

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE AGRONOMIA.

DEPARTAMENTO FORESTAL



Evaluación de Una Plantación de Árboles de Navidad de *Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon, Tratada Con Fertilización y Podas, en Saltillo, Coahuila

Por:

ARTEMIO CORTÉS HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2005

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA.

Evaluación de Una Plantación de Árboles de Navidad de *Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon, Tratada con Fertilización y Podas, en Saltillo, Coahuila

Por:

ARTEMIO CORTÉS HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para
Obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:

Asesor principal Coordinador de la División de Agronomía

M.C. José Armando Nájera Castro

M.C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2005

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA.

Evaluación de Una Plantación de Árboles de Navidad de *Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon, Tratada con Fertilización y Podas, en Saltillo, Coahuila

Por:

ARTEMIO CORTÉS HERNÁNDEZ

TESIS

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

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:

Asesor principal

M.C. José Armando Nájera Castro

Asesor:

M.C. Melchor García Valdez

Asesor:

M.C. Jorge David Flores Flores

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2005.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS.....	<i>iii</i>
INDICE DE FIGURAS.....	<i>iv</i>
RESUMEN.....	<i>v</i>
I INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Justificación.....	3
II REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1 <i>Pinus halepensis</i> Miller.....	5
2.1.1 Descripción botánica.....	5
2.1.2 Distribución geográfica.....	6
2.1.3 Condiciones ecológicas.....	7
2.1.4 Importancia.....	8
2.2 <i>Pinus pinceana</i> Gord.....	9
2.2.1 Descripción botánica.....	9
2.2.2 Distribución geográfica.....	11
2.2.3 Condiciones ecológicas.....	11
2.2.4 Importancia.....	12
2.3 Importancia del cultivo de árboles de navidad naturales en México.....	13
2.3.1 Desde el punto de vista ambiental.....	14
2.3.2 Desde el punto de vista económico.....	14
2.3.4 Desde el punto de vista social.....	15
2.4 Consideraciones para la producción de árboles de navidad.....	15
2.4.1 Calidad de la planta.....	15
2.4.2 Preparación del sitio.....	16
2.4.3 Plantación.....	16

2.4.4 Manejo de la plantación.....	17
2.4.5 Importancia del espaciamiento en plantaciones de árboles de navidad.....	18
2.4.6 Técnicas culturales de conformación en árboles de navidad.....	21
2.4.7 Riego en la plantación.....	23
2.4.8 Fertilización.....	24
III MATERIALES Y METODOS.....	28
3.1 Descripción del área de estudio.....	28
3.1.2 Localización.....	28
3.1. 3 Clima.....	28
3. 1.4 Suelo.....	28
3. 1.5 Vegetación.....	30
3.2 Características de la plantación.....	31
3.3 Establecimiento del estudio.....	31
3.4 Aplicación de los tratamientos de fertilización y podas.....	34
3.5 Labores culturales.....	35
3.6 Diseño experimental.....	35
3.7 Parámetros de evaluación.....	36
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1 <i>Pinus halepensis</i> Miller.....	38
4.2 <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	42
4.3 Análisis entre especies.....	47
4.4 Discusión general.....	50
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
VI LITERATURA CITADA	53
VII APÉNDICE.....	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Árboles por hectárea de acuerdo con la distancia de plantación...	20
2	Descripción de los tratamientos de fertilización y podas.....	32
3	Distribución de los tratamientos de fertilización y podas, para <i>Pinus halepensis</i> Miller y <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	33
4	Fechas de aplicación de fertilizantes en <i>Pinus halepensis</i> y <i>P. pinceana</i>	34
5	Fechas de aplicación de podas en <i>Pinus halepensis</i> y <i>P. pinceana</i>	34
6	Evaluaciones dasométricas realizadas	36
7	Variables de crecimiento de <i>Pinus halepensis</i> Miller por tratamiento.....	38
8	Prueba de comparación de medias de Tukey para <i>Pinus halepensis</i> Miller por tratamiento.....	39
9	Variables de crecimiento de <i>Pinus pinceana</i> Gordon por tratamiento.....	43
10	Prueba de comparación de medias de Tukey para <i>Pinus pinceana</i> Gordon por tratamiento.....	43
11	Variables de crecimientos totales para <i>Pinus halepensis</i> y <i>Pinus pinceana</i>	47

