 7. Resumen de separación de medias de las variable proporción peso fresco de la parte aérea- peso fresco de la raíz en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad.

Tratamiento	Medias (g)	Agrupación de Tukey
8	2.001	A
7	1.761	BA
10	1.645	BA
4	1.479	BA
6	1.438	BA
9	1.426	BA
11	1.325	BA
5	1.224	BA
12	1.163	BA
1	0.895	BA
3	0.873	B
2	0.830	B

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con  $\alpha = 0.05$

### G. Proporción Peso seco de la parte aérea-peso seco de la raíz

Esto se refiere a la proporción de la biomasa del peso seco de la parte aérea- peso seco de la raíz. Una proporción de tres incrementa las posibilidades de desequilibrio hídrico, y pone en serio peligro la sobrevivencia de las plántulas (Capó, 2001).

La prueba de Tukey de separación de medias (Cuadro 8) nos detectó que el tratamiento 8 con 2.640 g es el que mejor respuestas tuvo en la proporción al peso seco aéreo-peso seco raíz, por lo que existe un buen equilibrio entre ambas partes, seguido por el tratamientos 7 que es similar al tratamiento 8, y que producen buen efecto en las proporciones entre ambas variables, y el que produjo poca respuesta entre las proporciones además de ser estadísticamente diferentes a los tratamientos 8 y 7 fue el tratamiento 2 con 1.038 g. Los demás tratamientos presentan valores intermedios, (figura 11).

Cuadro 8. Resumen de separación de medias de las variables proporción peso seco aéreo- peso seco raíz en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. En la segunda etapa de evaluación a 9 mese de edad.

Tratamiento	Medias (g)	Agrupación de tukey
8	2.640	A
7	2.248	BA
11	2.038	BA
9	1.854	BA
4	1.687	BA
12	1.631	BA
10	1.564	BA
6	1.501	BA
5	1.464	BA
1	1.162	B
3	1.084	B
2	1.038	B

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con  $\alpha = 0.05$

#### 4.5. Pruebas de Tukey que representan las proporciones para las variables.

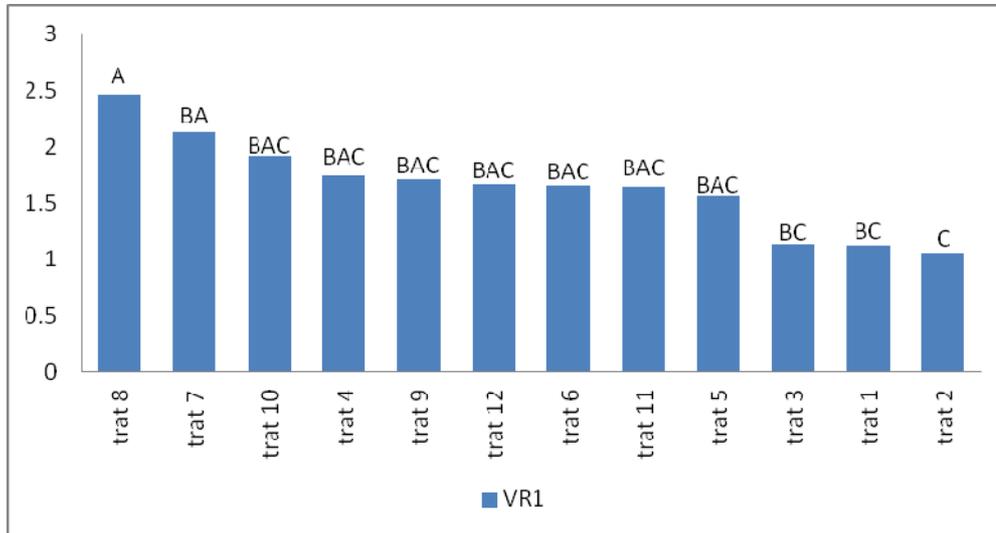


Figura 9. Proporciones vol. de la parte aérea-vol. de la raíz de 12 tratamientos, segunda evaluación.

