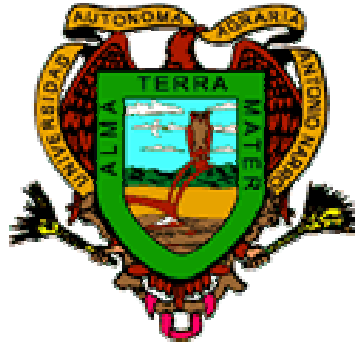


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Fertilización en tres especies de pino bajo condiciones de
invernadero

Por:

MANUEL MENDOZA HERNÁNDEZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Fertilización en tres especies de pino bajo condiciones de invernadero

Por:

MANUEL MENDOZA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:

Ingeniero Forestal

APROBADA

Asesor principal
Dr. Miguel Á. Capó Arteaga

Coordinador de la División de Agronomía
M. C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Fertilización en tres especies de pino bajo condiciones de invernadero

Por:

MANUEL MENDOZA HERNÁNDEZ

Que somete a consideración del Comité de Tesis como requisito parcial
para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

APROBADA

Asesor principal
Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Asesor
M. C. Salvador Valencia Manzo

Asesor
M. C. Luis Morales Quiñones

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2004

DEDICATORIAS

- ❖ A mis padres: **Juana Hernández Zárate y Pedro Mendoza Sánchez**, a quienes les debo tanto porque son la esencia de mi ser y quienes me han brindado sus valiosos consejos, así como su confianza, palabras de aliento y bendiciones; quienes siempre lucharon por mí y por mi vida, buscando lo bueno y lo mejor para mí y para mis hermanos.
- ❖ A mi hermana **María**: Porque siempre me brindó su valioso y decidido apoyo en las diferentes etapas de mi formación profesional.
- ❖ A **Conchita**: La persona que en un momento de luz y esperanza, llegó a mí para brindarme lo más hermoso de su vida; por su cariño, amor, amistad, apoyo y comprensión en los buenos y malos momentos de mi formación. Quien además, me apoyó durante todo el proceso de elaboración del presente trabajo. Te amo, te quiero y te admiro mucho, eres lo mejor para mí.
- ❖ A mi madrina **Magdalena**: Quien en algún momento y de alguna manera contribuyó a mi vida, depositó su confianza en mí y me ha apoyado incondicionalmente durante el transcurso de mi formación.
- ❖ A mis hermanos: **Alberto, Ángel, Evencio y Eradio**, de quienes recibí apoyo, confianza y comprensión.
- ❖ A mis hermanas: **Carmela, Chenchá, Minga, Sonia, Teresa y Tranquilina**, quienes también siempre me apoyaron en todo momento.
- ❖ A mi abuela **Fortina**, quien siempre me brindó su apoyo, confianza y bendición.

- ❖ A **Julio**, y a todos mis sobrinos y sobrinas.
- ❖ A mis cuñados: **Ángel, Braulio, Felipe, Víctor y Margarito**. Así también a mis cuñadas **Amelia y Matilde**.

- ❖ A mis tías: **Evarista y Celedonia**.

- ❖ Así también a mis tíos **Benjamín (T) y Ginés (T)**.

- ❖ A **Lety**, y a todos mis **Primos y Primas**.

- ❖ A todos mis **Amigos y Compañeros de Generación** con quienes tuve la oportunidad de compartir los buenos momentos durante el transcurso de mi carrera.

- ❖ A mi profesor de Tae Kwon Do, **Pedro Paulo**, por brindarme su amistad, compañerismo y sus valiosos consejos.

- ❖ Al compañero **Jil Cabrera** por su apoyo en el trabajo de invernadero.

- ❖ A la Asociación de Estudiantes Oaxaqueños de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” A. C., de quien aprendí mucho y tuve la oportunidad de ser miembro para presidir en diferentes periodos, en colaboración de los compañeros: **Abel Juárez, Edilberto Juárez, Vicente Ruíz y Venegas Reyes**. Así también al compañero **Emmanuel Ríos** y todos los oaxaqueños que no me es posible mencionar, quienes también colaboraron para la Asociación en los diferentes periodos.

- ❖ A todas las personas que en este momento se me escapan de la mente, pero que de cualquier manera me abrieron sus puertas contribuyendo a mí formación.

¡GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

- A **Dios**, por darme la vida y el ser, por rescatarme de los momentos difíciles en las diferentes etapas de la vida y de mi formación, por darme la fuerza, el valor y la oportunidad para triunfar en esta vida.

- A mi “**Alma Mater**”, la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por abrirme sus puertas y ser un profesionalista más para mi familia, mi gente y para la sociedad en general, porque en ella aprendí muchas cosas y logré muchos sueños.

- A todos los **maestros**, tanto de la Universidad, como de los diferentes niveles de estudios por los que tuve que pasar para lograr esta etapa de mi formación, y en especial a lo maestros del **Departamento de Forestal** quienes me transmitieron sus valiosos conocimientos para lograr esta meta.

- Al **Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga**, por su valioso interés, dedicación y disponibilidad, así como su decidido apoyo incondicional durante el proceso del presente trabajo.

- Al **M. C. Salvador Valencia Manzo**, por su disponibilidad y dedicación en la revisión, corrección y sugerencias estructurales del presente trabajo.

- Al **M. C. Luis Morales Quiñones**, por su valiosa aportación en la revisión y elaboración del presente documento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Conceptos relacionados con la calidad de planta en viveros	4
2.2 Distribución del género <i>Pinus</i>	6
2.3 <i>Pinus cembroides</i> Zucc.	7
2.3.1 Descripción botánica	7
2.3.2 Distribución geográfica	8
2.3.3 Condiciones ecológicas	8
2.3.4 Importancia	9
2.4 <i>Pinus pinceana</i> Gord.	9
2.4.1 Descripción botánica	9
2.4.2 Distribución geográfica	10
2.4.3 Condiciones ecológicas	10
2.4.4 Importancia	11
2.5 <i>Pinus greggii</i> Engelm.	11
2.5.1 Descripción botánica	11
2.5.2 Distribución geográfica	12
2.5.3 Condiciones ecológicas	13
2.5.4 Importancia	13
2.6 Sustratos utilizados en el experimento	14
2.7 Fertilizantes y elementos nutritivos	16
2.8 Investigaciones afines	18

3	MATERIALES Y METODOS	21
3.1	Ubicación del área de estudio	21
3.2	Trabajo de invernadero	21
3.2.1	Producción de plantas	21
3.2.2	Preparación y aplicación de la dosis de fertilizante	22
3.2.3	Mediciones de las variables	24
3.3	Diseño experimental	26
3.3.1	Análisis estadístico	27
4	RESULTADOS	28
4.1	<i>Pinus cembroides</i>	28
4.1.1	Altura	28
4.1.2	Incremento en altura	29
4.1.3	Diámetro	29
4.1.4	Incremento en diámetro	30
4.1.5	Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea	31
4.2	<i>Pinus pinceana</i>	31
4.2.1	Altura	31
4.2.2	Incremento en altura	32
4.2.3	Diámetro	33
4.2.4	Incremento en diámetro	34
4.2.5	Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea	34
4.3	<i>Pinus greggii</i>	35
4.3.1	Altura	35
4.3.2	Incremento en altura	36
4.3.3	Diámetro	37
4.3.4	Incremento en diámetro	37
4.3.5	Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea	38

5	DISCUSIÓN	40
5.1	Altura	40
5.2	Incremento en altura	41
5.3	Diámetro	42
5.4	Incremento en diámetro	43
5.5	Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea	45
6	CONCLUSIONES	48
7	RECOMENDACIONES	49
	LITERATURA CITADA	50
	APÉNDICE	54

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Secuencia de elementos mayores utilizado en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> , <i>P. greggii</i> y <i>P. pinceana</i> bajo condiciones de invernadero	23
2. Fechas en que se realizaron las mediciones en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> , <i>P. greggii</i> y <i>P. pinceana</i> durante el año 2003	25
3. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> bajo condiciones de invernadero	29
4. Incremento en diámetro por etapas e incremento total (mm) en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> bajo condiciones de invernadero	30
5. Peso verde (Pv) y peso seco (Ps) de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> bajo condiciones de invernadero	31
6. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de <i>Pinus pinceana</i> bajo condiciones de invernadero	32
7. Incremento en diámetro por etapa e incremento total (mm) en la fertilización de <i>Pinus pinceana</i> bajo condiciones de invernadero	34
8. Peso verde (Pv) y peso seco (Ps) de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de <i>Pinus pinceana</i> bajo condiciones de invernadero	35
9. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de <i>Pinus greggii</i> bajo condiciones de invernadero	36
10. Incremento en diámetro por etapas e incremento total (mm) en la fertilización de <i>Pinus greggii</i> bajo condiciones de invernadero	38

11. Peso verde (Pv) y peso seco (Ps) de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de <i>Pinus greggii</i> bajo condiciones de invernadero	38
12. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> , <i>P. pinceana</i> y <i>P. greggii</i> bajo condiciones de invernadero	41
13. Incremento en diámetro por etapas e incremento total (mm) en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> , <i>P. pinceana</i> y <i>P. greggii</i> bajo condiciones de invernadero	44
14. Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> , <i>P. pinceana</i> y <i>P. greggii</i> bajo condiciones de invernadero	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Altura de las plantas en tres mediciones en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> bajo condiciones de invernadero	28
2. Diámetro de las plantas en tres mediciones en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> bajo condiciones de invernadero	30
3. Altura de las plantas en tres mediciones en la fertilización de <i>Pinus pinceana</i> bajo condiciones de invernadero	32
4. Diámetro de las plantas en tres mediciones en la fertilización de <i>Pinus pinceana</i> bajo condiciones de invernadero	33
5. Altura de las plantas en tres mediciones en la fertilización de <i>Pinus greggii</i> bajo condiciones de invernadero	35
6. Diámetro de las plantas en tres mediciones en la fertilización de <i>Pinus greggii</i> bajo condiciones de invernadero	37
7. Altura de las plantas en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> , <i>P. pinceana</i> y <i>P. greggii</i> bajo condiciones de invernadero	40
8. Diámetro de las plantas en la fertilización de <i>Pinus cembroides</i> , <i>P. pinceana</i> y <i>P. greggii</i> bajo condiciones de invernadero	42

RESUMEN

La presente investigación se realizó durante seis meses en el invernadero del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila, con la finalidad de evaluar el efecto de tres secuencias de fertilización sobre el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc., *P. greggii* Engelm. y *P. pinceana* Gord., bajo condiciones de invernadero, utilizando como medio de crecimiento peat moss, vermiculita y perlita en contenedores de 220 ml.

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar para cada especie, con tres tratamientos y tres repeticiones, generando nueve unidades experimentales por especie. Los fertilizantes que se utilizaron fueron Agroleaf (31-11-11) y Peter (20-20-20), así como un testigo. A los tres tratamientos se les incorporó en el sustrato Osmocote (triple 17) desde el momento de la siembra. Las variables evaluadas fueron: altura, incremento en altura, diámetro, incremento en diámetro y peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea.