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	<i>Pinus halepensis</i> Miller.....	9
2	<i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	13
3	División del terreno de acuerdo con la edad de cosecha, este caso es de cinco años.....	17
4	Método “marco real” con espaciamientos de 2.0 m x 2.0 m.....	19
5	Método “tres bolillo” con espaciamientos de 2.0 m x 2.0 m.....	19
6	Técnicas de conformación en árboles de navidad.....	22
7	Ubicación geográfica del área de estudio.....	29
8	Distribución de unidades experimentales en la parcela.....	33
9	Crecimiento en altura (CREALT) por tratamiento, en <i>Pinus halepensis</i> Miller.....	40
10	Crecimiento en diámetro basal (CREDC) por tratamiento, en <i>Pinus halepensis</i> Miller.....	40
11	Crecimiento en diámetro de copa (CREDB) por tratamiento, en <i>Pinus halepensis</i> Miller.....	41
12	Crecimiento en altura (CREALT) por tratamiento, en <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	44
13	Crecimiento en diámetro basal (CREDC) por tratamiento, en <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	45
14	Crecimiento en diámetro de copa (CREDB) por tratamiento, en <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	45
15	Crecimientos totales (CREALT y CREDC), por tratamiento y especie.....	49
16	Crecimientos totales (CREDB), por tratamiento y especie.....	49

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar el efecto de la fertilización en diferentes tipos y dosis, así como el control del crecimiento, aplicando podas de conformación sobre una plantación de árboles de navidad ubicada dentro de los terrenos del vivero del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

La plantación se estableció en junio del 2002, llevando a cabo las evaluaciones a principios de diciembre del 2004 y terminando a finales de septiembre del 2005. En ella se trabajó con dos especies de *Pinus* bajo un diseño completamente al azar. Estas especies fueron: *Pinus halepensis* Mill. y *P. pinceana* Gord. En este experimento se aplicaron 10 y 15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días; 1 tableta (21 gr) de fertilizante de liberación controlada Agriform® de 20-10-5 NPK, por cada cm de diámetro del tallo, por planta. Además se combinaron estos tipos y dosis de fertilizantes con la aplicación de podas en diferentes épocas del año anterior, más un testigo. Los parámetros evaluados de las dos especies, fueron, crecimiento en altura, crecimiento en diámetro basal y crecimiento en diámetro de copa. Tomando en cuenta las dos evaluaciones, se llevó a cabo el procesamiento de los datos obtenidos de campo, mediante el análisis de varianza y pruebas de comparación de medias, donde los resultados arrojaron que *Pinus halepensis* tuvo los mayores valores en las distintas variables, respondiendo mejor a la

fertilización de 15 gr. por litro de agua de Lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder, seguido por 15 gr. por litro de agua de lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral final de la primavera y poda de líder; y por ultimo 10 gr. por litro de agua de lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder.

P. halepensis, en comparación con *P. pinceana*, mostró mejores atributos para ser considerado como árbol de navidad, ya que presenta un follaje denso, mejor ramificación y una altura considerable, tomando en cuenta el tiempo que lleva establecido la plantación; lo que nos daría ganancias en el aspecto económico y de corto tiempo.

P. pinceana por su parte, en la aplicación de las diferentes dosis y tipos de fertilizantes, además de las podas de conformación; no presenta una respuesta inmediata en cuanto a su crecimiento y desarrollo, posiblemente a diversos factores como su lento crecimiento, la resistencia a la sequía y la pérdida de al menos un 35% de la plantación debido al ataque de animales que formaron galerías debajo del suelo, destruyendo las raíces y por consiguiente la muerte de las mismas.

I INTRODUCCIÓN

El cultivo de árboles de navidad es una alternativa para el desarrollo sustentable en numerosas áreas rurales del país, pero al mismo tiempo es un agro negocio muy rentable si se cuenta con paciencia y con la asesoría técnica adecuada.

El uso de los árboles naturales para adorno de los hogares durante la temporada de Navidad, tuvo su origen en el oeste de Alemania cerca del año 1500. Pronto esta costumbre se generalizó en Europa, siendo introducida más tarde en Norteamérica, probablemente por inmigrantes alemanes, hacia 1804 (Sowder, 1966, Citado por Chapa 1976).

El cultivo en escala comercial se originó en los Estados Unidos y varios autores se refieren a su introducción al mercado norteamericano en el año 1840 (Solís, 1962 Citado por Chapa 1976). Hasta la fecha, en Estados Unidos la instalación de viveros con este propósito ha ido en aumento, debido a las demandas del interior del país, provocando un movimiento económico adicional que beneficia a un amplio sector de la población.

