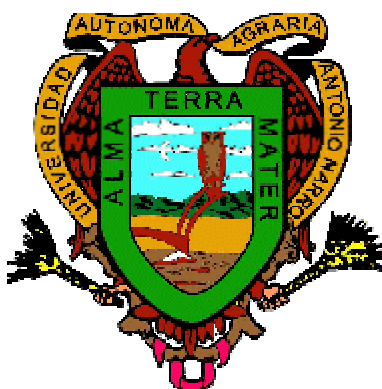


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



Efecto de tres niveles de fertilizante sobre *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus pinceana* Gord. bajo condiciones de invernadero

POR

MANUEL FELIPE GUTIERREZ SOTO

TESIS

Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:
Ingeniero Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Octubre del 2001

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DEPARTAMENTO FORESTAL
DIVISIÓN DE AGRONOMIA

Efecto de tres niveles de fertilizante sobre *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus pinceana* Gord.
Bajo condiciones de invernadero.

TESIS PRESENTADA POR:
MANUEL FELIPE GUTIÉRREZ SOTO

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

SINODAL

SINODAL

M.C. José Armando Nájera Castro

Ing. Sergio Braham Sabag

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE AGRONOMIA

MC. Reynaldo Alonso Velazco

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Octubre del 2001

DEDICATORIA

A Dios y al Santo Niño Chichihua por darme oportunidad de estar en estos momentos gozando de vida y entera salud y por estar siempre presentes en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi padre: **José Manuel Gutiérrez Equihua.**

Quién con esfuerzo y dedicación me brindo todo su apoyo moral y económico, esos consejos de padre y amigo que nunca olvidare, gracias por enseñarme a terminar todo que se empieza y ten por seguro que tu esfuerzo puesto en mi, para la culminación de mi carrera, no serán envano, mil gracias y eres el mejor padre del mundo.

A mi madre: **Ma. Cecilia Soto Campos †.**

Que fuiste un ejemplo de fuerza y grandeza, mientras estuviste con nosotros diste todo, ese cariño de madre que todos tus hijos recordamos y llevamos dentro, fuiste nuestra inspiración para salir adelante, a ti también te doy mil gracias por estar siempre al mi lado y velar por mi bien.

A mis hermanas; **Analine, Ruth Isela, Alejandra, Talía** y la más pequeña **Dulce María**, muchas gracias por todo el apoyo moral y económico brindado durante el transcurso de mi carrera, gracias por los momentos gratos que pase con ustedes y por confiar en mi, no las defraudare.

AGRADECIMIENTOS

A mis abuelos:

Felipe Gutiérrez Pasaye

Santiago Soto Ochoa

Que me han brindado cariño y consejos para salir adelante en mi vida y mi carrera, gracias por todo.

A mi tía **Hortensia** (Tenchá) por ver por mí y por todas mis hermanas, cuando más te necesitamos, siempre estaremos agradecidos contigo y nunca acabaremos de pagártelo.

A la maestra **Alma Ruth**, y a sus hijos (**Chava y Christian**), con quienes hemos formado una familia, y gracias a ello el logro de cada uno de nosotros.

Al **Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga** por todas las facilidades e interés brindado para la realización del presente trabajo.

Al **M.C. José Armando Nájera Castro** por haber aceptado ser parte del presente trabajo y participado en la revisión del presente.

Al **Ing. Sergio Braham Sabag** por haber participado en la revisión de esta tesis.

Al **CECFOR # 1** Por ser la institución que forjó mis primeros cimientos, en cuanto a la carrera, y que fue base para salir adelante.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por haberme brindado todas las facilidades para la culminación de mi carrera, y a sus profesores que fueron la base del conocimiento adquirido.

A mis Amigos y Compañeros de generación; **Samuel, José Francisco, Jesús Soto, Ángel, Leopoldo, Carmen, Santiago, Alejandro, Alverto**, con quienes compartí momentos agradables y aquellos que participaron de forma directa o indirecta con la realización del presente trabajo.

Al **Prof. Juan Manuel Molina**, gracias por tu amistad y a los integrantes del grupo de danza; compañeros y amigos con quienes pase momentos felices e inolvidables y especialmente a **Lulú** por el tiempo compartido conmigo y apoyo incondicional puesto en mi.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pagina
ÍNDICE DE CUADROS	i
RESUMEN	ii
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Descripción del género <i>Pinus</i>	3
2.2 <i>Pinus cembroides</i> Zucc.....	3
2.2.1 Condiciones ecológicas.....	3
2.2.2 Distribución geográfica.....	4
2.2.3 Importancia.....	5
2.3 <i>Pinus pinceana</i> Gord.....	5
2.3.1 Condiciones ecológicas.....	5
2.3.2 Distribución geográfica.....	6
2.3.3 Importancia.....	6
2.4 Fertilización.....	7
2.4.1 Elementos mayores.....	8
2.4.2 Elementos menores y micronutrientes.....	11
2.5 Sustratos utilizados.....	12
2.5.1 Peat-moss o turba.....	12
2.5.2 Perlita.....	12
2.5.3 Vermiculita.....	13
2.6 Invernadero.....	13
2.7 Contenedores.....	14
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 Ubicación del área de estudio.....	15
3.2 Actividades realizadas en invernadero.....	15
3.2.1 Material utilizado.....	15
3.2.2 Preparación y aplicación de la dosis de fertilizantes.....	16
3.2.3 Mediciones.....	17
3.3 Diseño experimental.....	18
3.3.1 Tratamiento de los datos.....	19
IV RESULTADOS.....	20
4.1 <i>Pinus cembroides</i>	20
4.1.1 Incremento en altura.....	20
4.1.2 Peso verde de la parte aérea	21
4.1.3 Peso verde de la raíz.....	21
4.1.4 Longitud de la raíz.....	22

	Pagina
4.2 <i>Pinus pinceana</i>	23
4.2.1 Altura.....	23
4.2.2 Incremento en altura.....	24
4.2.3 Peso verde de la parte aérea.....	24
4.2.4 Peso seco de la parte aérea.....	25
V DISCUSIÓN.....	27
5.1 <i>Pinus cembroides</i>	27
5.2 <i>Pinus pinceana</i>	29
VI CONCLUSIONES.....	31
VII RECOMENDACIONES.....	33
LITERATURA CITADA.....	34
APÉNDICE.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

No. cuadro	Pagina
1 Papel de los elementos menores y micronutrientes sobre las plantas..	11
2 Tratamientos y dosis de fertilización en el experimento.....	17
3 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable incremento en altura para <i>Pinus cembroides</i>	20
4 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso verde de la parte aérea para <i>Pinus cembroides</i>	21
5 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso verde de la raíz para <i>Pinus cembroides</i>	22
6 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable longitud de la raíz para <i>Pinus cembroides</i>	22
7 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable altura para <i>Pinus pinceana</i>	23
8 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable incremento en altura para <i>Pinus pinceana</i>	24
9 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso verde de la parte aérea para <i>Pinus pinceana</i>	25
10 Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso seco de la parte aérea para <i>Pinus pinceana</i>	26

RESUMEN

El presente experimento se llevó a cabo durante un período de seis meses, en el cual se probaron 3 dosis diferentes de fertilización (N,P,K) (tratamiento 1: 400:120:200 ppm, tratamiento 2: 100:120:300 ppm y el tratamiento 3: 32:8:12 ppm), con la finalidad de observar el efecto causado sobre las especies de *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana* y determinar cual aporta mejores resultados para dichas especies utilizando como medio de cultivo una mezcla compuesta por peat-moss, perlita y vermiculita en una proporción de 3:1:1.

El experimento se llevó a cabo en el invernadero del Departamento Forestal que se ubica dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coah., bajo un diseño completamente al azar, con tres tratamiento, cinco repeticiones y seis plantas por repetición.

Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) para las variables: Incremento en altura, longitud de la raíz, peso verde de la raíz y peso verde de la parte aérea para *Pinus cembroides*, y las variables: altura, incremento en altura, peso verde de la parte aérea y peso seco de la parte aérea para *Pinus pinceana*, resultado de las dosis aplicadas dos veces por semana en un período de seis meses.

Para *Pinus cembroides*, en la variable incremento en altura, sobresalió el tratamiento 1, registrando mayor valor (6.74 cm), y el menor valor (4.66 cm) estuvo en el tratamiento 2. En cuanto a la variable longitud de la raíz, registró mayor valor el tratamiento 3 (89.55 cm) y el menor valor (63.58 cm) correspondió al 9 (testigo). La variable peso verde de la raíz mostró mayor valor (14.42 gr) en el tratamiento 2, respecto al 9 (testigo) que tuvo menor valor (10.12). El tratamiento 1 en la variable peso verde de la parte aérea presentó el mayor valor (15.40 gr), y por el Contrario, el testigo registró (11.62 gr), debido a que no se aplicó fertilizante.

Para *Pinus pinceana* en todas las variables donde se mostraron diferencias significativas, el mayor efecto fue causado por el tratamiento 1, que contenía mayor contenido de nitrógeno, respecto al tratamiento 3 donde la fertilización fue menor y en cada caso obtuvo el menor de los valores; donde la variable altura tuvo un efecto mayor (20.21 cm) y un menor (17.42), para la variable incremento en altura se obtuvo mayor resultado (5.79 cm) respecto a (3.02 cm), para la variable peso verde de la parte aérea el mayor resultado (14.25 gr) y el menor (8.93 gr) y con un mayor resultado (4.97 gr) y un menor (3.15) para la variable peso seco de la parte aérea.