En *Pinus cembroides* se detectaron diferencias significativas en las variables altura, incremento en altura, primera etapa del incremento en diámetro, y peso verde y peso seco de la parte aérea; en *P. pinceana* se detectaron diferencias en la altura, incremento en altura, diámetro, incremento en diámetro, y peso verde y peso seco de la raíz; y en *P. greggii*, se detectaron diferencias en la altura, incremento en altura,

diámetro , incremento en diámetro, peso verde y peso seco de la parte aérea, y peso seco de la raíz.

En las tres especies la aplicación de los fertilizantes Agroleaf (31-11-11) y Peter (20-20-20) causaron mayor efecto en las variables altura e incremento en altura, respecto a aquellas plantas que no recibieron estas aplicaciones.

En cuanto a las variables diámetro e incremento en diámetro, en *Pinus greggii*, sobresalieron los tratamientos Agroleaf y Peter, comparado con el testigo; en *Pinus pinceana* sobresalió el testigo, tanto en el diámetro como en el incremento en diámetro; en *Pinus cembroides* no se detectaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos para dichas variables al final del experimento, sin embargo en la primera etapa sobresalió el testigo.

Para las variables peso verde y peso seco de la parte aérea, en *Pinus cembroides* el mayor efecto se obtuvo en el tratamiento Agroleaf; para *Pinus greggii* los tratamientos Agroleaf y Peter fueron capaces de superar al testigo; y en *Pinus pinceana* no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos para estas dos variables.

Respecto al peso verde y peso seco de la raíz, en *Pinus cembroides* no se obtuvieron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos para las dos variables; en *Pinus pinceana* sobresalió el testigo; y en *Pinus greggii* sobresalió con el tratamiento Peter y el testigo en cuanto al peso seco de la raíz.

1 INTRODUCCIÓN

La superficie que ocupan los bosques, selvas y otras áreas vegetales naturales en México es aproximadamente 141.7 millones de hectáreas que corresponde al 72 % del territorio nacional, de los cuales 55.3 millones son de bosques y selvas que representan más del 25 % del territorio nacional, 22.3 millones representan diferentes grados de perturbación, y se estima que cada año se deforestan alrededor de 212 mil por diversas causas. Por otro lado, las necesidades globales de reforestación con fines de protección y restauración forestal ascienden a 3.5 millones de hectáreas; y a finales del sexenio pasado la relación de hectáreas deforestadas contra reforestadas tenían una relación de 1.9 a 1 (SEMARNAP, 1994).

Actualmente se siguen talando 1 millón de hectáreas de bosque, una de las tasas de deforestación mas altas del mundo, de esta manera lo que fue un mar de árboles es hoy una serie de islas diseminadas en las regiones más remotas y menos accesibles (Simón, 1998).

Ante esta problemática han surgido alternativas contra el deterioro de los bosques; sin embargo, principalmente por la falta de apoyo efectivo, cada día ha venido creciendo ese deterioro de los recursos forestales, la cual se traduce a una creciente pérdida de grandes extensiones de terrenos forestales, pérdida de la biodiversidad, tanto de flora como de fauna silvestre, así como un desequilibrio ecológico, a causa de la sobreexplotación y cambios de usos del suelo.

Por la situación anterior surge la necesidad de mejorar los procesos de reforestación, mediante la producción de plantas de alta calidad, lo cual requiere probar el material que se desea plantar, en condiciones de invernadero, bajo diferentes factores que influyan en las características fisiológicas y morfológicas que le permiten desarrollarse y adaptarse a las condiciones climáticas y edáficas donde se desea establecer la plantación.

La presente investigación se realizó con el fin de determinar el efecto de varios niveles de fertilización sobre el crecimiento y desarrollo en plantas de *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus pinceana* Gord., y *Pinus greggii* Engelm., bajo condiciones de invernadero.

1.1 Objetivos

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el efecto de tres secuencias de fertilización sobre el crecimiento de *Pinus cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii*, bajo condiciones de invernadero.

El objetivo específico fue el siguiente:

- Analizar y comparar el efecto de la fertilización sobre el diámetro, la altura, el peso seco y peso verde de raíz, y de la parte aérea.

1.2 Hipótesis

Las hipótesis propuestas en el experimento fueron:

Ho: Cada tratamiento genera igual efecto sobre la altura, el diámetro, el peso seco y el peso verde de la raíz, y de la parte aérea.

Ha: Al menos un tratamiento genera diferente efecto sobre esas variables.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Conceptos relacionados con la calidad de planta en vivero

La calidad de planta de vivero se refiere a las características fisiológicas y morfológicas que le permiten desarrollarse y adaptarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación después del trasplante (Prieto *et al.*, 1999), la cual dependerá también de la técnica de repoblación y del medio de crecimiento durante el proceso de producción en el vivero (Montoya y Cámara, 1996).

Sin embargo, la producción de plántulas de buena calidad en los viveros forestales requiere fuertes inversiones para fertilizar y manejar el medio de crecimiento, puesto que el manejo eficaz de la nutrición forestal depende de una buena distribución de los recursos económicos y métodos formales para tomar decisiones sobre dichos recursos (Binkley, 1993).

Contenedor

El contenedor es un envase o recipiente en el cual se le proporciona a la planta un medio de crecimiento y las condiciones adecuadas para ello. Además, el recipiente facilita el contacto del sistema radicular con el agua, los nutrientes minerales y sirve de soporte físico; el contenedor ideal es aquel que permite producir

plantas de mejor calidad (Prieto *et al.*, 1999). Por lo que una de las consideraciones principales en la fertilización de plantas en contenedor es su volumen, ya que de su capacidad depende la cantidad de reservas nutricionales que acumule la planta (Landis, 1989).

Fertilización

La fertilización implica una técnica cuyo objeto es lograr la alimentación de la planta lo mas adecuada posible a los fines que persigue el cultivo de la misma (Domínguez, 1997). Así, una de las razones principales que permiten lograr rápidas tasas de crecimiento en las plantas es la habilidad para diseñar y aplicar los programas de fertilización bien balanceados (Landis, 1989).

Invernadero

El invernadero es un sistema productivo el cual debe ser suficiente para acondicionar los principales elementos del clima entre límites bien determinados de acuerdo a los requisitos fisiológicos del cultivo (Mantallana y Montero, 1995).

Alpi y Tognoni (1999) señalan que el invernadero consiste en una estructura donde es posible controlar diversos factores ambientales como la temperatura, humedad, iluminación y precipitación, entre otros, con la finalidad de manipular el comportamiento del crecimiento y el desarrollo de diferentes especies de plantas para obtener un rendimiento y calidad máxima. Su funcionamiento está determinado

por sus características estructurales, en los que es posible elevar, disminuir o sustituir los factores ambientales.

Medio de crecimiento

Es el soporte físico del cultivo que proporciona protección a las raíces de la planta durante la etapa de crecimiento y en el transporte a campo (Montoya y Cámara, 1996). Dicho soporte puede ser desde suelo, hasta materiales diferentes a este, como la turba de musgo que contiene una sustancial proporción de mantillo y provee alguna fuente de nutrientes minerales (Landis, 1989).

2.2 Distribución del género *Pinus* en México

En México, actualmente los pinares se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de las cadenas montañosas, coincidiendo fisiográficamente con las principales cordilleras de la Sierra Madre Occidental, Madre del Sur, Madre Oriental, Eje Neovolcánico y en las grandes Sierras de Chiapas (Rzedowski, 1978).

Se distribuyen a una altitud de 300 msnm en el caso de las islas de Baja California y a 600 msnm los pinos subtropicales presentes en el Este del país, hasta cerca de los 4000 msnm como los pinos de mayor altitud en las sierras más altas del Eje Neovolcánico, Sierra Madre Oriental y montañas de Chiapas (Eguiluz, 1978).

Muchas de las condiciones ambientales cambian de manera proporcional con el rango altitudinal extendiendo especies y ecotipos desde zonas tropicales de

menores altitudes, hasta climas templados de máximas altitudes, casi para cada condición ecológica del país. Actualmente se conocen en México alrededor de 71 taxa de pinos conformando poco mas del 40 % de las especies reconocidas actualmente en el mundo (Rzedowski, 1978; Eguiluz, 1978).

2.3 *Pinus cembroides* Zucc.

2.3.1 Descripción botánica

Martínez (1948) menciona que *Pinus cembroides* es un árbol de 5 a 15 metros de altura, el tronco suele ser corto y el ramaje ralo; copa redondeada o piramidal; las ramas grandes comienzan a poca altura, verticiladas y dispuestas irregularmente; la corteza es delgada, agrietada, cenicienta y divididas en placas cortas e irregulares. Las hojas se encuentran en grupos de tres, pero varios fascículos tienen de dos a cuatro e incluso hasta cinco; miden de 2.5 a 7 centímetros, rígidos y generalmente encorvadas, de color verde oscuro y un tanto azulado pálido, y en ocasiones amarillento, frecuentemente glaucas en las caras internas, brillante y de bordes enteros; las vainas son de color café claro y caen pronto dejando en la base del fascículo una diminuta roseta; yemas cilíndricas, largas y amarillentas. Los conillos son globulosos de color moreno rojizo y con escamas gruesas; conos globulosos de cinco a seis centímetros de diámetro, se presentan aislados o en grupos de hasta cinco, casi sésiles, de color moreno anaranjado o rojizo. Las semillas son comestibles y de buena calidad llamados comúnmente “piñones”.

2.3.2 Distribución geográfica

Esta especie se distribuye geográficamente por casi todo el Norte y centro del país formando bosques más o menos bien definidos y característicamente reconocidos por el tamaño reducido de las acículas (Rzedowski, 1978).

De todos los piñoneros, el *Pinus cembroides*, es el más común del país, distribuyéndose en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, Zacatecas, Aguascalientes, Baja California, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Puebla, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, San Luis Potosí, Querétaro y Veracruz (Perry, 1991).

2.3.3 Condiciones ecológicas

La especie se localiza en áreas de clima templado seco o semiseco con altitudes entre 1800 y 2000 msnm, asociado con especies de *Quercus* spp, *Juniperus* spp, *Opuntia* spp y otras cactáceas formando bosques bajos y abiertos en terrenos de zonas rocosas y suelos someros (García y González, 1998). También se le puede encontrar formando rodales puros dominantes. Su distribución es tan amplia que no está asociada a ningún tipo de suelo en particular, aunque la altitud y la humedad son importantes factores ecológicos en su distribución (Eguiluz, 1978).

2.3.4 Importancia

Pinus cembroides tiene funciones ecológicas como la retención del suelo e incremento de la infiltración, el secuestro de bióxido de carbono, hábitat para la fauna silvestre y provee de alimento a la misma. Los productos maderables como aserrio son muy poco utilizados, sin embargo, se utiliza como árboles de navidad, leña y postes para cerca. Con respecto a los productos forestales no maderables destaca la colecta de su semilla (piñón) ya que la colecta de esta semilla representa poco más del 90 % del mercado nacional (Martínez, 1948; Robert, 1977; Eguiluz, 1978).

2.5 *Pinus pinceana* Gord.