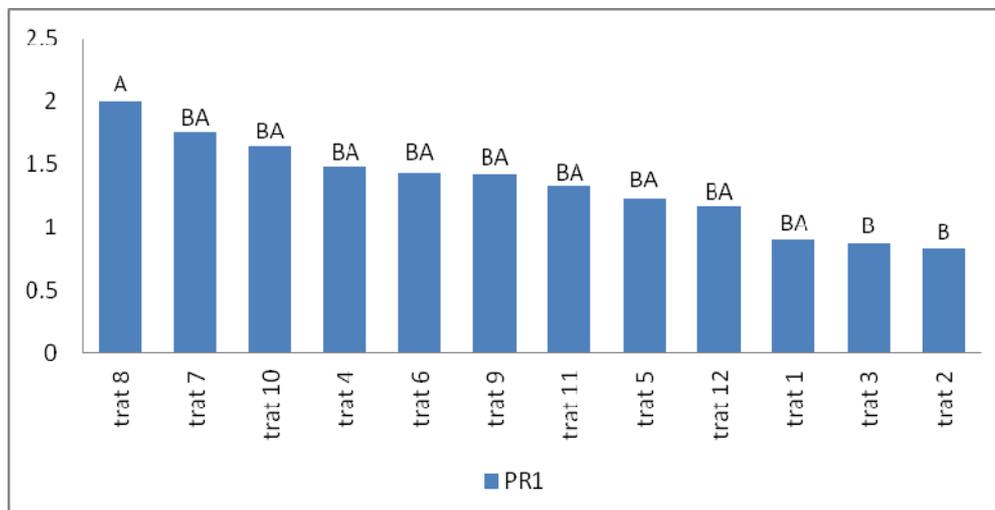


Figura 10. Proporciones peso fresco de la parte aérea-peso fresco de la raíz de 12 tratamientos, de *Pinus cembroides* Zucc, segunda evaluación.

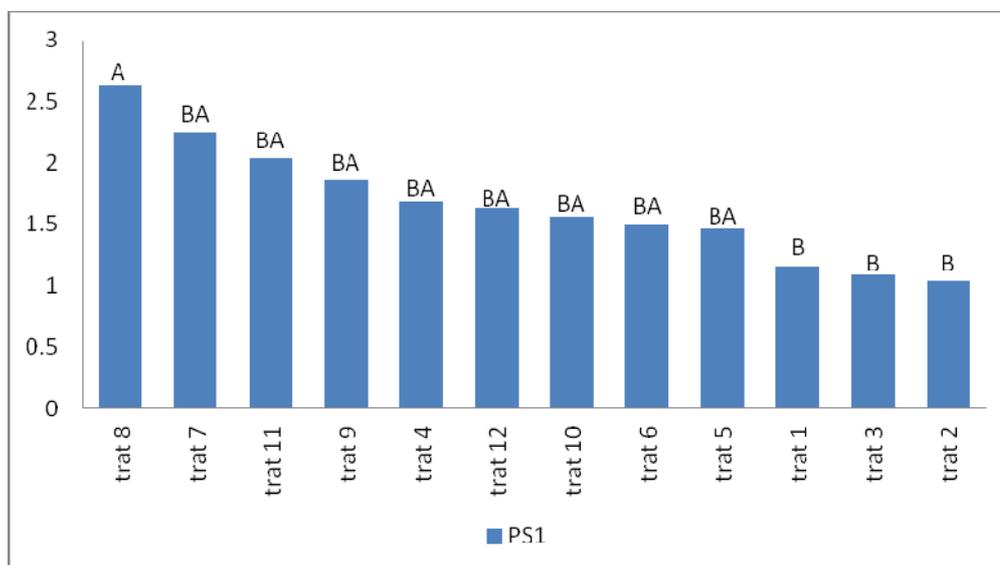


Figura 11. Proporciones peso seco de la parte aérea-peso seco de la raíz de 12 tratamientos de *Pinus cembroides* Zucc, en invernadero, segunda evaluación.

Cuadro 9. Resumen de valor de medias para todas las variables evaluadas del presente experimento.