I INTRODUCCIÓN

Existe una estrecha relación entre el hombre y los recursos naturales, sin embargo en los primeros tiempos de la humanidad no se contaba con métodos de manejo adecuados, pero por la abundancia de los recursos aprovechables, no eran muy necesarios. Paulatinamente se produjo un deterioro de los recursos, debido a que el bosque solo se consideraba un elemento más del ambiente y una fuente inagotable de recursos, lo contrario de lo que en nuestros tiempos hemos aprendido, aunque de forma muy dolorosa.

Por tal motivo, en la actualidad se ha creado una conciencia más conservacionista y a la vez realista, sobre el buen manejo y aprovechamiento de estos recursos, realizandose investigaciones y proyectos relacionados con la recuperación de áreas explotadas irracionalmente, mediante reforestaciones y algunas técnicas aplicadas a la recuperación de suelos erosionados. Sin embargo, los resultados obtenidos en muchos de esos proyectos, no han sido los esperados para mitigar los efectos del deterioro ecológico; estas fallas primordialmente tienen varias causas, desde la mala calidad de planta que viene de vivero, lo cual se refleja en la escasa sobrevivencia en los sitios destinados a la plantación. En ocasiones las áreas de plantación o reforestación no presentan condiciones para el buen crecimiento y desarrollo de las plántulas por la falta de una buena preparación del sitio.

Lo anterior nos indica la necesidad de realizar investigación con el fin de obtener planta de mejor calidad, capaz de reunir las características necesarias para el éxito de la plantación.

En el presente trabajo se realizó un experimento para determinar las dosis adecuadas de nutrientes mayores para producir una planta de calidad, con características tanto fisiológicas como morfológicas, necesarias para la sobrevivencia y buen crecimiento en áreas destinadas a restauración y protección

y así acercarnos más a lo que puede ser un modelo a seguir, dentro de la producción de especies forestales.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Observar el efecto de las diferentes concentraciones de elementos mayores sobre las características fisiológicas y morfológicas de las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. , *Pinus pinceana* Gord y bajo condiciones de invernadero.

1.1.2 Objetivos específicos:

Identificar el efecto que ocasionan las dosis sobre el crecimiento y el desarrollo de cada especie en estudio.

Evaluar el efecto producido por las tres dosis en las variables altura y diámetro, así como, en cuanto a longitud y volumen de la raíz, peso seco y peso verde del tallo y raíz sobre cada una de las especies.

1.2 Hipótesis

Ho: No existe diferencia significativa, entre los efectos que ocasionan cada una de las dosis utilizadas (N, P, K) en las dos especies de pino.

Ha: Existe diferencia significativa entre los efectos que ocasionan cada una de las dosis utilizadas (N, P, K) en las dos especies de pino.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción del genero *Pinus*

Los pinares se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de la Republica Mexicana, desde Baja California y a través de las cadenas montañosas hasta las grandes Sierras de Chiapas. Se les puede encontrar desde el nivel del mar hasta los límites de la vegetación arbórea (Rzedowski, 1978).

Altitudinalmente se distribuyen desde los 300 msnm en el caso de los pinares de las islas de Baja California y los 600 msnm los pinos subtropicales en el este del país, hasta cerca de los 4000 msnm (Eguiluz, 1978).

Rzedowski (1978) y Eguiluz (1978) mencionan que muchas de las condiciones van cambiando casi proporcionalmente a la altitud, extendiendo especies y ecotipos 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 a la fecha en todo el mundo.

Pinus teocote, *P. patula*, *P. greggii*, *P. lumholtzii* y *P. Ayacahuite* crecen en altitudes templadas, al igual que los pinos piñoneros, *P. cembroides*, *P. pinceana* y *P. nelsonii*, que se encuentran en pendientes secas sobre altiplanicies (Rusell, 1909).

2.2 *Pinus cembroides*

2.2.1 *Condiciones Ecológicas*

García (1998) y Madrigal (1977) mencionan que la especie se localiza en áreas de clima templado seco o semiseco, en las altitudes más bajas, entre los 1800 hasta los 2000 msnm, asociándose con *Quercus spp*, *Quercus arizonica*,

Quercus eduardii, *Quercus emory*, *Juniperus spp*, *Yucca spp*, *Opuntia* y otras cactáceas, formando bosques bajos y abiertos en terrenos rocosos y suelos someros. (Eguiluz, 1978) reporta que su rango es tan amplio que no esta asociado a un solo tipo de suelo en particular, aunque la humedad y la altitud son importantes factores ecológicos en su distribución.

Rzedowski (1978) y Eguiluz (1978) los reportan como los pinares más típicos de los climas semiáridos, en colindancia frecuente con pastizales, matorrales xerófilos o encinares arbustivos. Ocupan casi siempre zonas de transición entre la vegetación xerófila de climas áridos y la boscosa de las montañas húmedas; con una precipitación que oscila entre los 350 y 700 mm. En general se trata de un bosque bajo y abierto. La temperatura es muy variable; normalmente varía desde los 7° C hasta los 40° C con promedios de 18° C, alcanzando mínimas extremas de -7° C y máximas de 42° C.

2.2.2 Distribución Geográfica

Rzedowski (1978) reporta que el área de distribución se extiende por casi todo el Norte y Centro de país, forma bosques más o menos bien definidos y caracterizados por el tamaño reducido de las hojas.

García (1998), Martínez (1948), Zarzoza (1941) y Eguiluz (1978) mencionan que *P. cembroides* es el más común de los piñoneros en la Republica Mexicana. Se distribuye en 19 Estados, de los cuales son, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, Zacatecas, Aguascalientes, Baja California, Guanajuato, Jalisco, México, Puebla, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, San Luis Potosí, Querétaro y Veracruz. Russell (1909) menciona que crece en pendientes secas y mesetas desde los 20° de latitud norte, hasta los Estados Unidos (Arizona, Nuevo México, Colorado, Utah y Texas).

Robert (1971) reporta al *P. cembroides* con una distribución bastante amplia en nuestro país, en altitudes entre los 1500 y 2500 msnm, esta especie tiene gran potencial adaptativo y resistencia a condiciones climáticas extremas, mientras que Eguiluz (1978) reporta que se ha encontrado en elevaciones cerca de los 3000 msnm.

2.2.3 Importancia

La semilla (piñón) de esta especie es comestible y agradable al gusto, por lo cual se le da el nombre de piñonero, por lo que destaca su importancia como árbol productor de semillas, debido a que proporciona poco más de 90% de la cosecha de piñones en la Republica Mexicana. Es importante por la situación de transición en que se encuentra, entre la vegetación semiárida de la planicie central y los bosques templados de las áreas montañosas, así mismo porque tiene un gran potencial adaptativo y resistencia a condiciones extremas, por lo que es una buena especie para realizar plantaciones, así mismo los muebles rústicos de estas especies son bien aceptados en el medio rural (Madrigal, 1977, Martínez, 1948 y Eguiluz, 1978)

2.3 *Pinus pinceana*

2.3.1 Condiciones ecológicas

Perry (1991) reporta que *P. Pinceana* se encuentra disperso en colinas rocosas y montañas muy secas de la Sierra Madre Oriental. Las condiciones donde prospera esta especie es en suelos calizos y desérticos, pedregosos, muy delgados y pobres en materia orgánica; sobre laderas de montaña y lomeríos donde puede rodar con facilidad su semilla (Eguiluz, 1978)

Pinus pinceana forma rodales puros abiertos, a veces en manchones pequeños; pero también se le ve asociado con varios piñoneros y otras coníferas;

su principal asociación es con especies de matorrales desérticos como *Mimosa zygophylla*, también con *Juniperus sp*, *P. cembroides*, zucc. *Yucca spp.* y muy rara vez con *Pinus nelsonii* Shaw; otras veces se asocia con *Quercus crassifolia* H. et B., *Prosopis leavigata* H et B. y *P. teocote* Schl. et Cham; su rango altitudinal se extiende desde los 1500 msnm en San Luis Potosí, hasta 2700 msnm en Querétaro, siendo los 1900 msnm la altitud a la que se encuentra más abundante en Coahuila (Eguiluz, 1978).

2.3.2 Distribución geográfica

Perry (1991) menciona que *Pinus pincena* se encuentra dispersa en la Sierra Madre Oriental, principalmente en el Estado de Coahuila y como pequeñas poblaciones dispersas en el estado de Zacatecas. Martínez (1948) reporta algunos lugares donde colectó ejemplares de esta especie, en la “Hacienda El Garambullo”, “El fraile”, Coahuila; Sierra el Garambullo y Sierra “la herradura”, Parras, Coahuila; Paso de Carneros, cerca de General Cepeda, Coahuila; Sierra la Concordia, Coahuila; Rancho “El maguey verde”, cerca de Camargo, Querétaro; La mesa, Hidalgo y Sierra Negra, 9 km al Sur de Parras, Coahuila.

Rzedowski (1978) menciona que como otras especies de piñoneros, *Pinus pinceana* Gord., tiene distribución restringida en México y en apariencia no constituyen elementos dominantes en los bosques, sino muy localmente.

2.3.3 Importancia

Eguiluz (1978) menciona que su madera se utiliza con fines domésticos, como leña, postes para cercas y muebles rústicos; sus piñones son comestibles y dentro de la región se venden tostados en el mercado; así mismo, puede ser una especie exitosa para programas de reforestación con fines de protección al suelo.