2.5.1 Descripción botánica

Martínez (1948) menciona que *Pinus pinceana* es un árbol de 6 a 12 metros de altura, tronco corto frecuentemente ramificado desde cerca de la base, copa redondeada y densa; con las ramillas irregulares, cenicientas, delgadas y colgantes, casi lisas y con las huellas de los fascículos apenas marcados. Hojas aglomeradas en la extremidad de las ramillas, en grupo de tres, ocasionalmente 4, de 6 a 8, a veces hasta 10, rectas, anchamente triangulares, delgadas de color verde claro, glaucas en sus caras internas, de borde entero; tienen un haz vascular con conductos resiníferos externos, en número de 2, las paredes exteriores de las células

del endodermo son delgadas; el hipodermo es delgado y parejo, con dos hileras de células; vainas pronto caedizas y miden unos 5 mm; la yemas son cilíndricas y delgadas. Los conillos son largamente pedunculados, oblongos, ligeramente atenuados en ambas extremidades; escamas gruesas y fuertemente aquilladas y provistas de una punta gruesa, dirigida hacia la base del cono. Conos suboblongos de 6 a 8 cm, a veces hasta 9 con pedúnculos delgados 1-3 cm de largo y 3 mm de grueso, simétricos, colgantes y pronto caedizos de color rojizo a amarillento anaranjado, brillante con relativamente pocas escamas gruesas; de umbo dorsal muy grueso e irregular de 25 mm de ancho por 33 de largo; quilla transversal patente, la cúspide hundida en cuyo centro se observa una pequeña punta gruesa y caediza. La semilla mide unos 12 mm, de color oscuro, y es comestible, carece de ala, a veces solamente se desarrolla una de las dos que corresponde a cada escama. Su madera es suave y poco resinosa.

2.5.2 Distribución geográfica

Esta especie se extiende por varios Estados de la Sierra Madre Oriental, desde los 21° 20' a 26° 40' de latitud Norte y entre los 98° 00' a 102° 45' de longitud Oeste, principalmente en Coahuila, Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y con pequeñas poblaciones dispersas en Zacatecas (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978).

2.5.3 Condiciones ecológicas

Perry (1991) menciona que esta especie ecológicamente se encuentra dispersa en colinas muy secas de la Sierra Madre Oriental. Las condiciones donde prospera es precisamente en suelos calizos y pobres en materia orgánica.

2.5.4 Importancia

Eguiluz (1978) indica que esta especie no tiene usos industriales, se utiliza sólo con fines domésticos, para leña, postes para cercas y muebles rústicos, de esta especie se obtiene la semilla llamada piñón, la cual es comestible.

Martínez (1948) reporta que por el follaje y la forma del tronco la especie es interesante en usos hortícola, particularmente donde existen problemas de escasez de agua.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-1994 (INE, 1994) *Pinus pinceana* también es considerado de importancia especial, debido a que actualmente se encuentra dentro de la categoría de protección ya que su distribución es restringida.

2.4 *Pinus greggii* Engelm.

2.4.1 Descripción botánica

Árbol de 10 a 15 m de altura, con corteza y lisa y grisácea cuando joven y áspera después; ramas ascendentes, delgadas; ramillas flexibles de color rojizo, con tinte grisáceo, normalmente cubierta por el follaje, a veces ceniciento, con la base de las bràcteadas no recurrente. Hojas en grupos de tres, rara vez menos, con una longitud de 7 a 14 cm, áspera, anchamente triangulares y derechas de color verde claro, brillantes; bordes aserrados con dienteillos cortos; vainas persistentes. Conos fuertes y tensamente persistentes, duros sésiles, oblongo-cónicos, oblicuos algo encorvados, de color ocre, lustrosos, agrupados por pares o en grupos de cinco a ocho, rara vez más. Las escamas son duras y fuertes, de 4 a 4.5 cm de largo y 1.5 cm de ancho; umbo ensanchado y quilla transversal bien marcada; apófisis desigualmente elevadas con la cúspide deprimida (Martínez, 1948).

2.4.2 Distribución geográfica

Pinus greggii se distribuye en las montañas y cerros de Sierra Madre Oriental entre las coordenadas 20° 12' a 25° 30' de latitud Norte y entre 101° a 101° 20' de longitud Oeste; ha sido reportado para los Estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz (Eguiluz, 1978).

Se localiza a una altitud de 1280 a 2550 msnm, pero en los bosques puros con buena calidad de estación se encuentra de 1500 a 2000 msnm. Esta especie se puede encontrar en bosques coetáneos, cobertura media sobre suelo de textura migajón-arcillosa, pedregosos, café rojizos y calizos y generalmente pobres en

materia orgánica; con pH ácido en las regiones del sur de México y casi neutros en suelos montañosos del país; con pendientes hasta del 75 % (Eguiluz, 1978).

Se puede encontrar en climas subtropicales con una precipitación media anual de 500 a 2900; repartidos de mayo a octubre, siendo julio y agosto los meses más lluviosos y marzo el mes más seco. La temperatura media anual de su área de distribución es de 16.8°C con extremas máximas de 45°C y mínimas de -9°C , siendo los meses más cálidos de marzo a junio y los mas fríos en el invierno (Eguiluz, 1978).

2.4.3 Condiciones ecológicas

Se encuentra generalmente formando rodales puros, aunque también se le encuentra asociado con otras especies como *Pinus patula*, *P. teocote*, *P. cembroides*, *P. rudis*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. arizonica* var. *stormiae*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, *Abies* sp, *Cupressus* sp, *Juniperus* sp *Liquidambar styraciflua* y *Platanus* sp (Eguiluz, 1978; Perry, 1991).

2.4.4 Importancia

Es de importancia principalmente maderable, pero se ha utilizado en plantaciones de interés forestal y en plantaciones con fines de restauración de áreas degradadas. Su madera en su mayor parte se destina al aserrío, aunque también se usa para durmientes, pilotes, minas, vigas, postes, cerca y leña para combustible;

produce muy poca resina, además esta especie ha demostrado tener ciertas resistencia a plagas y al déficit hídrico (Martínez, 1948; Eguiluz,1978).

2.6 Sustratos utilizados en el experimento

Dentro de los principales tipos de sustratos se encuentran los siguientes: Peat-moss, perlita, vermiculita, bagazo de caña, cáscara de arroz, corteza de pino molida. A continuación se describen los sustratos utilizados en el experimento.

Peat-moss o turba

Hartman y Kester (1999) definen a la turba como un musgo comercial producto de la deshidratación de residuos jóvenes o porciones vivientes de plantas ácidas del género *Sphagnum*, como *S. papillosum*, *S. capillaceum* y *S. palustre*. Este material estéril, ligero y con capacidad de absorción de agua entre 10 y 20 veces su propio peso contiene sustancias fungistáticas específicas, lo cual explica su capacidad para inhibir el ahogamiento de plántulas que se desarrollan en él.

Venator y Liegel (1985) mencionan que la turba proviene del musgo *Sphagnum* conocido en inglés como “moss” es el componente básico del material a

utilizarse en los recipientes para el cultivo de plántulas de especies forestales, hortícolas y agrícolas, ya que tiene las propiedades físicas y químicas que mejor se adaptan al cultivo y a la propagación de plántulas, a diferencia de otras turbas; la acidez final debe valorarse en pH de 5.5 a 6.0 para plantas de pino.

Perlita

Hartman y Kester (1999) y Resh (1982) coinciden que la perlita es un mineral silíceo de color blanco que se extrae de los escurrimientos de lava volcánica. El mineral crudo se tritura, criba, luego se calienta en hornos a 760°C, temperatura a la cual se evapora la poca humedad contenida en las partículas para lograr su expandimiento, formando granos pequeños, estéril, ligeros y esponjosos. En aplicaciones hortícolas se usan partículas de 1.6 a 3.0 mm. La perlita retiene agua en proporción de 3 a 4 veces su peso; prácticamente es neutra, con pH de 6.0 a 8.0, pero sin capacidad de amortiguamiento. A diferencia de la vermiculita, no tiene capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales, sin embargo resulta muy útil para incrementar la aireación en una mezcla, ya que tiene una estructura rígida, además da lugar a que el tamaño de las partículas vayan disminuyendo conforme estas se parten con el uso.

Vermiculita

Resh (1982) indica que la vermiculita es un material expandido por efectos de altas temperaturas (cerca de 1093°C), separando los estratos y formando trozos pequeños y poros como esponjas en forma de semilla, dando lugar a una esterilización perfecta. El mismo autor también menciona que la vermiculita expandida forma un peso muy ligero (0.096 a 0.16 gr/cc); tiene una capacidad de intercambio catiónico relativamente alta, por lo que puede tener nutrientes e irlos cediendo posteriormente; contiene bajos contenidos de potasio y magnesio, los cuales son fácilmente disponibles para las plantas.

2.7 Fertilizantes y elementos nutritivos

Landis (1989) denomina a los elementos nutritivos en macro o micronutrientes, de acuerdo a las cantidades de estos presentes en los tejidos de las plantas y las funciones que en ellas desempeñan.

Los macronutrientes son los elementos encontrados en cantidades relativamente grandes en los tejidos vegetales, ya que constituyen los compuestos orgánicos como las proteínas y los ácidos nucleicos, o actúan en la regulación osmótica (Landis, 1989). Estos elementos se pueden separar en primarios y secundarios, quedando incluidos dentro del primer grupo el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); dentro del segundo grupo se encuentran el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S).

Los micronutrientes son elementos que se encuentran en proporciones muy bajas en los tejidos vegetales, por lo que son constituyentes enzimáticos (Landis, 1989). Quedan situados dentro de este grupo el boro (Br), el cloro (Cl), el cobre (Cu), el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo) y el Zinc (Zn).

A continuación se describen las funciones generales de los macronutrientes primarios en las plantas:

Nitrógeno

Tisdale y Nelson (1991) coinciden que el nitrógeno es un constituyente esencial de los tejidos vegetales y desempeñan un papel de máxima importancia en el desarrollo y funcionamiento del protoplasma en las estructuras vegetales, encontrándose principalmente en los tejidos relacionados con el crecimiento y desarrollo.

Por su parte, Binkley (1993) y Devlin (1982) coinciden que el nitrógeno se encuentra en la molécula proteica de las células de los vegetales y en moléculas importantes que participan en los ácidos nucleicos esenciales para síntesis de proteínas, como catalizador y regulador de compuestos indispensables para el metabolismo citando la clorofila, los enzimas del grupo citocromo para la fotosíntesis y la respiración, y el nitrógeno también forma parte de la constitución genética.

Fósforo

Tisdale y Nelson (1991) y Alpi y Tognoni (1999) indican que el fósforo es un elemento que juega un papel importante en la división celular, la respiración y la fotosíntesis, síntesis de azúcares, cofactores de enzimas, grasas y proteínas y, metabolismo energético. Por lo que una disponibilidad adecuada del fósforo produce mayor desarrollo radicular, mayor crecimiento en altura y desarrollo general de la planta, aceleración de la floración y fructificación y mayor resistencia a las condiciones adversas, acumulándose este elemento principalmente en los tejidos activos, los meristemas, semillas y frutos.