N	ALTURA	DIA	VOL. A	VOL. R	P.F.R	P.F.A	P.S.R	P.S.A	N.M.R	L.P.B	P_VR1	P_PR1	P_PS1
t1	7.667	3.413	18.333	16.667	1.767	1.560	0.563	0.637	1.333	6.000	1.120	0.895	1.162
t2	7.833	3.287	20.667	19.667	2.207	1.830	0.680	0.703	2.778	7.667	1.062	0.830	1.038
t3	7.367	3.513	16.333	14.000	1.713	1.560	0.547	0.610	1.000	10.500	1.139	0.873	1.084
t4	13.067	4.613	43.000	25.000	2.837	4.197	0.853	1.437	2.000	6.000	1.745	1.479	1.687
t5	10.267	4.530	34.000	22.000	2.463	3.010	0.750	1.090	2.125	4.375	1.560	1.224	1.464
t6	10.900	4.813	39.667	24.000	2.740	3.820	0.917	1.353	1.400	11.800	1.656	1.438	1.501
t7	13.900	4.540	41.333	19.667	2.330	4.067	0.687	1.530	3.583	13.250	2.125	1.761	2.248
t8	10.500	3.450	31.333	14.000	1.653	2.850	0.487	1.117	1.800	1.200	2.461	2.001	2.640
t9	11.167	4.293	29.667	17.333	1.940	2.753	0.577	1.057	1.000	2.333	1.711	1.426	1.854
t10	12.533	4.180	37.333	20.000	2.150	3.287	0.857	1.240	1.800	6.200	1.914	1.645	1.564
t11	10.767	4.410	35.000	23.000	2.607	3.330	0.673	1.283	1.000	2.500	1.647	1.325	2.038
t12	11.713	3.867	33.000	20.333	2.933	3.127	0.920	1.377	1.000	24.000	1.661	1.163	1.631

En el cuadro 9 se presentan los valores de medias de todas las variables que se evaluaron en la segunda evaluación.

Cuadro 10. Resumen de separación de medias para todas las variables evaluadas en el presente experimento

N	ALTURA	DIA	VOL. A	VOL. R	P.F.R	P.F.A	P.S.R	P.S.A	NMR	L.PB	P_VR1	P_PRI	P_PS1	A	NUM.
t1	EF	A	BC	A	A	C	A	DC	A	A	BC	BA	B	A(BDCEF)	7
t2	EDF	A	BDC	A	A	BC	A	BDC	A	A	C	B	B	A(BDCEF)	6
t3	F	A	D	A	A	C	A	D	A	A	BC	B	B	A(BDCF)	6
t4	BA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	BAC	BA	BA	A(BC)	13
t5	BDC	A	BA	A	A	BAC	A	BDAC	A	A	BAC	BA	BA	A(BDC)	12
t6	BC	A	A	A	A	A	A	BA	A	A	BAC	BA	BA	A(BC)	12
<b>t7</b>	<b>A</b>	<b>BA</b>	<b>BA</b>	<b>BA</b>	<b>A(B)</b>	<b>13</b>									
t8	BDC	A	BDAC	A	A	BAC	A	BDAC	A	A	A	A	A	A(BDC)	12
t9	BAC	A	BDAC	A	A	BAC	A	BDAC	A	A	BAC	BA	BA	A(BDC)	13
t10	BAC	A	A	A	A	BA	A	BDAC	A	A	BAC	BA	BA	A(BDC)	13
t11	BC	A	BA	A	A	BA	A	BAC	A	A	BAC	BA	BA	A(BC)	12
t12	BAC	A	BAC	A	A	BAC	A	A	A	A	BAC	BA	BA	A(BC)	13

En el cuadro 10 se presentan las variables que fueron evaluadas de acuerdo a la agrupación de Tukey, y en relación a las características deseables de una planta de calidad (altura, diámetro, proporción tallo-raíz, estructura de la raíz, crecimiento de la raíz). Se considera que el tratamiento 7 produjo las características morfológicas que se consideran adecuadas para que las plántulas necesiten para su buen desarrollo en regiones con escasa humedad.

## 5 CONCLUSIONES

De los resultados de la segunda evaluación se concluye que de acuerdo al número de meristemas radicales blancos (puntas blancas de la raíz) y la longitud de las puntas, los tratamientos No influyen en la segunda etapa de evaluación con relación al desarrollo del sistema radicular en las plántulas de *Pinus cembroides*. Es decir, que cualquiera de los tratamientos que se aplicaron responde de igual manera en el sistema radicular durante la segunda evaluación.