Por la forma del follaje y el tronco la especie es interesante para usos hortícolas, particularmente en áreas donde la escasez del agua es un problema (Martínez, 1948).

2.5 Fertilización

Liegel y Venator (1987) mencionan que hay discordancia en que los elementos son verdaderamente esenciales para el crecimiento de una planta. Generalmente el Carbono, Hidrógeno y Oxígeno comprenden el volumen en peso de una plántula. Ellos se obtienen directamente del Dióxido de Carbono (CO_2) y agua (H_2O), que normalmente no están limitados, solo en ambientes muy anegados o muy secos, se llaman tradicionalmente macroelementos o microelementos, dependiendo si las plantas los requieren en mayor o menor cantidad.

Tinus y MacDonald (1979) dicen que los fertilizantes químicos solubles formulados comerciales, son convenientes a la compra y uso. Solamente es necesario que se seleccione el tipo de mezcla requerida, que se disuelva una cantidad moderada de él, en agua y se inyecte en el sistema de riego. Pero comprar las mezclas tiene su inconveniente:

- El fabricante controla la precisión de la formulación.
- El usuario no sabe a menudo que compuestos químicos se usan para proporcionar los iones o nutrientes, o si estos compuestos de vez en cuando se cambian. Estas preguntas en los procesos culturales se ponen a prueba cuando se tiene algún problema.
- El usuario se limita a las proporciones de los nutrientes disponibles en la mezcla.
- Las sales que se usaron, especialmente los fosfatos pueden afectar el pH de la solución resultante. Por consiguiente, puede ser necesario modificar el

pH por tratamiento separado, en caso de que el pH de la solución fertilizante no sea la ideal.

- Muchas fuentes de agua ya contienen sustanciales sumas de Ca, Mg, y S, y de vez en cuando algunos micronutrientes. De esta manera los manejadores que formulan su propia mezcla pueden abusar de lo que ya está en el agua y evitar agregar sales innecesarias.

2.5.1 Elementos mayores

a) Nitrógeno

Tamhane *et al.* (1978), Tisdale y Nelson (1982) y Alpi y Tognoni (1999) mencionan que el Nitrógeno es un constituyente esencial de todos los tejidos vegetales, ya que es un mineral absorbido por las plantas en mayor cantidad, porque es el de las sustancias protéicas y desempeña un papel de máxima importancia en el desarrollo y funcionamiento del protoplasma en las estructuras vegetales, y además en la clorofila, los nucleótidos, fosfátidos y alcaloides, así como en muchas enzimas, hormonas y vitaminas. El Nitrógeno hace a las plantas de color verde oscuro y más suculentas; también hace que las células sean más grandes con paredes celulares más delgadas. Además, fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación del follaje de buena calidad, facilitando la producción de carbohidratos ayudando a la succulencia. La fertilización con Nitrógeno incrementa la capacidad de intercambio de cationes de la raíz de la planta y, por consiguiente hace que sean más eficaces para la absorción de otros iones nutrientes. Así mismo, Tisdale y Nelson (1982) mencionan que existen datos evidentes indicando que la velocidad del desarrollo de las plantas depende más del Nitrógeno que de ningún otro elemento.

Russell (1968) afirma que tan pronto el aporte de Nitrógeno asciende en comparación con el de otros nutrientes, las proteínas producidas en exceso

permiten a las hojas de la planta alcanzar un mayor tamaño, y con ello tener una mayor superficie asequible a los procesos de fotosíntesis.

La carencia de Nitrógeno se manifiesta en las plantas con una disminución y parada del desarrollo y con el progresivo amarillamiento de los órganos verdes por insuficientes síntesis de clorofila y de proteínas. Un exceso de Nitrógeno, por el contrario, determina un menor desarrollo de los tejidos colenquimáticos y esclerenquimáticos predisponiendo a las plantas a los ataques parasitarios (Alpi y Tognoni 1999).

b) Fósforo

Alpi y Tognoni (1999), Fuentes (1994) y Tamhane *et al.* (1978) indican que el Fósforo desempeña un papel importante en las transformaciones de energía, división celular, la respiración, la fotosíntesis y participa en el metabolismo de las grasas y proteínas, y que además está presente en muchas sustancias de fundamental importancia para el crecimiento de las plantas, como los ácidos nucleicos, las lecitinas, los nucleótidos con papel de factores enzimáticos, los fosfolípidos, además de estar comprendidos en la molécula de muchas otras sustancias como los fosfoglúcidos, cuya función es fundamental en el metabolismo energético. También encontraron que la asimilación del Fósforo se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica y de Fósforo en el suelo. El efecto más evidente del Fósforo se observa sobre el sistema de raíces de la planta; fomenta la formación de raíces laterales y fibrosas, lo que aumenta la superficie de absorción de nutrientes. Además aumenta la resistencia a las enfermedades de las plantas.

Tisdale y Nelson (1982) indican que el pH del suelo es uno de los factores que afecta la utilización del Fósforo y de muchos otros elementos. En la mayoría de los suelos la disponibilidad del Fósforo es máxima en un pH que oscila de 5.5 a 7, disminuyendo cuando el pH está por debajo de 5.5 y cuando es mayor de 7. La

presencia de iones de Calcio o Magnesio deben acompañar a altos valores de pH, si hay una continua disminución en la solubilidad del Fósforo.

Alpi y Tognoni (1999) Mencionan que la carencia de este elemento denota reducción del desarrollo del sistema radicular con fenómenos y coloración parda de las hojas, siguiéndole un retraso de floración y maduración lenta. En exceso, determina carencias nutritivas con respecto al Fierro y al Zinc. Se trata, no obstante, de casos excepcionales, porque raras veces el terreno, que es la única fuente del Fósforo para las plantas, contiene grandes cantidades de este elemento en forma asimilable.

c) Potasio

Alpi y Tognoni (1999), Tamhane *et al.* (1978) y Tisdale y Nelson (1982) describen al Potasio como un elemento mineral sumamente importante, ya que incrementa la eficacia de la hoja para elaborar azúcares y almidón. Ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda al traslado de lugar de los carbohidratos y hace que el Fierro sea más móvil en la planta. Aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades. Es un activador de muchas de las enzimas que activan los aminoácidos y la síntesis de las proteínas. Impulsa la división celular normal en los tejidos meristemáticos jóvenes, además 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 exceso de Nitrógeno y ayuda a la planta, a utilizar la humedad del suelo de manera más ventajosa

Recientemente, el Potash Phosphate Institute of Canadá (1988) indicó que la alta movilidad del Potasio permite que se traslade rápidamente de célula a célula o de tejido viejo a tejido nuevo en desarrollo, o a órganos de almacenamiento y que una cantidad inadecuada de Potasio para cubrir todas las necesidades de las partes de la planta, disminuye el crecimiento y pone al cultivo

en condiciones indeseables, tales como incremento en enfermedades, rompimiento de tallo y susceptibilidad a otras condiciones de estrés.

Alpi y Tognoni (1999) Indican que una baja disponibilidad de Potasio provoca el amarillamiento de las puntas y de los márgenes de las hojas especialmente de las mas viejas. Si la carencia es muy notable, las zonas cloróticas se extienden hacia el centro y la base y los síntomas se manifiestan también en las hojas jóvenes.

2.5.2 Elementos menores y micronutrientes

Cuadro 1. Papel de los elementos menores y micronutrientes sobre las plantas.

Elementos	Papel de la nutrición en las plantas
Ca	Aumenta la captación de N, elongación de células
Mg	El mayor portador de clorofila en plantas; importante en metabolismo de P y activación de las enzimas.
S	Esencial para la síntesis de S, retención de aminoácidos y fijación de nitrógeno por leguminosas.
Fe	Importante en producción de clorofila y activación de enzimas.
Mn	Activa la regulación de enzimas con carbohidratos del metabolismo y esencial para reacciones fotosintéticas.
Cu	Metal activador para varias enzimas y posiblemente reacción ligera de plantas.
Zn	Metal activador de enzimas.
B	Responsable de varios mecanismos reguladores en plantas, incluso en traslocación de azúcares por las membranas de la célula y procesos de oxidación.
Mo	Requerido para la fijación de Nitrógeno en leguminosas y reducción de Nitrógeno en no leguminosas (Liegel y Venator, 1987).

2.6 Sustratos Utilizados

Pueden usarse diversos tipos de sustratos, como abono, arena, turba, etc., pero por razones funcionales y económicas solo algunos predominan en la producción de plántulas en vivero. Un medio de crecimiento mantiene anclaje, proporciona nutrientes y humedad a las plántulas en crecimiento. También los mecanismos de manejo del recipiente requieren que un sustrato sea ligero, fácilmente manejable, mantenga un volumen constante ya sea húmedo o seco, esté libre de posibles enfermedades, sea guardado pronta y fácilmente para periodos largos sin cambiar sus propiedades físicas y químicas, y se mezcle fácilmente con otros materiales. La arena y tierra se excluyen debido a sus limitaciones de peso (Liegel y Venator 1987)

2.6.1 Peat-moss o turba.

Abat (1993) describe a las turbas como formas disgregadas de la vegetación de un pantano que no se ha descompuesto completamente por el exceso de agua y la falta de Oxígeno, estos materiales con el tiempo se van depositando formando estratos más o menos densos de materia orgánica; Resh (1982) menciona que la turba consiste en una vegetación acuática pantanosa o de ciénega parcialmente descompuesta. Los diferentes depósitos de turba varían ampliamente dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición por contenido mineral y grado de acidificación.