Asimismo Tisdale y Nelson (1991) indican que el pH del suelo es uno de los factores que afecta la utilización de fósforo y de muchos otros elementos. En la mayoría de los suelos la disponibilidad de este elemento es máxima en pH de 5.5 a 7.0, disminuyendo cuando el pH desciende por debajo de 5.5 y cuando es mayor que 7.0. La presencia de iones de calcio y magnesio puede promover altos niveles de pH si hay continua disminución de la solubilidad de fósforo.

Potasio

Alpi y Tognoni (1999) mencionan que el potasio se encuentra presente en forma soluble en las vacuolas de las células vegetales, en tejidos donde la división celular está activa y en actividades catalíticas del metabolismo proteico y respiratorio.

En tanto, Tisdale y Nelson (1991) indican que la presencia de una cantidad adecuada de potasio disponible en el suelo mejora la calidad de la planta, aumenta la

resistencia a ciertas enfermedades, neutraliza el efecto de un exceso de nitrógeno y ayuda a la planta a utilizar la humedad del suelo de manera eficiente.

2.8 Investigaciones afines

García (2001) estableció un experimento durante nueve meses para ver el efecto de diferentes dosis de fertilización sobre *Pinus pinceana*, *Pinus cembroides* y *Pinus pseudostrobus*, en cuanto a la respuesta en altura, diámetro, peso seco y peso verde de la raíz y de la parte aérea, bajo condiciones de invernadero. Dicho autor encontró que la mayor altura en *Pinus cembroides* (16.8 cm) y el mayor peso verde de la raíz (3.04 g) en *Pinus pseudostrobus*, causado por el tratamiento de mayor contenido de nitrógeno; para *Pinus pinceana* el mayor diámetro basal (3.90 mm) lo produjo el tratamiento de mayor contenido de potasio y el segundo en cuanto a nitrógeno y en cuanto a fósforo.

Por su parte, Gutiérrez (2001) en un trabajo realizado durante seis meses probó tres niveles diferentes de fertilización sobre *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero, a fin de ver el crecimiento y desarrollo de la altura, diámetro, longitud y volumen de la raíz, peso seco y peso verde del tallo y de la raíz. Dicho autor reporta que para *Pinus cembroides*, en cuanto al incremento en altura y peso verde de la parte aérea sobresalió el tratamiento de mayor contenido de nitrógeno y el peso verde de la raíz sobresalió con el tratamiento de mayor potasio. En *Pinus pinceana* todas las variables sobresalieron también con el tratamiento de mayor contenido de nitrógeno.

Espejel (1993) realizó un experimento para ver la influencia de diferentes concentraciones de fertilización sobre *Pinus greggii* en condiciones de invernadero, haciendo variar a tres niveles la concentración de nitrógeno y fósforo. A los nueve meses, tiempo que duró el experimento, encontró que una concentración de nitrógeno de 50 ppm y 100 ppm produjeron mayor efecto para el peso seco, crecimiento de la raíz y el diámetro basal de las plantas. En cuanto a los niveles de fósforo con 15 ppm, sólo produjeron diferencias significativas para la capacidad de crecimiento de la raíz y para la biomasa, con respecto a las otras variables no se presentaron diferencias significativas.

En tanto, Ruíz (2001) realizó un experimento donde evaluó el efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de *Pinus cembroides* y de *Pinus greggii* en condiciones de invernadero a 150 días comparado con cinco tipos de contenedores (cinco tratamientos) y a 250 días contra tres tipos de contenedores (tres tratamientos). Los contenedores utilizados fueron styroblock (60 ml y 170 ml), copperblock (85 y 220 ml), sistema super cell (160 ml) y polietileno negro (90 ml). Para *Pinus cembroides* reporta que el tratamiento copperblock 220 ml fue el que obtuvo mayor incremento en cuanto al diámetro basal, peso seco de la raíz, peso seco total, volumen de la raíz y longitud radicular a 150 y a 250 días, además de las variables anteriores, obtuvo resultados satisfactorios en el peso verde de la parte aérea. Para esta especie, el peso seco de la parte aérea no fue sensible a los tratamientos. En *Pinus greggii*, el que presentó mayor incremento fue el tratamiento sistema super cell 160 ml para las variables peso seco de la raíz y peso seco total a

150 días. En las demás variables, como en el peso seco, volumen y longitud radicular existe influencia del volumen de contenedor para esta especie, ya que a mayor volumen se desarrolla un mayor sistema radicular.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en el invernadero del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Geográficamente se ubica a 22° 22' 00" de latitud Norte y 101° 00' 19" de longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm (CETENAL, 1977).

3.2 Trabajo de invernadero

3.2.1 Producción de plantas

Para establecer el experimento se preparó el sustrato húmedo que constituye el medio de crecimiento, lo cual consistió en mezclar partes casi iguales de peat

moss, vermiculita y perlita (155, 110 y 125 litros), incorporando desde ese momento el fertilizante Osmocote (17-17-17). Posteriormente se hizo manualmente el llenado de las charolas. Las charolas que se utilizaron fueron de copperblock de 60 cavidades con un volumen de 220 ml por cavidad (5 cm de diámetro superficial, 11.5 cm de altura y 4 estrías). La siembra se realizó en septiembre de 2002, la cual se hizo de manera directa sembrando una semilla por cavidad a una profundidad de 2 cm aproximadamente. La semilla utilizada no recibió ningún tratamiento por ser especies con pocos problemas de germinación.

El riego que se aplicó fue por aspersion, inmediatamente después de haber hecho la siembra manteniendo húmedo y de manera uniforme el medio de crecimiento en todas las charolas. Dicho riego se mantuvo sólo en la etapa de establecimiento. Posteriormente se aplicaron riegos tres veces por semana con una duración aproximada de 30 a 45 minutos por riego. Cabe mencionar que tanto en verano como en invierno la temperatura del invernadero se mantuvo alrededor de 25 °C en el día y 20 °C por la noche.

3.2.2 Preparación y aplicación de la dosis de fertilizante

Esta actividad se empezó a realizar después de seis meses y medio de haberse hecho la siembra, para la cual se emplearon como fuente dos fertilizantes. El primero conocido en su nombre comercial como peter (20N-20P-20K) y el

segundo como agroleaf, (31N-11P-11K) más microelementos, las dosis que se aplicaron fueron expresada en gramos por litro.

Por comodidad, los tratamientos se llamaron “Peter” y “Agroleaf”. Como testigo se utilizó el fertilizante osmocote. Debe aclararse que los dos primeros tratamientos también tenían osmocote en el sustrato desde la siembra.

Para la aplicación de los fertilizantes se establecieron tres etapas (3, 5 y 6 meses, posterior a los seis meses después de siembra) con tres niveles diferentes por tratamiento, a partir de soluciones madre. La solución madre consistió en diluir 100 gramos de peter y 70.9 gramos de agroleaf en 20 litros de agua destilada (cada uno por separado), disminuyendo la dosis al bajar la proporción de esta solución en cada etapa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Secuencia de elementos mayores utilizado en la fertilización de *Pinus cembroides*, *P. greggii* y *P. pinceana* bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Dosis	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)
	1	370	370	370
Peter	2	312.8	312.8	312.8
	3	246.69	246.69	246.69
	1	389.79	247.99	247.99
Agroleaf	2	326.9	225.7	225.7
	3	254.51	199.98	199.98
	1	170.00	170.00	170.00
Testigo	2	170.00	170.00	170.00
	3	170.00	170.00	170.00

A continuación se describe cada etapa del experimento.

En la primera etapa que fue de tres meses de fertilización (marzo a mayo), se tomaron tres litros de la solución madre de cada tratamiento y se les agregó doce litros de agua destilada a cada uno, obteniendo un total de quince litros de cada solución para tres riegos. De los quince litros de cada uno se tomaron cinco litros, los cuales fueron aplicados al follaje a cada charola mediante una regadera manual tres veces por semana, de lo cual resultó una solución de 1 gramo por litro para peter y 0.71 gramos por litro de agroleaf.

Para la segunda fase que se estableció del cuarto al quinto mes, es decir durante un periodo de dos meses, se siguió el mismo procedimiento, sólo que ahora se tomaron dos litros de la solución madre más doce litros de agua destilada considerando catorce litros para tres riegos por semana en cada charola, dando un total de 4.67 litros por riego, con una dosis de 0.71 gramos por litro para peter y 0.51 gramos por litro para agroleaf.

Siguiendo con el mismo procedimiento, en la última fase que corresponde al periodo de un mes, sólo se tomó un litro de la solución madre combinado con los doce litros de agua destilada, dando un total de trece litros para tres riegos por semana, aplicando 4.33 litros por riego para cada charola, donde las dosis fueron de 0.38 gramos por litro para peter y 0.27 gramos por litro para agroleaf.

Las secuencias de fertilización fueron aplicadas sobre las plantas que ya tenían en el sustrato el osmocote. Para cada especie se emplearon 9 charolas o unidades experimentales, aplicando cada tratamiento a 3 charolas, las cuales representan cada repetición. Sin embargo de cada charola se eligieron 15 plantas para medición no destructivas. Se evitó usar plantas de borde y plantas sin vecinos en cada uno de sus costados.

3.2.3 Medición de las variables

Se midió el diámetro basal, la altura total de la parte aérea, el peso seco y peso verde de raíz, y de la parte aérea. El diámetro y la altura se midieron antes de comenzar con la fertilización y al final de cada etapa; en tanto que los pesos únicamente se midieron en la etapa final del experimento (Cuadro 2).

El diámetro se midió a la base del cuello mediante la ayuda de un pie de rey, con aproximación en milímetros.

Cuadro 2. Fechas en que se realizaron las mediciones en la fertilización de *Pinus cembroides*, *P. greggii* y *P. pinceana* durante el año 2003.

Especie	Fechas			
	0	1	2	3
P. cembroides	24 de marzo	20 de junio	28 de agosto	28 de septiembre
<i>P. greggii</i>	10 de febrero	20 de junio	28 de agosto	28 de septiembre

La altura se midió desde la base del cuello hasta el ápice de la planta mediante una regla de madera graduada en centímetros y con aproximación en mm.

Después de haber realizado la última medición de diámetro y altura, se tomaron de manera aleatoria 5 plantas dentro de cada repetición de cada especie por cada tratamiento, a las cuales se les liberó del sustrato adherido a la raíz mediante una manguera con agua a presión. Para ello con la ayuda de una tijera se cortaron las plantas en dos partes para separar la raíz de la parte aérea, posteriormente con la ayuda de una balanza analítica se procedió a pesar por separado dichas partes, en los que el peso fue expresado en gramos, con aproximación en miligramos.

Inmediatamente después de determinar el peso verde para ambas, estas fueron introducidas en bolsas de papel previamente marcadas con el tipo de tratamiento, especie, número de charola y número de planta. Posteriormente se metieron a una estufa de secado a una temperatura de 50 °C durante 72 horas. Posteriormente se sacaron y con la ayuda de una balanza analítica se les determinó el peso seco expresado en gramos, con aproximación en miligramos.