Sin embargo, estadísticamente el tratamiento 7 que corresponde a Peter profesional (5g/l), con relación a las variables Altura, Volumen aéreo, Peso fresco de la parte aérea, peso seco de la parte aérea y entre las proporciones; presentaron diferencias estadísticas, lo cual indica que para los resultados obtenidos influye de manera significativa en éstas variables en las plántulas de *Pinus cembroides*.

El tratamiento 4 que corresponde al Magic root (5g/l), que respondió favorablemente y que producen efectos significativos a las variables evaluadas durante la segunda evaluación, (considerando que Magic root es un fertilizante que contiene un 60 % de fosforo asimilable ( $P_2O_5$ )), y en las variables que se analizaron respondió favorablemente corresponde al follaje de las plántulas, ya que le proporciona nutrientes a la parte aérea en las primeras etapas de crecimiento de *Pinus cembroides*.

Los testigos fueron los que respondieron favorablemente (en tercer lugar), en el desarrollo del sistema radicular en las plántulas de esta especie. En los testigos se utilizaron material comercial (la mezcla de peat moss, perlita y vermiculita); que obtuvo un buen resultado en el desarrollo de las plántulas (cuadro 9), ya que éste tipo sustrato reúne las condiciones optimas para el desarrollo radicular de las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc, así también le permite tener mejor aereación y mucha porosidad.

MiyaRaíz como fue considerado en la primera evaluación, así también, en esta etapa es el tratamiento menos favorable para promover de desarrollo de las raíces en las plántulas, ya que el 95 % de su componente nutritivo es a base de extracto Orgánico Base de Ácido fulvico, y el efecto para generar raíces influye muy poco.

De forma general, se concluye que en todas las variables se presenta diferencia entre los tratamientos y que el tratamiento 7 que corresponde al fertilizante Peter Profesional (5g/l) es el que mejor promueve el desarrollo del sistema radicular en las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc, esto de acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación. Además, es el tratamiento que mejor respuesta tuvo en la mayoría de las variables analizadas. Por lo consiguiente, Peter 5g/l reúne las características necesarias que constituye una planta de calidad. Por lo tanto, se concluye que por lo menos una de las variables es diferente al resto de las demás.

## 6 RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda la aplicación Peter profesional por su bajo costo y además es un fertilizante que es fácil de conseguir en cualquier región, incrementa y/o promueve el desarrollo de plántulas con características deseables en prácticas de invernaderos para una pronta plantación en campo.
  
- ❖ Seguir aplicando el tratamiento seleccionado y evaluar estas mismas plantas en campo en cuanto a sobrevivencia y crecimiento, para que un análisis económico realizado posteriormente indique si realmente es costeable o no la fertilización en la etapa de invernadero y posterior a esta.
  
- ❖ Se recomienda aplicar el fertilizante adecuado en el periodo agosto – noviembre dado que en esta etapa hubo mejores resultados en el desarrollo de las raicillas de las plántulas de *Pinus cembroides* y probar en otras temporadas.
  
- ❖ De los diferentes resultados obtenidos en los fertilizantes propuestos, de los elementos esenciales de Magic root y Peter profesional proponer un fertilizante que contengan los nutrientes necesarios para las plántulas.

## 7 FUENTES DE CONSULTA

- Álvarez, B.R. 1992. El piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.) en el estado de Coahuila, México. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 131p.
- Capó, A, M.A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: los ingredientes del éxito. México. 201 p.
- Chávez, R.R. 1994. Fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* Engelmann, en invernadero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 66p.
- Duryea, M.L, K McClain. 1984. Altering seedling physiology to improve reforestation success. *In* Duryea ML, GN Brown eds. Seedling physiology and reforestation manual. Success I. Proceedings of the Physiology Working Group Technical Session. Oregon State University. Corvallis, Oregon. USA. p. 77-114.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (adaptado a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 p.
- Jena y Beibl, (1832). *Pinus cembroides* Zucc. Editorial Limusa. México. 210 p.
- Martínez D, R.J. 2007. Evaluación del efecto de diferentes sustratos en la germinación, sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Pinus greggii* Engelmann, bajo condiciones de invernadero. . Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 42p.
- Martínez M. 1948. Los Pinos mexicanos. Ed. Botas. México, D.F.
- Medina, G.J.M. 1985. Los piñoneros de México. Tesis monografía I.C.C.A.C.Icorporada A la U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. México.