2.6.2 Perlita

Serrano (1979), Resh (1992) y Liegel y Venator (1987) afirman que la perlita es un material que procede de la lava volcánica sometida a un proceso de modificación contextual mediante su sostenimiento a temperaturas de 760° C, proceso que nos da un material estéril, de ligerísimo de peso. Las partículas o conglomerados esponjosos son de 2 a 5 mm de diámetro, de color blanco. La

perlita absorbe de 3 a 4 veces su peso en agua, es un producto inerte, esencialmente neutro con un pH de 6 a 8, no tiene capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales, es más útil para incrementar la aireación de la mezcla, ya que tiene una estructura muy rígida.

2.6.3 Vermiculita

Hartman y Kester (1959) y Landis y Richard (1990) mencionan que la vermiculita es un mineral de Silicato de Aluminio, Hierro y Magnesio extraído de minas en los Estados Unidos y África, que consiste en una serie de platos delgados y paralelos. Después de que el mineral crudo de vermiculita se extrae, se sujeta a un intenso calor de 1,000 °C que tiende a extender las partículas de 15 a 20 veces su volumen original, estallando cada una de las capas, formando pequeñas partículas porosas y esponjosas. Es un material completamente estéril debido a la temperatura a la que se somete, contiene un poco de potasio y magnesio que se sueltan lentamente para la captación de la planta, el pH es inconstante, generalmente es neutral (7.0) demasiado alto para plántulas de coníferas, no significando un problema ya que normalmente es mezclada con un material orgánico como el peat-moss (Liegel y Venator 1987)

2.7 Invernadero

Es una estructura representativa de protección principalmente para épocas en las que la temperatura y la luz del lugar serían insuficientes o inapropiadas para el crecimiento y fructificación, ya sea de hortalizas, flores o plantas verdes, su funcionamiento está determinado por las características estructurales, pero sobre todo con el ambiente colindante por el que de vez en cuando es necesario elevar o reducir (la temperatura, intensidad luminosa) o sustituir (amplificación o reducción de la duración del día o la noche) los niveles de los parámetros ambientales espontáneos del invernadero con intervenciones capaces de

adecuarlos a las exigencias específicas de las plantas en cultivo (Alpi y Tognoni, 1999)

2.8 Contenedores

Erden y Kinghora (1979) y Tinus y McDonald (1979) Reportan que básicamente la función de un recipiente es:

1. Mantener el medio de apoyo y nutrición de raíces.
2. Proteger a la raíz del daño que puede causar el manejo y transporte así como el desecamiento
3. Controlar la forma en que se disponen las raíces.
4. Aumentar la supervivencia en campo y crecimiento temprano, porque el sistema de la raíz no se perturba pero permanece en contacto íntimo con el medio creciente.

Operacionalmente, la función del recipiente es proteger la plántula con un tamaño y forma normal para su facilidad de manejo, este puede ser cilíndrico o rectangular, ligeramente más pequeño en diámetro al fondo que en la cima, con una profundidad no muy mayor que el diámetro, y teniendo un fondo llano. Puede ser de materiales como metal, madera, plástico, etc.

La mayoría de los recipientes para especies forestales son más profundos que su diámetro (tanto como 10 veces) Esto porque, en muchos casos, las plantas de pinos producen raíces muy largas y no fibrosas.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

Esta investigación se llevo acabo dentro de las instalaciones del invernadero que pertenece al Departamento Forestal ubicado dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Geográficamente se localiza a 22° 22' de latitud Norte y a 101° 00' de longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm (Cetenal)

3.2 Actividades realizadas en invernadero

Las actividades y materiales utilizados se mencionan a continuación .

3.2.1 Material utilizado

36 cajas fruteras de madera.

3 frascos de un litro c/u

3 pipetas

1 frasco de 250 ml

3 galones de plástico

1 probeta

1 espátula

1 balanza analítica

1 vernier

1 Longimetro de 1 m

1 tijeras

1 navaja

1 malla

Agua destilada

Nitrato de amonio (fuente de nitrógeno)

Sulfato de potasio (fuente de potasio)

Fosfato (fuente de fósforo)

La investigación se realizó con planta sembrada el 25 junio de 1999, con la cual, en otro trabajo anterior, se probaron diferentes dosis de N,P,K previamente y se seleccionaron para darle seguimiento a este experimento, usando las dosis que mostraron mejores resultados (González 2001) y (García 2001)

En el anterior trabajo se utilizaron envases de polietileno de 10x11 de un volumen de 1250 cm³; la mezcla de sustrato consistió en dos partes de peat-moss y una de perlita.

Para el presente experimento las plantas, tenían 19 meses de edad y una altura promedio de 11.9 cm entre las tres especies. Fueron seleccionadas por su uniformidad en cuanto a altura, vigor y sanidad, sin tomar en cuenta los tratamientos de fertilización a que fueron sometidas anteriormente durante 9 meses continuos.

Todas las plantas así seleccionadas fueron trasplantadas al mismo tipo de envase (polietileno de 10x11 cm) con una mezcla de sustrato que consta de 2 partes de peat-moss, 1 de perlita y 1 de vermiculita, colocándose los envases en grupos de 6 por caja frutera.

3.2.2 Preparación y aplicación de las dosis de fertilizante

Inmediatamente después de realizar el arreglo de los tratamientos se procedió aplicar las formulas correspondientes a cada tratamiento, mediante el siguiente proceso: a) Se preparo la solución madre de cada reactivo; b) se acarrearón envases de 20 litros de agua purificada al invernadero para después preparar la solución para cada tratamiento (Cuadro 2) con la ayuda de una pipeta, en las siguientes dosis de fertilizantes:

Cuadro 2. Tratamientos y dosis de fertilización utilizadas en el experimento.

Tratamiento	DOSIS		
	N	P	K
1	400	120	200
2	100	120	300
3	32	8	12

Cantidades representadas en partes por millón

C) Se procedió a continuación a la aplicación de los tres tratamientos, con una dosis de 250 ml por planta, dos veces por semana durante un periodo de seis meses.

3.2.3 Mediciones

Se realizaron las mediciones de acuerdo a las variables a evaluar, en este caso, la altura y el diámetro, midiéndose seis plantas por repetición, comenzando el 26 de enero del 2001 y consecutivamente el día 26 de cada mes, hasta terminar el 26 de julio del 2001.

Para realizar esta actividad, solo se tuvo la ayuda del vernier graduado en décimas de milímetro y longímetro graduado en centímetros, obteniendo el diámetro a la altura del cuello de la plántula y la variable altura del cuello al ápice, manteniendo recta la planta, para una mejor precisión.

Las otras variables a evaluar fueron la longitud y volumen de la raíz, peso verde y peso seco de raíz y tallo de las plantas. Para llevar acabo esta actividad se tomaron cuatro plantas por cada repetición, extrayendo la planta del envase, retirando cuidadosamente el sustrato de la raíz, mediante agua a presión, secando el exceso de agua y midiendo la longitud de la raíz y el volumen. Se seca nuevamente el exceso de agua y se procede a pesar la raíz y la parte aérea

(follaje y tallo). Con posterioridad se secaron las plantas durante tres días a 40 °C y se pesaron nuevamente.

3.3 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con dos especies, cada una con tres tratamientos, cinco repeticiones y seis plantas por repetición para las variables altura y diámetro y cuatro por repetición para las variables longitud y volumen de la raíz, peso seco y peso verde del tallo y raíz.

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

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

$i = 1, 2, 3$ tratamientos.

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ 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} = Error experimental (efecto de la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento)

3.2.4 Tratamiento de los datos

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza utilizando el procedimiento ANOVA de SAS. Ahí donde se encontraron diferencias significativas ($P=0.05$) entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey para separar las diferencias entre tratamientos.

Los análisis de varianza fueron para cada especie y las siguientes variables: altura, incremento en altura y diámetro, peso seco y peso verde de raíz y tallo y el volumen de raíz.

IV RESULTADOS

4.1 *Pinus cembroides*

Los resultados arrojados por el análisis de varianza mostraron diferencia significativa entre los tratamientos para las variables incremento en altura, longitud de la raíz, peso verde de la raíz y peso verde aéreo a un nivel de confiabilidad de 95% ($P \leq 0.05$).

4.1.1 Incremento en altura

Para dicha variable el análisis de varianza mostró significancia entre los tratamientos ($P = 0.0140$) y la prueba de Tukey de separación de medias (Cuadro 3) determinó que el tratamiento 1 obtuvo el mayor valor para dicha variable (6.74 cm), seguido del 3 con 5.83 cm, continuando el 9 (testigo) con 5.00 cm y finalmente el tratamiento 2 con un valor de 4.66 cm. De esta manera dicha prueba mostró también que el tratamiento 1 fue estadísticamente diferente al tratamiento 2 pero igual al tratamiento 3 y al 9 (testigo) en cuanto a incremento se refiere.

Cuadro 3. Prueba de Tukey de separación de medias de la variable incremento en altura, para *Pinus cembroides*.