3.3 Diseño experimental

La técnica general que gobierna el análisis de todos los diseños es la misma, surgiendo diferencias sólo en la adaptación de la técnica a la estructura particular de un diseño. Así el modelo indica que el resultado del fenómeno (experimento) depende de una media general (μ), de la combinación específica de factores controlables determinados por el tratamiento i (T_i) y un término aleatorio no controlable (Cochran y Cox, 1980) .

De esta manera el experimento se estableció mediante un diseño completamente al azar para cada especie, con tres tratamientos y tres repeticiones generando 9 unidades experimentales por especie, el modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

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

$i = 1, 2, 3$ (Tratamientos)

$j = 1, 2, 3$ (Repeticiones)

donde:

Y_{ij} = Valor observado en las diferentes variables

μ = Efecto de la media poblacional

T_i = Efecto verdadero del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto de la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento (Error experimental)

3.3.1 Análisis estadístico

Los datos de cada una de las mediciones de las variables bajo estudio se procesaron en el paquete SAS (Statistical Analysis System) para generar los resultados del análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias por el método de Tukey, en el caso en los que se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos por dichos análisis de varianza.

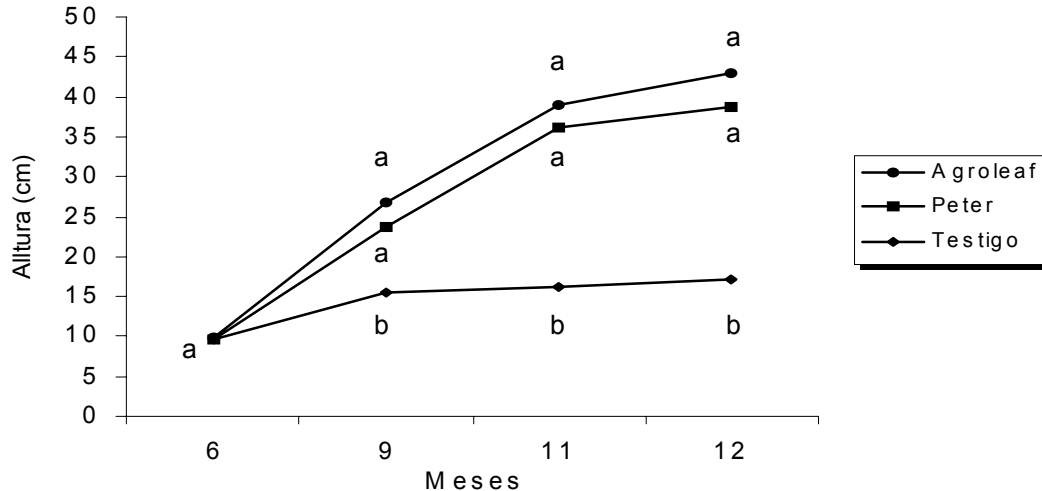
4 RESULTADOS

Los resultados se presentan para cada especie por cada variable. Cuando las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente diferentes, se presenta la agrupación de medias de Tukey.

4.1 *Pinus cembroides*

4.1.1 Altura

Los resultados obtenidos por el análisis de varianza mostraron diferencias significativas a 95 % de confiabilidad entre los tratamientos para esta variable, en las tres fechas. La prueba Tukey de comparación de medias mostró que los tratamientos Agroleaf y Peter son estadísticamente iguales y superiores al testigo en las tres fechas de medición (Figura 1).



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

Figura 1. Altura de las plantas en tres mediciones en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

4.1.2 Incremento en altura

Al determinar el incremento en altura por cada etapa de fertilización, el análisis de varianza detectó diferencias significativas en las tres que se establecieron durante el experimento. Asimismo se detectaron diferencias en el incremento total, es decir durante las tres etapas. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que

los tratamientos Agroleaf y Peter son estadísticamente iguales entre sí y superiores que el testigo en las tres etapas y en la etapa final (Cuadro 3).

Cuadro 3. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

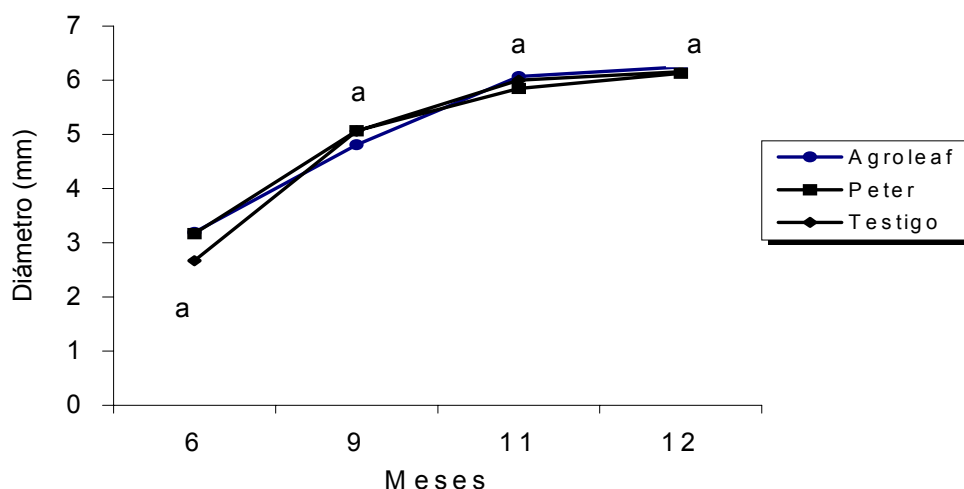
Tratamiento	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		Total	
	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey
Agroleaf	16.87	a*	12.20	a	3.96	a	33.04	a
Peter	14.04	a	12.39	a	2.57	a	29.01	a
Testigo	5.74	b	0.84	b	0.74	b	7.33	b

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

\bar{x} = Incremento medio en altura

4.1.3 Diámetro

El análisis de varianza no registró diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al diámetro en las tres fechas establecidas (Figura 2).



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

Figura 2. Diámetro de las plantas en tres mediciones en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

4.1.4 Incremento en diámetro

Para esta variable el análisis de varianza sólo detectó diferencias significativas en la primera etapa. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que el testigo es estadísticamente diferente y superior a los tratamientos Agroleaf y Peter (Cuadro 4).

Cuadro 4. Incremento en diámetro por etapas e incremento total (mm) en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		Total	
	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey
Testigo	2.38	a	0.94	a	0.17	a	3.48	a
Peter	1.90	b*	0.78	a	0.27	a	2.96	a
Agroleaf	1.61	b	1.25	a	0.18	a	3.05	a

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

\bar{x} = Incremento medio en diámetro

4.1.5 Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de varianza, sólo se encontraron diferencias significativas en el peso verde y peso seco de la parte aérea. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que el Agroleaf y el testigo son estadísticamente diferentes entre sí (Cuadro 5).

Cuadro 5. Peso verde (Pv) y peso seco (Ps) de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

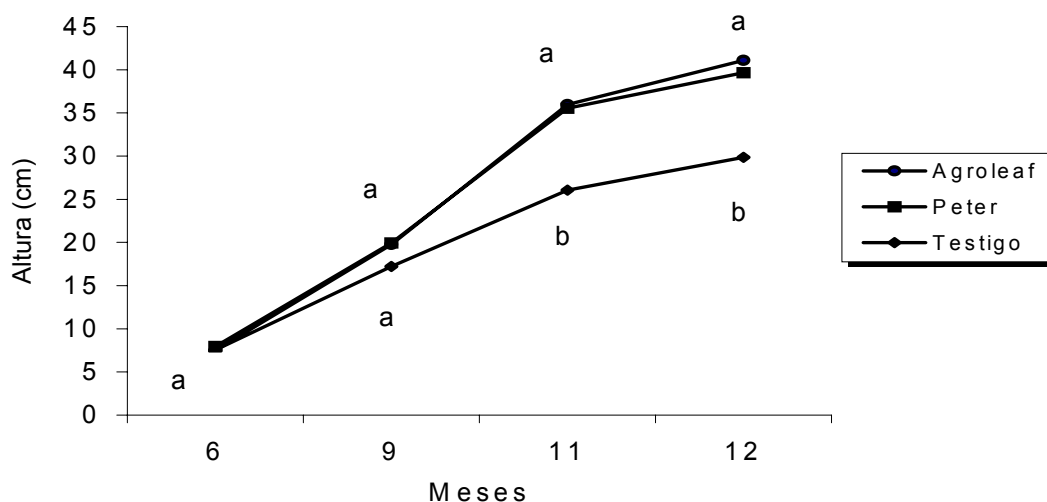
Tratamiento	Parte aérea				Raíz			
	Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey	Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey
Agroleaf	17.00	a*	5.50	a	4.67	a	1.06	a
Peter	14.56	ab	4.90	ab	3.97	a	1.09	a
Testigo	7.78	b	2.75	b	5.77	a	1.36	a

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

4.3 *Pinus pinceana*

4.3.1 Altura

Para esta variable los resultados obtenidos por el análisis de varianza detectaron diferencias estadísticas en las dos últimas mediciones a un 95 % de confiabilidad. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que los tratamientos Agroleaf y Peter son estadísticamente iguales y superior al testigo en las dos últimas mediciones (Figura 3).



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

Figura 3. Altura de las plantas en tres mediciones en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

4.3.2 Incremento en altura

Al determinar el incremento en altura por cada etapa de fertilización, el análisis de varianza detectó diferencias significativas solamente en la segunda etapa.

Asimismo se detectaron diferencias en el incremento total.

Cuadro 6. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		Total	
	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey
Agroleaf	12.26	a*	16.23	a	5.09	a	33.58	a
Peter	11.97	a	15.62	a	4.09	a	31.69	a
Testigo	9.65	a	8.85	b	3.80	a	22.30	b

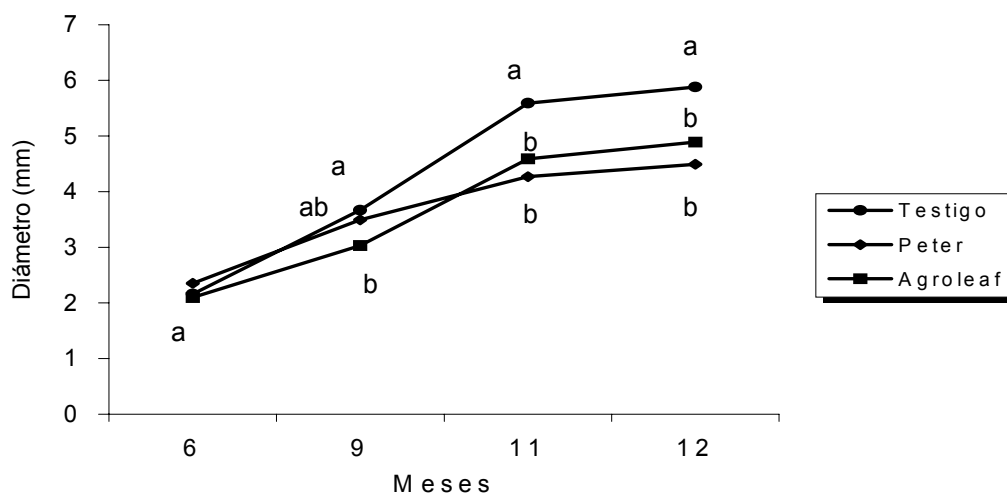
*Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con $\alpha = 0.05$

\bar{x} = Incremento medio en altura

La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que los tratamientos Agroleaf y Peter son estadísticamente iguales y superior al testigo, en la segunda etapa y en la etapa final (Cuadro 6).