Ortega, U., Kindelman, A., Hevia, A., Álvarez, E., Majada, J., 2006. Control de calidad de planta forestal.

Passini M.F. 1985. Algunas consideraciones acerca de los pinos piñoneros de México. I. SIMPOSIO NACIONAL SOBRE PINOS PIÑONEROS, U.A.N.L. Unidad Linares, México.

Quiroz E., García, E., González, M., P., Chung, P., Casanova, K., Soto, H., 2009. Calidad de planta y certificación. Instituto forestal. Centro tecnológico de la planta forestal.

Ruano M. J.R. 2003. Viveros forestales. Manual de cultivos y proyectos. Editorial Mundi-Prensa. México. 281p.

Rueda Peiro I. La industria de los fertilizantes en México. Instituto de Investigación Económica, UNAM. México. 124 p.

Rzedowsky J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 430 p.

Salgado G. S. y Núñez E.R. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Colegio de postgraduados. Edit. Mundi-Prensa. México. 146p.

\*\* SIRE: CONABIO – PRONARE, 1832.

Tapia F. M.L. 2009. Unidad. Sistema de Crecimiento Controlado. Clase 1. Invernaderos. Departamento de producción agrícola. UAAAN. 65 p.

Villar P. 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. Asociación Española de Ecología Terrestre. Universidad de Alcalá. México. 86 p.

## 8 APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza de las medias generales para la variable altura, evaluación 2, en *Pinus cembroides* Zucc, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SM	CM	Valor de F	pr ≥ F
Modelo	11	147.6176	13.4197818	14.87	<.0001
Error	24	21.6584	0.9024333		
Total correctivo	35	169.2760			

C.V. = 8.9 %

Apéndice 2. Análisis de varianza de las medias generales para la variable volumen aéreo, evaluación 2, en *Pinus cembroides* Zucc, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SM	CM	Valor de F	pr ≥ F
Modelo	11	2622.9722	238.4520	9.04	<.0001
Error	24	633.3333	26.3889		
Total correctivo	35	3256.3056			

C.V. = 16.24 %

Apéndice 3. Análisis de varianza de las medias generales para la variable peso fresco de la parte aérea, evaluación 2, en *Pinus cembroides* Zucc, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SM	CM	Valor de F	pr ≥ F
Modelo	11	27.0535	2.4594	7.88	<.0001
Error	24	7.4871	0.3120		
Total correctivo	35	34.5407			

C.V. = 18.94 %

Apéndice 4. Análisis de varianza de las medias generales para la variable peso seco de la parte aérea, evaluación 2, en *Pinus cembroides* Zucc, bajo condiciones de invernadero

FV	GL	SM	CM	Valor de F	pr ≥ F
Modelo	11	3.3061	0.3006	5.92	<.0001
Error	24	1.2191	0.0508		
Total correctivo	35	4.5252			

C.V.= 20.13 %

Apéndice 5. Análisis de varianza de las medias generales para proporción VR1, evaluación 2, en *Pinus cembroides* Zucc, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SM	CM	Valor de F	pr ≥ F
Modelo	11	3.3061	0.3006	5.92	<.0001
Error	24	1.2191	0.0508		
Total correctivo	35	4.5252			

C.V.= 20.13 %

Apéndice 6. Análisis de varianza de las medias generales para proporción PR1, evaluación 2, en *Pinus cembroides* Zucc, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SM	CM	Valor de F	pr ≥ F
Modelo	11	5.5854	0.5078	3.95	0.0024
Error	24	3.0886	0.1287		
Total correctivo	35	8.6740			