Agrupación Tukey	Media (cm)	Tratamientos
A	6.74	1
A		
AB	5.83	3
AB		
AB	5.00	9
B		
B	4.66	2

4.1.2. Peso verde de la parte aérea

En cuanto a dicha variable el análisis de varianza mostró que existe gran diferencia significativa entre los tratamientos ($P = 0.0274$). Para lo cual la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 4) mostró que el tratamiento 1 obtuvo el mayor valor (15.40 gr) en cuanto a dicha variable, siguiéndole sucesivamente el tratamiento 2 con 13.88 gr y el tratamiento 3 con 13.61 gr y, por ultimo, el 9 (testigo) presentando el menor valor (11.62 gr). Mostrando también dicha prueba, que el tratamiento 1 es estadísticamente diferente al 9 (testigo), pero igual al tratamiento 2 y al tratamiento 3.

Cuadro 4. Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso verde de la parte aérea, para *Pinus cembroides*.

Agrupación Tukey	Media (gr)	Tratamientos
A	15.40	1
A		
AB	13.88	2
AB		
AB	13.61	3
B		
B	11.62	9

4.1.3 Peso verde de la raíz

Los resultados obtenidos por el análisis de varianza para esta variable, mostraron diferencia significativa entre los tratamientos ($P = 0.0124$) en la evaluación. De esta manera, la prueba de Tukey de separación de medias (cuadro 5) determinó que el tratamiento 2 obtuvo el mayor valor en dicha variable (14.42 gr) mostrando posteriormente al tratamiento 1 con 13.57 gr y el tratamiento 3 con valor de 13.26 gr y al final con menor valor el 9 (testigo) con 10.12 gr. Mostrando también que el tratamiento 2 es diferente al 9 (testigo), pero estadísticamente igual al tratamiento 1 y al tratamiento 3.

Cuadro 5. Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso verde de la raíz, para *Pinus cembroides*.

Agrupación Tukey	Media (gr)	Tratamientos
A	14.42	2
A		
A	13.57	1
A		
AB	13.26	3
B		
B	10.12	9

4.1.4 Longitud de la raíz

Dicha prueba mostró que el tratamiento 3 es estadísticamente diferente al tratamiento 1 y al 9 (testigo) que tuvieron menor valor, pero estadísticamente igual al tratamiento 2 en cuanto a la variable longitud de la raíz. La evaluación del análisis de varianza detectó diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0.0008$) para dicha variable. La prueba de Tukey de separación de medias (Cuadro 6) mostró que el tratamiento 3 tuvo la mayor longitud de raíz (89.55 cm), siguiéndole el tratamiento 2 con valor de 78.55 cm, y el tratamiento 1 con 68.85 cm y al final el 9 (testigo) con menor valor 63.58 cm.

Cuadro 6. Prueba de Tukey de separación de medias de la variable longitud de la raíz, para *Pinus cembroides*.

Agrupación Tukey	Media (cm)	Tratamientos
A	89.55	3
A		
AB	78.55	2
B		
B	68.85	1
B		
B	63.58	9

4.2 *Pinus pinceana*

Para dicha especie los resultados proporcionados por el análisis de varianza nos indican que si hay diferencias estadísticas en cuanto a las variables altura, incremento en altura, peso verde aéreo y peso seco aéreo, un nivel de confiabilidad de 95% ($P \leq 0.05$).

4.2.1 Altura

En cuanto a la variable altura se refiere, el análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa entre los tratamientos ($P = 0.0001$). Mostrando también la prueba de Tukey de separación de medias (Cuadro 7) los valores correspondientes a cada tratamiento, donde el tratamiento 1 mostró mayor valor y respuesta a la fertilización (20.71 cm) en cuanto a dicha variable, siguiéndole el tratamiento 2 con un valor de 18.45 cm y el 9 (testigo) con 17.93 cm y al final con menor respuesta a fertilización el tratamiento 3 con 17.42 cm. De esta manera, señala la prueba que el tratamiento 1 es estadísticamente diferente al tratamiento 2, al testigo y al tratamiento 3 que fue el menor, siendo el tratamiento 2 diferente al tratamiento 1 pero igual al 9 (testigo) y al tratamiento 3.

Cuadro 7. Prueba de Tukey de separación de medias de la variable altura, para la especie de *Pinus pinceana*.

Agrupación Tukey	Media (cm)	Tratamientos
A	20.71	1
A		
B	18.45	2
B		
B	17.93	9
B		
B	17.42	3
B		

4.2.2 Incremento en altura

Para dicha variable, el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0.0140$). Y la prueba de Tukey de separación de medias (Cuadro 8) mostró que el tratamiento 1 obtuvo mayor incremento durante el transcurso del experimento (5.79 cm), siguiéndole el tratamiento 2 con 4.67 cm, y el 9 (testigo) con un valor de 3.42 cm y al final el tratamiento 3 con menor incremento de 3.02 cm. Así mismo, dicha prueba también nos muestra que el tratamiento 1 es estadísticamente diferente al testigo y al tratamiento 3, pero igual al tratamiento 2, y que el tratamiento 2 es igual al tratamiento 1 y al 9 (testigo), pero diferente al tratamiento 3 y el testigo se mostró estadísticamente diferente al tratamiento 1, pero igual al tratamiento 2 y al tratamiento 3.

Cuadro 8. Prueba Tukey de separación de medias de la variable incremento en altura para *Pinus pinceana*.

Agrupación Tukey	Media (cm)	Tratamientos
A	5.79	1
A		
AB	4.67	2
B		
BC	3.42	9
C		
C	3.02	3

4.2.3 Peso verde de la parte aérea

Los resultados arrojados por el análisis de varianza en cuanto a dicha variable mostraron diferencias altamente significativas ($P = 0.0004$). De esta manera la prueba de Tukey de comparación de medias (Cuadro 9) mostró que el tratamiento 1 obtuvo el mayor valor (14.25 gr) respecto a esta variable, continuándole el tratamiento 2 con 11.45 gr, siguiéndole el 9 (testigo) con valor de 9.54 gr y al final con el menor valor el tratamiento 3 con 8.93 gr. Mostrándonos

también esta prueba que el tratamiento 1 es estadísticamente igual al tratamiento 2, pero diferente al 9 (testigo) y al tratamiento 3, en tanto el tratamiento 2 es igual al tratamiento 1, al 9 (testigo) y al tratamiento 3, y muestra también que el 9 (testigo) es diferente al tratamiento 1 pero igual al tratamiento 2 y al tratamiento 3 respectivamente.

Cuadro 9. Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso verde de la parte aérea para *Pinus pinceana*.

Agrupación Tukey	Media (gr)	Tratamientos
A	14.25	1
A		
AB	11.45	2
B		
B	9.54	9
B		
B	8.93	3

4.2.4 Peso seco de la parte aérea

Para la variable peso seco aéreo también el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0.0015$). Y la prueba de Tukey de comparación de medias (Cuadro 10) determinó, así como la variable anterior, que el tratamiento 1 obtuvo el mayor valor en cuanto a peso seco (4.97 gr), siguiéndole sucesivamente el tratamiento 2 con 3.68 gr y el 9 (testigo) con valor de 3.60 gr y por último el tratamiento 3 con menor peso de 3.15 gr. Al mismo tiempo dicha prueba mostró que el tratamiento 1 es estadísticamente igual que el tratamiento 2, pero diferente al 9 (testigo) y al tratamiento 3, mientras el tratamiento 2 es igual al tratamiento 1, al 9 (testigo) y al tratamiento 3, por otra parte el 9 (testigo) es diferente al tratamiento 1 pero igual al tratamiento 2 y al tratamiento 3.

Cuadro 10. Prueba de Tukey de separación de medias de la variable peso seco de la parte aérea para *Pinus pinceana*.

Agrupación Tukey	Media (gr)	Tratamientos
A	4.97	1
A		
AB	3.68	2
B		
B	3.60	9
B		
B	3.15	3

V DISCUSION

5.1 *Pinus cembroides*

La parte aérea de *P. cembroides* respondió positivamente a la aplicación de Nitrógeno siendo esta respuesta mayor cuando la dosis de este nutriente aumento, tal es el caso de las variables incremento en altura y peso verde de la parte aérea.

García (2001) reportó un experimento, evaluando tres dosis de N,P,K, para *Pinus cembroides* durante un periodo de siete meses, donde el tratamiento más prometededor en cuanto a la variable altura fue el tratamiento 2, que de la misma forma contenía el mayor contenido de Nitrógeno, comparado con Fósforo y Potasio (100,30,50), (200,60,100) y (50,30,50) proporcionando un valor de 16.8 cm, respecto a 13.3 cm del tratamiento 1, que contenía mayor cantidad de Potasio que ningún otro elemento (50,100,100), (150,60,150) y (50,60,150).

Tisdale y Nelson, (1984) mencionan que existen datos evidentes indicando que la velocidad de desarrollo de las plantas depende más del Nitrógeno que de ningún elemento, así mismo (Alpi y Tognoni, 1999) mencionan que el Nitrógeno hace las plantas más suculentas, impulsando la formación de follaje de buena calidad, haciendo referencia a la variable. Siendo esto atribuible al tratamiento 1 en cuanto al incremento obtenido durante un periodo de seis meses y al desarrollo de la parte aérea, sin descartar la participación y equilibrio del Fósforo y Potasio.

El peso verde de la raíz aumenta con el incremento en las cantidades de Potasio como, en el caso del tratamiento 2, que resultó con mayor valor, respecto a esta variable, mostrándose claramente este efecto en la prueba de medias de Tukey, donde entre mayor cantidad de este nutriente mayor peso verde de la raíz y viceversa.