4.3.3 Diámetro

Para esta variable los resultados obtenidos por el análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en las tres mediciones a un 95 % de confiabilidad. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que en la primera etapa el tratamiento Agroleaf y el testigo son estadísticamente diferentes y en las dos últimas mediciones, el testigo es estadísticamente diferente y superior al Agroleaf y al Peter (Figura 4).



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

Figura 4. Diámetro de las plantas en tres mediciones en la fertilización de *Pinus pincea* bajo condiciones de invernadero.

4.3.4 Incremento en diámetro

Al determinar el incremento en diámetro, el análisis de varianza solo encontró diferencias estadísticas en la primera y segunda etapa. Asimismo se encontraron diferencias en la etapa final del experimento. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que en la primera etapa el testigo y el Agroleaf son estadísticamente diferentes, en la segunda etapa, el testigo y el Peter son estadísticamente iguales y en la etapa final, el testigo es estadísticamente diferente al Peter y al Agroleaf (Cuadro 7).

Cuadro 7. Incremento en diámetro por etapa e incremento total (mm) en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		Total	
	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey	\bar{x}	Agrupación Tukey
Testigo	1.50	a*	1.92	a	0.29	a	3.72	a
Peter	1.13	ba	1.56	a	0.22	a	2.79	b
Agroleaf	0.92	b	0.77	b	0.29	a	2.14	b

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

\bar{x} = Incremento medio en diámetro

4.3.5 Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de varianza, sólo se encontraron diferencias significativas en el peso verde y peso seco de la raíz. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró el testigo es estadísticamente diferente y superior al Agroleaf y al Peter (Cuadro 8).

Cuadro 8. Peso verde (Pv) y peso seco (Ps) de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

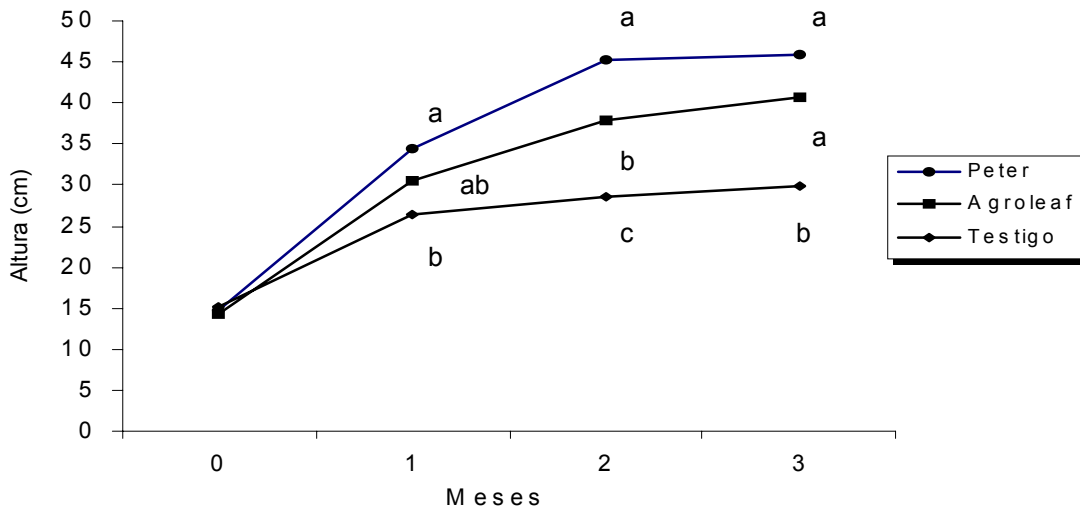
Tratamiento	Parte aérea				Raíz			
	Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey	Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey
Testigo	12.61	a	3.86	a	4.87	a	1.18	a
Agroleaf	10.36	a	3.45	a	1.78	b*	0.45	b
Peter	10.36	a	3.18	a	1.36	b	0.48	b

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

4.2 *Pinus greggii*

4.2.1 Altura

En los resultados arrojados por el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en las tres mediciones, a un 95 % de



confiabilidad.

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

Figura 5. Altura de las plantas en tres mediciones en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que en la primera medición el Peter y el testigo son estadísticamente diferentes, en la segunda medición los tres tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí, siendo superior el Peter, intermedio el Agroleaf e inferior el testigo, y en la tercera los tratamientos Agroleaf y Peter son estadísticamente iguales y superior al testigo (Figura 5).

4.2.2 Incremento en altura

En cuanto a esta variable, el análisis de varianza detectó diferencias significativas en las tres etapas. Asimismo se detectaron diferencias en el incremento total. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que en la primera etapa el Peter y el testigo son estadísticamente diferentes, en la segunda los tres tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí, siendo superior el Peter, intermedio el Agroleaf e inferior el testigo, y en la tercera etapa el Agroleaf es estadísticamente diferente y superior al Peter y al testigo. En el incremento total los tratamientos Peter y Agroleaf son estadísticamente iguales y superiores al testigo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		Total	
	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey
Peter	19.73	a*	10.81	a	0.73	b	31.23	a

Agroleaf	16.11	ab	7.29	b	3.00	a	26.41	a
Testigo	11.23	b	2.21	c	1.27	b	14.72	b

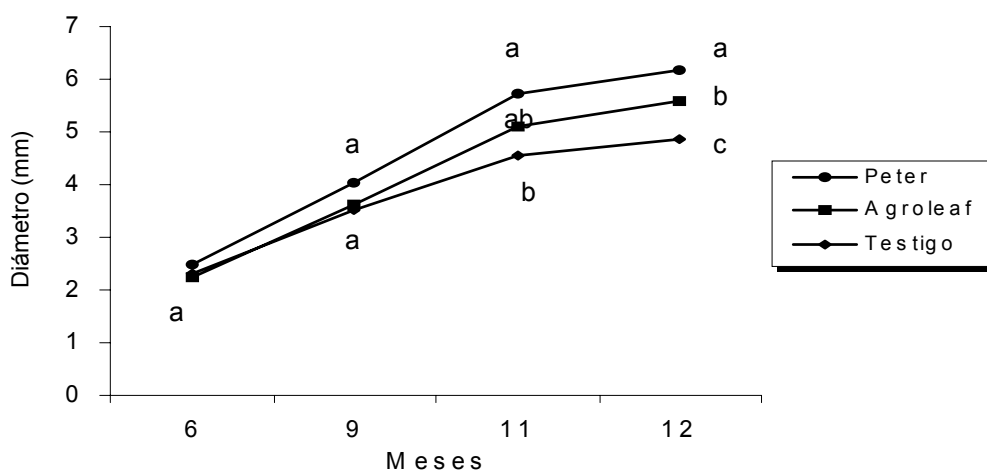
*Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con $\alpha = 0.05$

\bar{X} = Incremento medio en altura

4.2.3 Diámetro

Para el diámetro el análisis de varianza determinó diferencias estadísticas entre los tratamientos sólo para la segunda y tercera evaluación al 95 % de confiabilidad.

La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que en la segunda medición el Peter y el testigo son estadísticamente diferentes y en la tercera medición los tres tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí, siendo mayor el Peter, intermedio el Agroleaf e inferior el testigo (Figura 6).



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

Figura 6. Diámetro de las plantas en tres mediciones en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

4.2.4 Incremento en diámetro

Para esta variable el análisis de varianza determinó diferencias significativas sólo en el incremento total. La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que los tratamientos Peter y Agroleaf son estadísticamente iguales entre sí y superiores al testigo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Incremento en diámetro por etapas e incremento total (mm) en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		Total	
	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey
Peter	1.55	a*	1.71	a	0.43	a	3.70	a
Agroleaf	1.39	a	1.46	a	0.50	a	3.35	a
Testigo	1.20	a	1.05	a	0.29	a	2.55	b

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

\bar{X} = Incremento medio en diámetro

4.2.5 Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas en el peso verde y peso seco de la parte aérea, y peso seco de la raíz.

Cuadro 11. Peso verde (Pv) y peso seco (Ps) de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Parte aérea				Raíz			
	Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey	Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey

Peter	39.56	a*	11.30	a	6.88	a	2.02	a
Agroleaf	36.03	a	10.54	a	5.71	a	1.5	b
Testigo	12.82	b	4.41	b	8.20	a	2.10	a

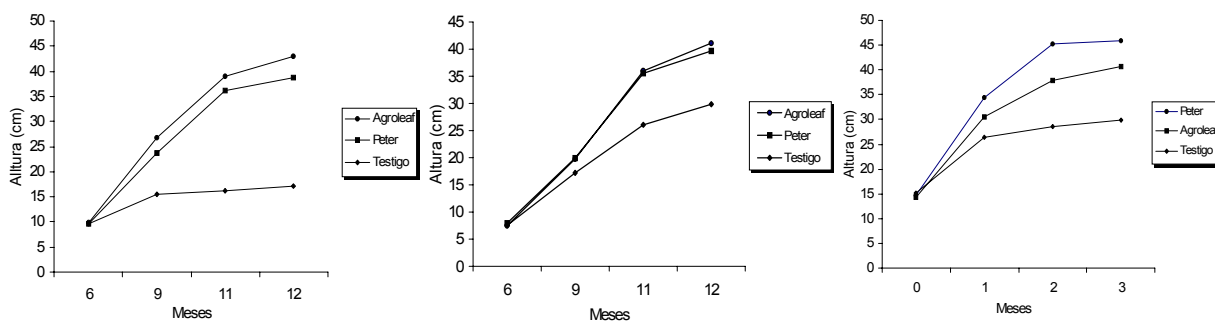
*Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes con $\alpha = 0.05$

La prueba de Tukey de comparación de medias mostró que en el peso verde y peso seco de la parte aérea los tratamientos Peter y Agroleaf son estadísticamente iguales y superiores al testigo, y en el peso seco de la raíz, el Peter y el testigo son estadísticamente iguales (Cuadro 11).

5 DISCUSIÓN

5.1 Altura

En la Figura 7 se puede observar que en general, los tratamientos Agroleaf y Peter causaron mayor respuesta a la fertilización en las tres especies al producir plantas más altas respecto al testigo. Esto se puede atribuir probablemente al mayor contenido de nitrógeno en dichos tratamientos, ya que el testigo no fue fertilizado, excepto que tenía el Osmocote en el sustrato en forma granulada y no hubo control de su liberación; mientras que los otros tratamientos fueron aplicados en solución al follaje y tenían el Osmocote en el sustrato, lo que probablemente hizo más fácil su



asimilación.

Pinus cembroides

Pinus piniceana

Pinus greggii

Figura 7. Altura de las plantas en la fertilización de *Pinus cembroides*, *P. piniceana* y *P. greggii* bajo condiciones de invernadero.

En un experimento sobre *Pinus cembroides*, García (2001) reporta que el mayor valor en cuanto a la variable altura se logró con el tratamiento de mayor contenido de nitrógeno, obteniendo una altura de 18.8 cm a los nueve meses; algo muy parecido a lo obtenido en el presente experimento en los tratamientos Agroleaf y Peter.