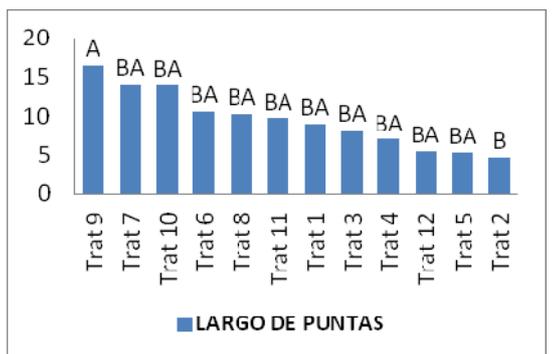
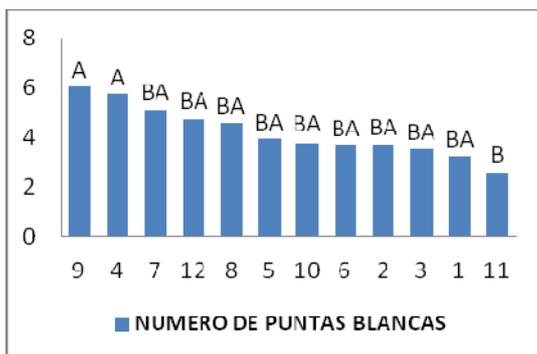
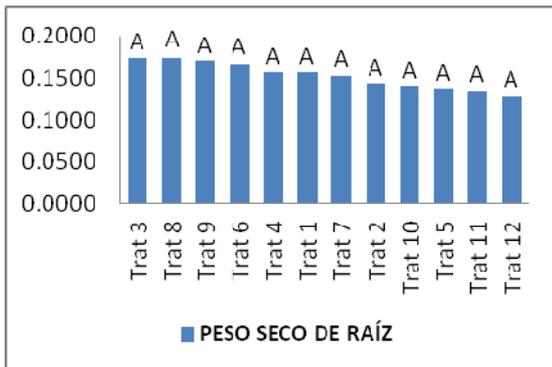
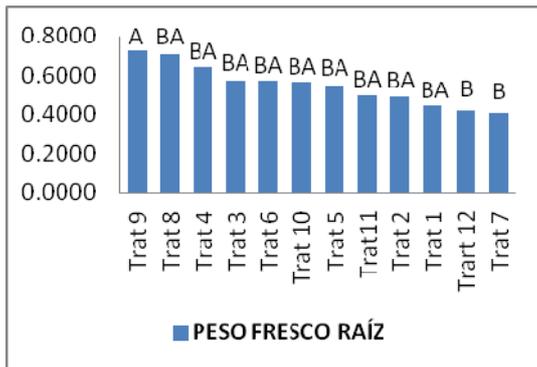
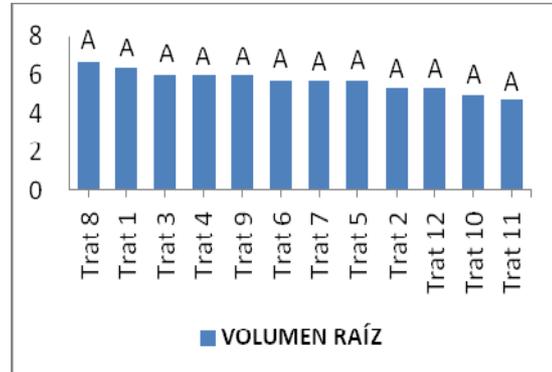
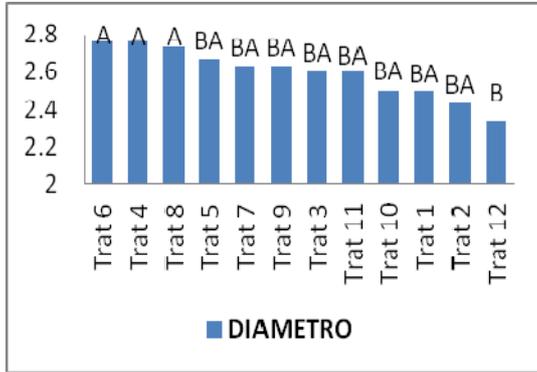
C.V. = 21.74 %

Apéndice 7. Análisis de varianza de las medias generales para proporción PS1, evaluación 2, en *Pinus cembroides* Zucc, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SM	CM	Valor de F	pr ≥ F
Modelo	11	7.58511	0.6894	3.14	0.0093
Error	24	5.2732	0.2197		
Total correctivo	35	12.8584			

C.V.= 28.25 %

Apéndice 8. Tendencia de la respuesta a la fertilización en *Pinus cembroides* de los diferentes tratamientos para cada variable estudiada en la primera evaluación.



Apéndice 5. . Tendencia de los tratamientos que no presentaron diferencias estadísticas, mostrando únicamente la segunda evaluación de cada variable de *Pinus cembroides*.