García, (2001) en su trabajo mencionado anteriormente pero ahora sobre *Pinus pseudostrobus*, atribuye el peso verde de la raíz a la mayor cantidad de Nitrógeno, resultante para el tratamiento 2 como se mencionó, arrojando un valor de 3.04 gr, contra el menor de 1.38 gr del tratamiento 1, que contenía menor contenido de Nitrógeno y mayor en Potasio.

Liegel y Venator, (1987) reportan que el Potasio es un promotor de almidones y formación de azúcares, así mismo es importante para el crecimiento de la raíz y resistencia a enfermedades, trabajando este mineral en coordinación con el Nitrógeno y el Fósforo que se encontraban presentes en cantidades considerables, por lo que se puede atribuir de manera positiva en el crecimiento de las raíces, aportándonos resultados favorables en cuanto a dicha variable.

Para la variable longitud de la raíz que arrojó diferencias significativas en el análisis de varianza, encontramos en la prueba de Tukey que entre menos dosis de fertilización es mayor la longitud de la raíz, siendo el tratamiento 3 mayor para dicha variable, y menor dosis de fertilización aplicada; aquí podemos decir que el fertilizante no tuvo efecto sobre esta variable, o bien que por la escasez de nutrientes la planta reaccionó mediante un mecanismo de sobrevivencia, haciendo crecer más su raíz para explorar el sustrato en busca de nutrientes. Por último cabe la posibilidad de que los tratamientos de la tesis de González (2001) y García (2001) hayan producido mayor crecimiento de la raíz y como esta variable no se midió al principio, quizá las plantas quedarán en lotes que no fueron colocados al azar en cuanto a esta variable.

Cornejo (1993) reporta en un experimento donde evaluó diferentes niveles de fertilización sobre *Pinus greggii*, que una mayor concentración de Nitrógeno aporta mayor respuesta por parte de la planta, en cuanto a crecimiento de la raíz se refiere, encontrando dicho autor que los niveles 3 y 2 resultaron superiores al 1, por su mayor contenido de Nitrógeno, correspondiendo para el nivel 1 (25 ppm), nivel 2 (50 ppm) y nivel 3 (100 ppm) de Nitrógeno; en otro caso diferente, reportó

González (2001) dentro del trabajo mencionado anteriormente, con *Pinus nelsonii*, resultando con mayor efecto para la longitud de la raíz el tratamiento 7, el cual contenía mayor contenido de Fósforo, con una longitud de 63.16 cm, con dosis (N,P,K) de 2.8-16-6.6, en las primeras cuatro semanas, 9.8-16-6.6, en las siguientes ocho semanas, 15.4-16-6.6 en las doce siguientes y nuevamente la primera dosis en las últimas cuatro semanas. Con esta referencia podemos decir que las funciones que desempeñan cada una de estos nutrientes (N,P,K) son importantes y favorecen el crecimiento y desarrollo de las raíces.

5.2 *Pinus pinceana*

Para esta especie la aplicación de Nitrógeno en mayor cantidad tuvo un efecto positivo, debido a que las variables más beneficiadas fueron la altura, incremento en altura, peso verde de la parte aérea y peso seco de la parte aérea, pudiendo observar estos valores en la prueba de Tukey donde el tratamiento 1 en cada una de las variables mencionadas, tuvo el mayor valor, y el orden de los demás tratamientos lo ratifican aún más, pues a menores cantidades de Nitrógeno, menores valores para estas variables.

González (2001) realizó un trabajo en el cual evaluó tres secuencias de dosis de fertilización, utilizando nueve tratamientos sobre *Pinus cembroides*. En él encontró que el tratamiento 1, durante un periodo de 28 semanas, resultó con mayor valor en cuanto a la variable altura, atribuyéndolo a la cantidad de Nitrógeno que en este caso era mayor, en comparación con otros tratamientos. En dicho experimento las dosis para este tratamiento fueron (N,P,K,) de 28-4-6.6, en las primeras cuatro semanas, 9.8-4-6.6, en las siguientes ocho semanas, 15.4-4-6.6 en las doce siguientes y repite la primera dosis en las últimas 4 semanas, arrojando resultados mayores de 15.35 cm, en comparación con 13.39 cm que fue el menor y con mayor contenido de Potasio, que de Nitrógeno y Fósforo.

En este caso podemos agregar que el Nitrógeno según Tisdale y Nelson (1984), como se menciono anteriormente, tiene un gran efecto en la velocidad de desarrollo de las plantas como ningún otro elemento, agregando también, el aumento en la capacidad de intercambio de cationes de la raíz y por consiguiente de otros nutrientes. Tamhane *et. al.* (1978) menciona que éste es un constituyente esencial de todos los tejidos vegetales, ya que es un mineral absorbido en mayor cantidad y contiene mayores sustancias protéicas y su papel es primordial en el desarrollo y funcionamiento del protoplasma en las estructuras vegetales. El nitrógeno además hace las plantas más suculentas, impulsando la formación de follaje (Alpi y Tognoni, 1999), mencionando también la participación del fósforo en las transformaciones de energía, división celular y otras actividades fisiológicas importantes para la planta.

Tisdale y Nelson (1984) mencionan que el potasio neutraliza el exceso de Nitrógeno y ayuda a la planta a utilizar la humedad del suelo de manera más ventajosa. Así, no descartándose de que los tres elementos trabajen de manera equilibrada, aunque el mayor resultado se obtuvo en el tratamiento 1 que contenía el mayor contenido de Nitrógeno sustancial para la planta.

VI CONCLUSIONES

Dentro de los seis meses de evaluación a la que se sometieron las especies estudiadas, se presentaron diferencias estadísticas significativas en cuatro variables de ocho evaluadas para cada especie.

Para *Pinus cembroides* se encontraron diferencias significativas en la variable incremento en altura, alcanzando un incremento de 6.74 cm en el tratamiento 1, contra un incremento de 4.66 cm en el tratamiento 2.

En cuanto a la variable longitud de la raíz se mostraron diferencias significativas, donde el tratamiento 3 resultó con mayor valor, registrando 89.55 cm, contra 63.58 cm en el tratamiento 9 (testigo).

Para la variable peso verde de la raíz, también el análisis de varianza arrojó diferencias significativas, donde el mayor valor fue de 14.42 gr para el tratamiento 2, mientras el tratamiento 9 (testigo) registró 10.12 gr.

Se encontraron diferencias significativas para la variable peso verde de la parte aérea donde el tratamiento 1 mostró mayor valor con 15.40 gr en tanto el tratamiento 9 (testigo) registro 11.63 gr.

Por otra parte, para *Pinus pinceana* se encontraron diferencias significativas en lo que respecta a la variable altura, donde el tratamiento 1 resultó con mayor respuesta con 20.71 cm, contrastando con el tratamiento 3, que midió 17.42 cm.

Así mismo para la variable incremento en altura, también se encontraron diferencias significativas, alcanzando el tratamiento 1 un incremento de 5.79 cm, mientras el tratamiento 3, incrementó 3.02 cm.

Nuevamente para la misma especie el análisis de varianza encontró diferencias significativas, entre el tratamiento 1 con un valor mayor de 14.25 gr en la variable peso verde de la parte aérea, contra el tratamiento 3 que pesó 8.93 gr.

Y por último, para dicha especie se mostraron diferencias significativas en la variable peso seco de la parte aérea, nuevamente siendo el tratamiento 1 el que provocó una mayor respuesta, con valor de 4.97 gr, contra 3.15 del tratamiento 3.

VII RECOMENDACIONES

En vista de los resultados que se obtuvieron dentro del presente trabajo se recomienda:

Seguir realizando trabajos similares con la mayor dosis aplicada en el presente (tratamiento 1), ya que como se observó, las dosis menores no fueron muy factibles en cuanto a resultados y de esta forma observar la respuesta de las plantas, a otras dosis aun mayores.

Dentro de lo contemplado anteriormente, considero importante no se excluya la opción de probar en diferentes tipos de contenedores las dosis mencionadas, y así complementar aún mas la investigación.

Otra modalidad de este tipo de trabajos sería probar la dosis con mejor resultado (tratamiento 1) dentro del sistema de riego y así observar si se tiene un efecto similar o diferente al obtenido en el presente.

Aumentar el numero de plantas por repetición ya sea con el fin de que se observen diferencias más claras y con mayor representatividad, así como para tener un número considerable de plantas al finalizar el experimento, para que puedan ser estudiadas al establecerse en el campo.

Contemplar algún plan de sanidad, en caso de que se presente algún problema de plaga o enfermedad que afecte el trabajo.

VIII LITERATURA CITADA

- Abat, B. M. 1993. Sustratos, caracterización y propiedades. Curso superior de Especialización sobre: cultivos sin suelo. En pp 47-61 FIAPA. Almeria, España.
- Alpi, A. Y Tognoni, F. 1999. Cultivo en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa. Tercera Edición. España. 347 p.
- Bernat, J. C., Andrés, V. J. y Martínez, R. J. 1990. Invernaderos, Construcción, Manejo, Rentabilidad. Editorial AEDOS. Barcelona España. 190 p.
- Binkley, D. 1993. Nutrición Forestal, Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México D.F. 340 p.
- Duryea, M. L. and Dougherty, P.M. 1991. Forest regeneration manual. Kluwer Academic Publisher. The Netherlands, U.S. 433 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, Coah.
- Eguiluz, P. T. 1978. Ensayo de integración de los Conocimientos sobre el Genero *Pinus* en México. Tesis Profesional. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 623 p.
- Fuentes, J. L. 1994. El suelo y los fertilizantes. Cuarta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 149 p.
- García, A. y González E. M. S. 1998. Pinaceas de Durango. Instituto De Ecología, A.C. Durango, México. 179 p.