De la misma manera, Gutiérrez (2001) en su trabajo sobre *Pinus pinceana* reporta que el tratamiento que también contenía mayor nitrógeno causó un mayor efecto sobre la variable altura, alcanzando 20.71 cm a los seis meses de establecimiento, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Sin embargo, en otro trabajo realizado por Espejel (1993) durante nueve meses, reporta que para *Pinus greggii* no encontró diferencias significativas en cuanto a la variable altura, con una variación de nitrógeno de 50 ppm a 100 ppm y 15 ppm de fósforo. Este resultado es diferente al obtenido en el presente trabajo.

5.2 Incremento en altura

En general, los tratamientos que mostraron mayor incremento en altura fueron causados por el Agroleaf y el Peter (Cuadro 12).

Cuadro 12. Incremento en altura por etapas e incremento total (cm) en la fertilización de *Pinus cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii* bajo condiciones de invernadero.

Especie	Tratamiento	Primera etapa	Segunda etapa	Tercera etapa	Total
		Agrupación	Agrupación	Agrupación	Agrupación
_____		_____	_____	_____	_____

		\bar{X}	Tukey	\bar{X}	Tukey	\bar{X}	Tukey	\bar{X}	Tukey
	Agroleaf	16.87	a*	12.20	a	3.96	a	33.04	a
<i>Pinus cembroides</i>	Peter	14.04	a	12.39	a	2.57	a	29.01	a
	Testigo	5.74	b	0.84	b	0.74	b	7.33	b
	Agroleaf	12.26	a*	16.23	a	5.09	a	33.58	a
<i>Pinus pinceana</i>	Peter	11.97	a	15.62	a	4.09	a	31.69	a
	Testigo	9.65	a	8.85	b	3.80	a	22.30	b
	Peter	19.73	a*	10.81	a	0.73	b	31.23	a
<i>Pinus greggii</i>	Agroleaf	16.11	ab	7.29	b	3.00	a	26.41	a
	Testigo	11.23	b	2.21	c	1.27	b	14.72	b

Esto probablemente se debe al mayor contenido de nitrógeno en dichos tratamientos respecto al testigo, ya que sigue la misma tendencia que la variable anterior.

En el Cuadro 12 es posible ver también que en *Pinus cembroides* y *Pinus greggii* el mayor incremento en altura se obtuvo en la primera etapa; mientras que en *Pinus pinceana* fue en la segunda etapa.

5.3 Diámetro

Para esta variable, en la Figura 8 se puede apreciar que *Pinus cembroides* no mostró diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, lo cual probablemente se debe a que es una especie de lento crecimiento.

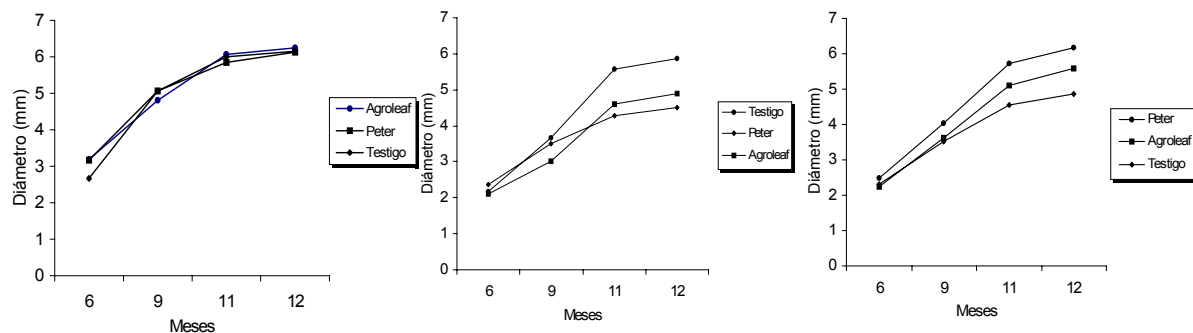


Figura 8. Diámetro de las plantas en la fertilización de *Pinus cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii* bajo condiciones de invernadero.

En *Pinus pinceana* sobresalió el testigo, esto se debe probablemente a que como el testigo contiene menos nitrógeno, por lo que hubo menor incremento en la altura, lo cual hizo que los productos de asimilación se distribuyeran proporcionalmente hacia el diámetro. Este supuesto se puede reforzar al observar que en esta especie el tratamiento de mayor diámetro es el que mostró menor crecimiento en altura y los tratamientos de menor diámetro son los que mostraron mayor altura.

En *Pinus greggii*, los tratamientos Agroleaf y Peter de mayor contenido de nitrógeno fueron capaces de superar al testigo. Esto probablemente se debe a que es una especie de rápido crecimiento, con respecto a las dos especies anteriores.

De la misma manera, García (2001) y Gutiérrez (2001) en experimentos realizados sobre *Pinus cembroides*, reportan que no encontraron diferencias significativas para la variable diámetro basal a los nueve y siete meses de establecimiento; algo similar a los resultados obtenidos en el presente trabajo, sobre *Pinus cembroides*.

5.4 Incremento en diámetro

El incremento en diámetro (Cuadro 13), tuvo una tendencia similar que la variable diámetro, donde *Pinus cembroides* al final del experimento no mostró diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, lo cual se puede atribuir probablemente a que es una especie de lento crecimiento.

Cuadro 13. Incremento en diámetro por etapas e incremento total (mm) en la fertilización de *Pinus cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii* bajo condiciones de invernadero.

Especie	Tratamiento	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		Total	
		\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey	\bar{X}	Agrupación Tukey
	Testigo	2.38	a	0.94	a	0.17	a	3.48	a
<i>Pinus cembroides</i>	Peter	1.90	b*	0.78	a	0.27	a	2.96	a
	Agroleaf	1.61	b	1.25	a	0.18	a	3.05	a
<i>Pinus pinceana</i>	Testigo	1.50	a*	1.92	a	0.29	a	3.72	a
	Peter	1.13	ba	1.56	a	0.22	a	2.79	b
	Agroleaf	0.92	b	0.77	b	0.29	a	2.14	b
<i>Pinus greggii</i>	Peter	1.55	a*	1.71	a	0.43	a	3.70	a
	Agroleaf	1.39	a	1.46	a	0.50	a	3.35	a
	Testigo	1.20	a	1.05	a	0.29	a	2.55	b

En *Pinus pinceana* sobresalió el testigo, lo cual se debe probablemente a que en esta especie las plantas invirtieron más los productos de asimilación en la altura que en el diámetro, y en *Pinus greggii* los tratamientos Agroleaf y Peter superaron al testigo, lo cual se atribuye probablemente a que es una especie de rápido crecimiento, lo que hace que responda mejor a la fertilización, que *Pinus cembroides* y *P. pinceana*.

En el Cuadro 13 también se puede apreciar que en *Pinus cembroides* y *Pinus greggii* el mayor incremento en diámetro se obtuvo en la primera etapa, solo que en la primera especie sobresalió el testigo y en la segunda sobresalieron los tratamientos Agroleaf y Peter de mayor contenido de nitrógeno; mientras que en *Pinus pinceana* el mayor incremento en diámetro se obtuvo con el testigo en la segunda etapa.

5.5 Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea

En general, en *Pinus cembroides* el mayor peso verde y peso seco de la parte aérea se obtuvo solamente en el tratamiento Agroleaf y en *Pinus greggii* se obtuvo en los tratamientos Agroleaf y Peter (Cuadro 14), lo cual se debe probablemente al mayor contenido de nitrógeno en dichos tratamientos, ya que, además de la altura, estimula el crecimiento vegetativo de la planta dándole un intenso color verde; es de interés aclarar que aunque el color de las plantas no se midió directamente, durante el experimento, visualmente mostraron un intenso color verde. Además esto coincide con lo que señalan Tisdale y Nelson (1991), quienes mencionan que cuando el nitrógeno y las condiciones externas son favorables, aumenta la hidratación del protoplasma y la planta se vuelve más succulenta.

En cuanto al peso verde y peso seco de la raíz solamente se obtuvieron resultados en *Pinus pinceana*, en el que sobresalió el testigo. Esto se debe probablemente a que como ésta especie no recibió la aplicación del fertilizante foliar, por la cual no se estimuló el crecimiento en altura, lo cual hizo que los productos de asimilación se distribuyeran proporcionalmente en las diferentes partes de las plantas, este supuesto se puede reforzar al observar que en dicha especie sobresalieron las variables diámetro e incremento en diámetro y no sobresalieron las variables altura, incremento en altura en el testigo. En *Pinus greggii* sobresalió el tratamiento Peter y el testigo, lo cual puede atribuirse probablemente al mayor contenido de fósforo, respecto al tratamiento Agroleaf, esto coincide con lo que señalan Tisdale y Nelson (1991), quienes mencionan que, la cantidad favorable de fósforo en las plantas estimula el desarrollo radicular.

Cuadro 14. Peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de *Pinus cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii* bajo condiciones de invernadero.

Especie	Tratamiento	Parte aérea				Raíz			
		Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey	Pv (g)	Agrupación Tukey	Ps (g)	Agrupación Tukey
<i>Pinus cembroides</i>	Agroleaf	17.00	a*	5.50	a	4.67	a	1.06	a
	Peter	14.56	ab	4.90	ab	3.97	a	1.09	a
	Testigo	7.78	b	2.75	b	5.77	a	1.36	a
<i>Pinus pinceana</i>	Testigo	12.61	a	3.86	a	4.87	a	1.18	a
	Agroleaf	10.36	a	3.45	a	1.78	b*	0.45	b
	Peter	10.36	a	3.18	a	1.36	b	0.48	b
<i>Pinus greggii</i>	Peter	39.56	a*	11.30	a	6.88	a	2.02	a
	Agroleaf	36.03	a	10.54	a	5.71	a	1.5	b
	Testigo	12.82	b	4.41	b	8.20	a	2.10	a

En cuanto a *Pinus cembroides*, no se encontraron diferencias significativas en las variables peso verde y peso seco de la raíz, lo cual probablemente se debe al

tamaño reducido del contenedor, ya que este impide que la raíz crezca más allá de cierto punto, por lo que los productos de asimilación se movieron hacia la parte aérea de la planta. Este supuesto se puede complementar al observar que las plantas de mayor altura mostraron mayor peso de la parte aérea y no mostraron diferencias en las variables de la raíz.

En otro trabajo, Ruíz (2001) reporta que para *Pinus cembroides* el tratamiento copperblock 220 ml comparado con styroblock 60 ml, sistema super cell 160 ml y polietileno 90 ml, mostró mayor incremento en cuanto al peso seco de la raíz, volumen de la raíz y longitud radicular, a 150 y a 250 días, lo cual refuerza al complementar que el volumen, peso verde y peso seco de la raíz dependen en gran medida del volumen del contenedor.

CONCLUSIONES

La aplicación de los fertilizantes Agroleaf (31-11-11) y Peter (20-20-20) causaron mayor efecto en las variables altura e incremento en altura en las tres especies, respecto a aquellas plantas que no recibieron estas aplicaciones.

En cuanto a las variables diámetro e incremento en diámetro, en *Pinus greggii*, sobresalieron los tratamientos Agroleaf y Peter, comparado con el testigo; en *Pinus pinceana* no hubo ningún efecto por parte de la fertilización debido a que en esta especie sobresalió el testigo, tanto en el diámetro como en el incremento en diámetro; en *Pinus cembroides* no se detectaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos para dichas variables al final del experimento, sin embargo en la primera etapa sobresalió el testigo.

Para las variables peso verde y peso seco de la parte aérea, en *Pinus cembroides* el mayor efecto se obtuvo en el tratamiento Agroleaf; para *Pinus greggii* los tratamientos Agroleaf y Peter fueron capaces de superar al testigo; y en *Pinus pinceana* no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos para estas dos variables.

Respecto al peso verde y peso seco de la raíz, en *Pinus cembroides* no se obtuvieron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos para las dos variables; en *Pinus pinceana* sobresalió el testigo; y *Pinus greggii* sobresalió con el tratamiento Peter y el testigo en cuanto al peso seco de la raíz.

7 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, es posible recomendar lo siguiente:

- 1) En otros trabajos similares, darle seguimiento mediante una evaluación en campo, para determinar si cumplieron con los requisitos necesarios en cuanto a sus características morfológicas.
- 2) Utilizar las mismas dosis, sólo que ahora en macetas o envases de mayor capacidad para que la planta tenga espacio en desarrollar el sistema radicular.
- 3) Realizar análisis de laboratorio para determinar el contenido de nutrientes en las diferentes partes de la planta.

- 4) En trabajos similares, después de haber terminado con los tratamientos de fertilización, aplicar algún tratamiento de endurecimiento (estrés hídrico), para que las plantas obtengan mayor resistencia a las condiciones ambientales de campo, como sequía, frío, heladas, daños mecánicos, plagas y enfermedades.

LITERATURA CITADA

Alpi, M. y F. Tognoni. 1999. Cultivo en invernadero. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Tercera edición. España, 347 p.

Binkley, D. 1993. Nutrición forestal. Editorial Limusa. Grupo Noriega. México. 148 p.

CETENAL. 1977. Carta topográfica Saltillo. G14C33. Escala 1:50 000. México.

Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1980. Diseños experimentales. Editorial Trillas. México. 661 p.

Devlin, R. M. 1982. Fisiología vegetal. Cuarta edición. Editorial Omega. Barcelona. 517 p.

Domínguez V., A. 1997. Tratado de fertilización. Tercera edición. Grupo Mundi-Prensa. España. 613 p.

García A., A. y M. S. González E. 1998. Pinaceas de Durango. Instituto de Ecología, A. C. Durango, México. 179 p.

García G., G. 2001. Efecto de tres tratamientos de fertilización en tres especies de pino en etapa de vivero bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 58 p.

Gutiérrez S., M. 2001. Efecto de tres niveles de fertilizantes sobre *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus pinceana* Gord. bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 44 p.

Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de conocimientos de género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 623 p.

Espejel C., O. 1993. Efecto de diferentes regímenes de fertilización sobre el crecimiento de *Pinus greggii* Engelm., en etapa de vivero. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 66 p.

Hartman, H. T. y D. E. Kester. 1999. Propagación de plantas. CECOSA. México. 760 p.

INE. 1994. Norma Oficial Mexicana -059 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece las especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación. 1993. SEMARNAT, México.

Landis, T. D. 1989. Mineral and fertilization. *In*: Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald y J. P. Barnett. The container Tree Nursery Manual. Vol. 4. Agric. Handbdk. 674. Forest Service. Washington, DC. 119 p.

Mantallana, G. y J. I. Montero C. 1995. Invernaderos (Diseño, construcción y climatización). Ediciones Mundi-Prensa. España. 209 p.

Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Editorial Botas. México 361 p.

Montoya O., J. y O. Cámara M. 1996. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 172 p.

Perry, P. J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. U. S. A. 231 p.

Prieto R., J. A., G. C. Vera y E. B. Merlín 1999. factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en viveros. Folleto técnico. N. 11. Campo experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. INIFAP. Durango, Dgo. 23 p.,

Robert, M. F. 1977. Nota sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc., en México. *Ciencia Forestal*. 2(10):49-58.

Resh, H. M. 1982. Cultivo hidropónico. Nueva técnica de producción. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 318 p.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.

Ruíz S., P. 2001. Evaluación del efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus greggii* Engelm., bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 53 p.

SEMARNAP. 1995. Programa forestal y de suelos 1995-2000. Poder Ejecutivo Federal. México. 40 p.

Simón, J. 1998. México en riesgo. Un medio ambiente al borde del abismo. Editorial Diana. México. 301 p.

Tisdale, L. S. y W. L. Nelson. 1991. Fertilidad de los suelos y los fertilizantes. UTEHA. México. 760 p.

Venator, Ch. y H. L. Liegel 1985. Manual de viveros mecanizados para plantas a raíz desnuda y sistema semimecanizado en recipientes menores a 130 cc. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional Forestal. Ecuador. 152 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza de las medias en las tres mediciones de la altura en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Altura 1			Altura 2			Altura 3		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	101.62	21.28	0.0019	455.33	48.87	0.0002	575.97	88.59	0.0001
Error	8	4.77			9.31			6.5		
		CV = 9.94 %			CV = 10.02 %			CV = 7.75 %		

Apéndice 2. Análisis de varianza de las medias en las tres etapas del incremento en altura e incremento total en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Total		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	100.41	16.12	0.0039	131.25	53.00	0.0002	7.82	15.07	0.0046	573.66	74.35	0.0001
Error	8	6.22			2.47			0.51			7.71		
		CV = 20.41 %			CV = 18.55 %			CV = 29.66 %			CV = 12.00 %		

Apéndice 3. Análisis de varianza de las medias de las tres mediciones del diámetro en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3
----	----	------------	------------	------------

		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	
Trat	2	0.062	0.47	0.6440	0.038	0.27	0.7713	0.012	0.07	0.9315	
Error	8	0.13			0.14			0.17			
CV = 7.29 %				CV = 6.26 %				CV = 6.69 %			

Apéndice 4. Análisis de varianza de las medias en las tres etapas del incremento en diámetro e incremento total en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Total				
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F		
Trat	2	0.44	28.03	0.0009	0.17	2.11	0.2027	0.009	0.25	0.7866	0.23	3.23	0.1116		
Error	8	0.01			0.083			0.0.038			0.073				
CV = 6.43 %				CV = 28.96 %				CV = 93.04 %				8.55 %			

Apéndice 5. Análisis de varianza de las medias del peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Parte aérea						Raíz							
		Peso verde			Peso seco			Peso verde			Peso seco				
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F		
Trat	2	68.43	7.22	0.0253	6.25	5.65	0.0417	2.47	0.79	0.4947	0.084	0.81	0.4899		
Error	8	9.47			1.10			3.11			0.10				
CV = 23.47 %				CV = 23.99 %				CV = 36.71 %				CV = 27.67			

Apéndice 6. Análisis de varianza de las medias en las tres mediciones de la altura en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Altura 1			Altura 2			Altura 3			
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	
Trat	2	6.51	1.79	0.2457	94.25	18.66	0.0027	11.61	23.23	0.0015	
Error	8	3.64			5.05			4.80			
CV = 10.04 %				CV = 6.90 %				CV = 5.94 %			

Apéndice 7. Análisis de varianza de las medias en las tres etapas del incremento en altura e incremento total en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Total				
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F		
Trat	2	6.13	1.91	0.2279	50.40	239.29	0.0001	1.37	1.46	0.3044	109.49	26.31	0.0011		
Error	8	3.20			0.21			0.94			4.16				
CV = 15.85 %				CV = 3.38 %				CV = 22.43 %				CV = 6.98%			

Apéndice 8. Análisis de varianza de las medias de las tres mediciones del diámetro en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Diámetro 1			Diámetro 2			Diámetro 3		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	0.31	5.80	0.0396	1.43	9.42	0.0141	1.53	13.09	0.0065

Error	8	0.05		0.15		0.11
		CV = 6.84 %		CV = 8.07 %		CV = 6.72 %

Apéndice 9. Análisis de varianza de las medias en las tres etapas del incremento en diámetro e incremento total en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Total		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	0.26	8.28	0.0188	1.03	11.65	0.0086	0.004	0.47	0.6471	1.89	18.43	0.0027
Error	8	0.03			0.08			0.009			0.10		
		CV = 14.90 %			CV = 20.90 %			CV = 35.99 %			CV = 2.88 %		

Apéndice 10. Análisis de varianza de las medias del peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de *Pinus pinceana* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Parte aérea						Raíz					
		Peso verde			Peso seco			Peso verde			Peso seco		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	5.06	0.49	0.6355	0.34	0.49	0.6334	11.00	11.98	0.0080	0.51	9.92	0.0125
Error	8	10.34			0.69			0.91			0.05		
		CV = 28.94 %			CV = 23.89 %			CV = 35.80 %			CV = 32.12 %		

Apéndice 11. Análisis de varianza de las medias en las tres mediciones de la altura en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Altura 1			Altura 2			Altura 3		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	46.95	7.76	0.0216	205.28	29.31	0.0008	198.69	24.43	0.0013
Error	8	6.04			7.00			8.13		
		CV = 8.07 %			CV = 7.11 %			CV = 7.33 %		

Apéndice 12. Análisis de varianza de las medias en las tres etapas del incremento en altura e incremento total en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Total		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	54.55	10.35	0.0114	56.09	47.64	0.0002	4.21	8.98	0.0157	216.26	27.90	0.0009
Error	8	5.27			1.17			0.46			7.75		
		CV = 14.62 %			CV = 16.02 %			CV = 40.90 %			CV = 11.53 %		

Apéndice 13. Análisis de varianza de las medias de las tres mediciones del diámetro en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Diámetro 1			Diámetro 2			Diámetro 3		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	0.22	4.34	0.0682	1.05	10.74	0.0104	1.30	28.49	0.0009

Error	8	0.05		0.09		1.04
CV = 6.09 %			CV = 6.09 %			CV = 3.86 %

Apéndice 14. Análisis de varianza de las medias en las tres etapas del incremento en diámetro e incremento total en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Total		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	0.09	0.93	0.4455	0.33	3.13	0.1172	0.03	0.82	0.4849	1.03	28.61	0.0009
Error	8	0.09			0.10			0.04			0.03		
CV = 22.53 %			CV = 23.21 %			CV = 49.17 %			CV = 5.93 %				

Apéndice 15. Análisis de varianza de las medias del peso verde y peso seco de la raíz y de la parte aérea en la fertilización de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Parte aérea						Raíz					
		Peso verde			Peso seco			Peso verde			Peso seco		
		CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F	CM	Fc	Pr>F
Trat	2	633.16	66.02	0.0001	42.85	29.45	0.0008	4.64	3.89	0.0825	0.31	8.78	0.0165
Error	8	9.59			1.45			1.19			0.03		
CV = 10.50 %			CV = 13.77 %			CV = 15.76 %			CV = 10.12 %				