- García, G. S. 2001. Efecto de tres tratamientos de fertilización sobre tres especies de pino en etapa de vivero bajo condiciones de invernadero. Tesis Profesional. Departamento Forestal. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah. 58 pag.
- González, L. A. 2001. Efecto de tres secuencias de dosis de fertilizante (N,P,K) en plántulas de dos especies de pinos piñoneros en condiciones de invernadero. Tesis Profesional. Departamento Forestal. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah, 37 pag
- Hartmann, H. T. and Kester, D. E. 1959. plant propagation. 3rd ed. 648 p. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E. and Barnett, J. P. 1990. Containers and growing media, Vol 2, The container tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Departament of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, U.S. 88 p.
- Liegel, L. H. and Venator, C. R. 1987. A technical guide for forest nursery management in the caribbean and Latin America. Departament of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA, U.S. 156 p.
- Madrigal, S. X. 1977. Características generales de la vegetación del Estado de Durango, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH. Revista Ciencia Forestal. Vol. 2 No.7 México, D.F.
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Segunda Edición, Editorial Botas. México, D.F. 361 p.
- Perry, P. J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.

- Resh, H. M. 1982. Cultivo hidropónico, nuevas técnicas de producción. Segunda Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. Pp 232-238.
- Robert, P. M. 1971. Notas sobre el estudio ecológico fitogeográfico de los bosques del *Pinus cembroides* zucc en México. Rev. Ciencia Forestal 2:10:113 México.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F. p. 432
- Rusell, S.G. 1909. Los pinos de México, Comisión Forestal, serie técnica reforestación numero 15. Época segunda Mich. México. Edición facsimilar tomada del original por the Arnold Arboretum Numero 1 en Boston Mass en 1909 163 p.
- Russell, R. S. 1968 Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. Cuarta Edición. Editorial Aguilar. Madrid, España. 766 p.
- Serrano, C. Z. 1979. Invernaderos, Instalación y Manejo. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid. 431 p.
- Tamhane, R. V., Motiramani, D. P., Bali, Y. P. y Donahue, R. L. 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. México. P. 461
- Tinus, R.W. and McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. USDA. For. Ser. Gen., Dep. Agric., Fort Collins, U.S. 256 p.
- Tisdale, L. y Nelson, L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTHEA. México, D.F. p. 760
- Erden, V. E. and Kinghora J. 1979. Proceedings: Root form of planted trees sympisium. B.C. Minist. For. And Pac. For. Res. Cent., Joint Rep. No. 8, 340 p.

Zarzoza, L. O. 1941. Botánica Forestal. UACH. Mexico. 385 p.

Apéndice 1. Análisis de varianza de las medias de la variable incremento en altura, para *Pinus cembroides*.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	73.368	24.456	3.71	0.0140
Error	104	685.839	6.595		
Total corregido	107	759.207			

R-Cuadrada	C.V. (%)	INCALT/media
0.096	45.71	5.62

Apéndice 2. Análisis de varianza de las medias de la variable longitud de la raíz, para *Pinus cembroides*.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	6662.133	2220.711	6.28	0.0008
Error	68	24063.367	353.873		
Total corregido	71	30725.500			

R-Cuadrada	C.V. (%)	LONR/media
0.217	24.62	76.42

Apéndice 3. Análisis de varianza de las medias de la variable peso verde de la raíz, para *Pinus cembroides*.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	146.603	48.868	3.90	0.0124
Error	68	852.297	12.534		
Total corregido	71	998.900			

R-Cuadrada	C.V. (%)	PVR/media
0.147	26.93	13.15

Apéndice 4. Análisis de varianza de las medias de la variable peso verde de la parte aérea, para *Pinus cembroides*.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	108.671	36.224	3.24	0.0274
Error	68	760.716	11.187		
Total corregido	71	869.387			

R-Cuadrada	C.V. (%)	PVA/media
0.125	24.14	13.85

Apéndice 5. Análisis de varianza de las medias de la variable altura, para *Pinus pinceana*.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de la media	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	183.157	61.052	8.35	0.0001
Error	104	760.337	7.311		
Total corregido	107	943.494			

R-cuadrada	C.V. (%)	ALT/media
0.194	14.45	18.71

Apéndice 6. Análisis de varianza de las medias de la variable incremento en altura, para *Pinus pinceana*.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	133.083	44.361	9.85	0.0001
Error	104	468.546	4.505		
Total corregido	107	601.629			

R-cuadrada	C.V. (%)	INCREALT/Media
0.221	49.20	4.31

Apéndice 7. Análisis de varianza de las medias de la variable peso verde de la parte aérea, para *Pinus pinceana*.

Fuente de	Grados de	Suma de	Cuadrado de	Valor de F	Pr > F
-----------	-----------	---------	-------------	------------	--------

Variación	Libertad	cuadrados	la media		
Modelo	3	322.355	107.452	6.92	0.0004
Error	68	1056.412	15.535		
Total corregido	71	1378.767			

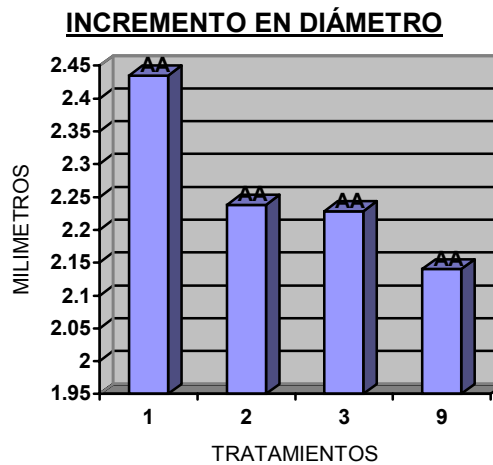
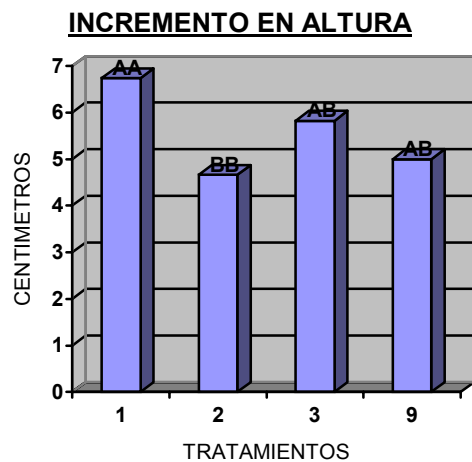
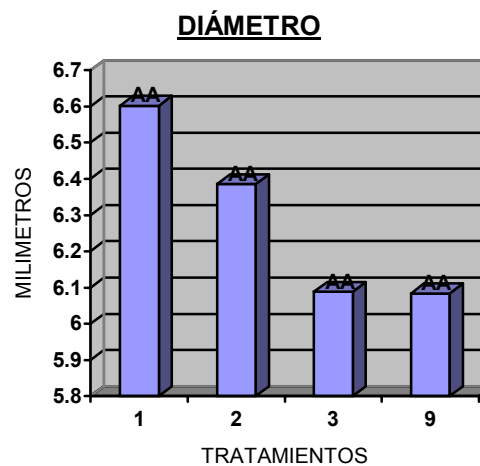
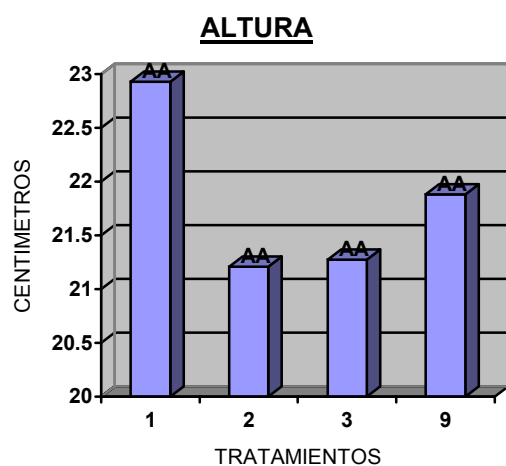
R-Cuadrada	C.V. (%)	PVA/media
0.234	35.16	11.21

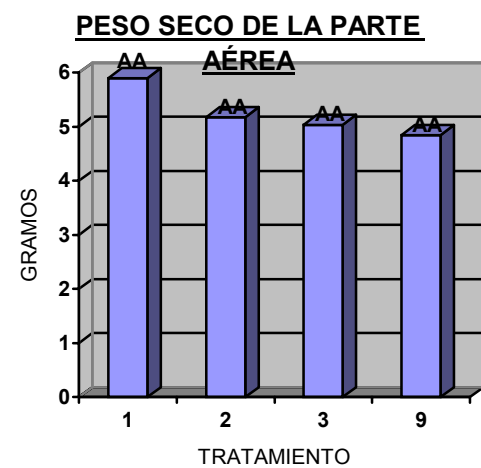
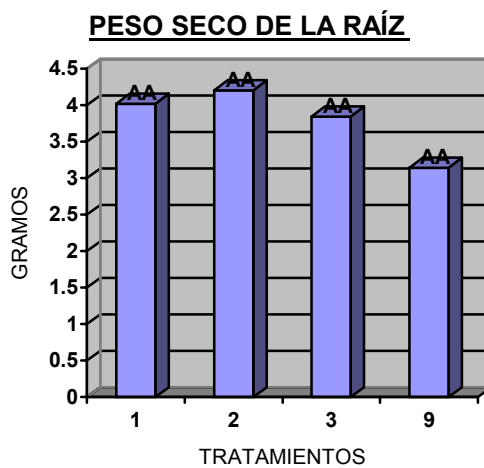
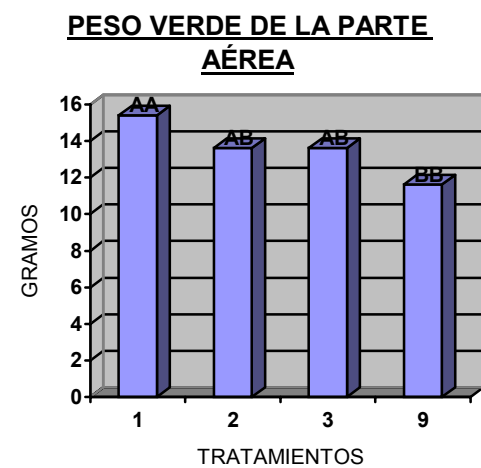
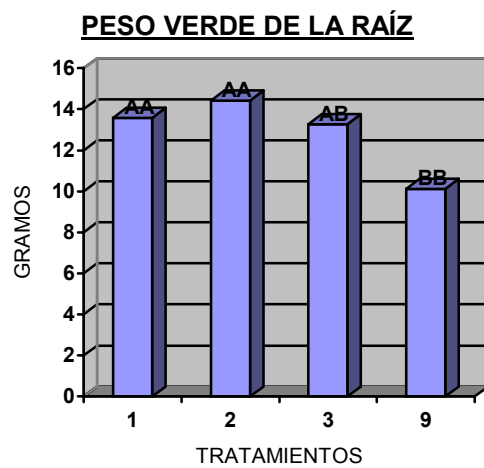
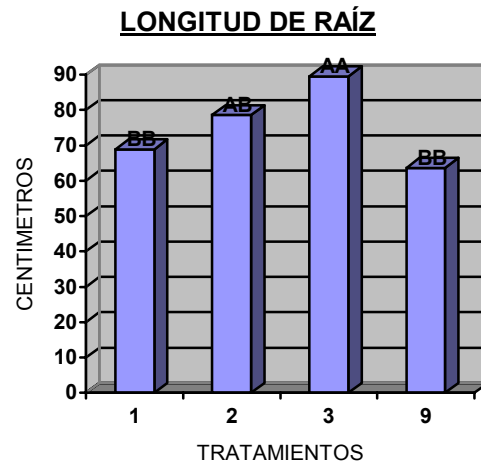
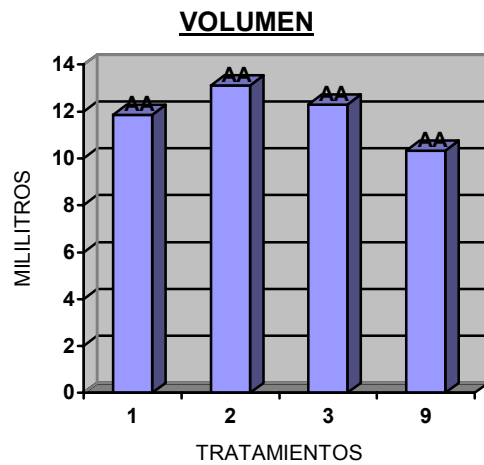
Apéndice 8. Análisis de varianza de las medias de la variable peso seco de la parte aérea, para *Pinus pinceana*

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de la media	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	36.318	12.106	5.73	0.0015
Error	68	143.692	2.113		
Total corregido	71	180.010			

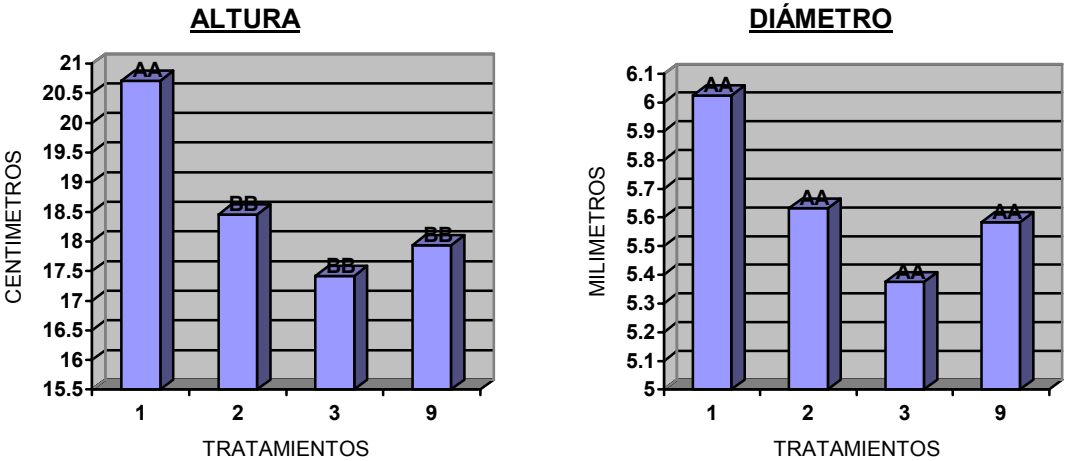
R-Cuadrada	C.V. (%)	PSA/media
0.202	37.48	3.88

Apéndice 9. Tendencia de los diferentes tratamientos, como respuesta a la dosis aplicadas en las diferentes variables, para *Pinus cembroides*.

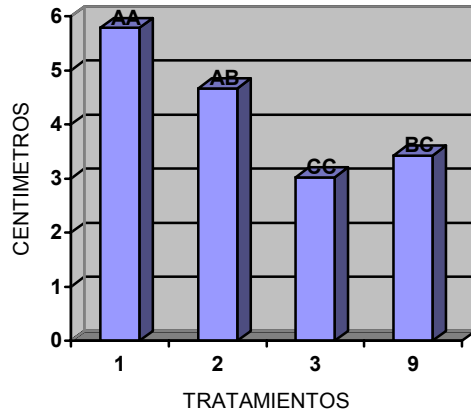




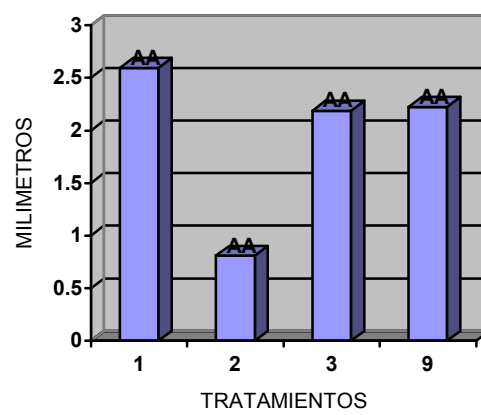
Apéndice 10. Tendencia de los diferentes tratamientos como respuesta a la dosis aplicadas en las diferentes variables para, *Pinus pinceana*.



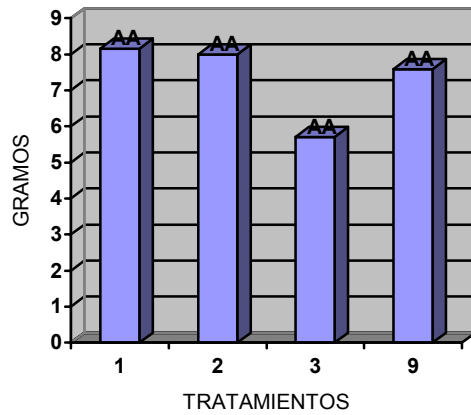
INCREMENTO EN ALTURA



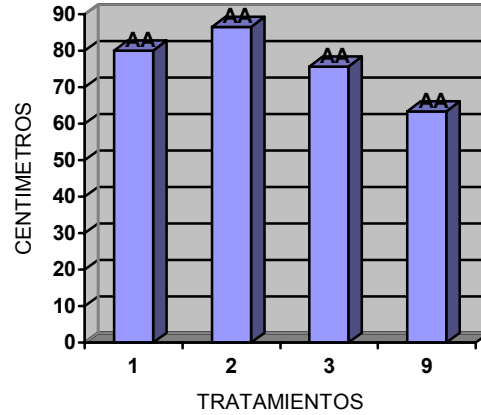
INCREMENTO EN DIÁMETRO



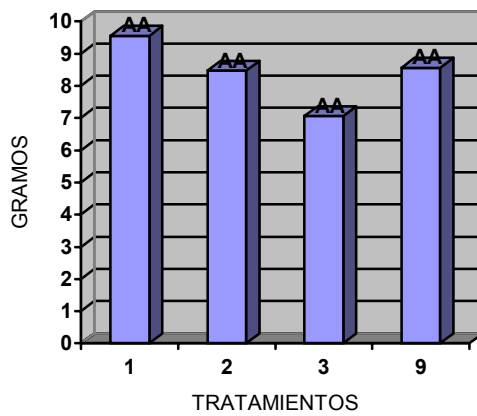
VOLUMEN



LONGITUD DE LA RAÍZ



PESO VERDE DE LA RAÍZ



**PESO VERDE DE LA PARTE
AÉREA**