Para el caso de México, los árboles de navidad ya no proceden de los bosques naturales, sino de plantaciones y viveros especializados, que los particulares establecen para abastecer la demanda creciente de este producto. Sin embargo, nuestro país aún debe importar cada año de los Estados Unidos

y Canadá alrededor de un millón de los un millón seiscientos mil árboles de navidad naturales que se comercializan cada temporada en nuestro país, obviamente esto representa una fuga de divisas (SEMARNAP, 1999).

Si esta industria se organizara debidamente en México, traería como resultado grandes beneficios económicos, ya que evitaría la salida de divisas por concepto de importación como ocurre actualmente: De igual forma, al establecer plantaciones de este tipo podría brindarse un mejor manejo a ciertas plantaciones y bosques naturales, evitando la erosión y degradación del suelo que ocurren en extensas áreas dentro de nuestros bosques, además de crearse fuentes de ingreso a un amplio sector rural.

Lo anterior da una idea de la importancia de esta actividad en la época navideña. En Estados Unidos de América los árboles de navidad se consideran un cultivo hortícola de manejo intensivo, donde el producto debe tener alta calidad (Prieto y Merlín, 2002).

El árbol de navidad es un artículo de jardinería, ya que su cultivo requiere podas anuales de formación muy cuidadosas para que el producto final cuente con la presentación que el mercado exige, es decir una copa perfectamente cónica y un follaje tupido, lo cual se logra conforme el árbol cultivado va siendo sometido a constantes podas de formación de copa. El árbol cultivado se diferencia de los árboles que crecen en los bosques precisamente por esa forma.

Afortunadamente, el claudestinatje de árboles de Navidad disminuye en la medida que las plantaciones y viveros especializados aumentan en número y

producción, puesto que la sociedad esta aprendiendo a diferenciar los árboles de Navidad cultivados de los árboles que crecen en los bosques, mismos que no cuentan con las características físicas mencionadas anteriormente (SEMARNAP, 1999).

1.1 Objetivo

Determinar el efecto de las podas de conformación y del líder para controlar el crecimiento en altura, así como el tipo y dosis de fertilizante, manteniendo niveles adecuados de humedad disponible del suelo, sobre el crecimiento en altura, diámetro basal y diámetro de copa en las especies utilizadas *Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon.

1.2 Hipótesis

La hipótesis nula (H_0) que se propone para esta investigación es la siguiente:

a) H_0 : No existen diferencias significativas en el efecto de la fertilización sobre el crecimiento en altura, diámetro basal y diámetro de copa en una plantación de árboles de navidad.

1.3 Justificación

La presente investigación se hace con el propósito de evaluar una plantación para producción de árboles de navidad, utilizando dos especies

(*Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon), ya que de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas de la región, es posible utilizarlas, ya que se adaptan fácilmente.

En este estudio se analizaran diferentes tratamientos de fertilización y técnicas de conformación, con el fin de que se pueda realizar un paquete tecnológico de aplicación en todas las regiones del país con clima y suelo similares.

En cuanto a las especies estudiadas, se dice que *Pinus pinceana* es una especie de lento crecimiento (15 o más años), para que sea aprovechado como árbol de navidad, por lo que utilizando diferentes técnicas de producción, se recortaría el tiempo por lo menos a la mitad. En *Pinus halepensis* por su parte se han llevado a cabo ensayos para reforestación y con plantaciones para árboles de navidad en el estado de Durango con buenos resultados, mostrando buena respuesta a la fertilización, teniendo rápidos crecimientos (Prieto y Merlín, 2000).

Por lo anterior, debido al escaso conocimiento en cuanto a las técnicas adecuadas en la producción de árboles de navidad de buena calidad en la republica mexicana, es necesario llevar a cabo estos estudios, a fin de tener una producción en corto tiempo y una mejor conformación en los árboles.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 *Pinus halepensis* Miller

2.1.1 Descripción botánica

Pertenece a la familia Pinaceae (Wiggins, 1980) y comúnmente es llamado en su región de origen como pino: alepo, carrasco y/o blanco (Ferrer, 1968).

Este árbol alcanza una altura alrededor de los 10 metros, aunque puede llegar a crecer 20 metros (Abou-Haidar, 1997). Presenta un fuste erguido, de corteza blanquecina o ceniza, que con la edad se resquebraja y adquiere un color pardo o rojizo. Su ramificación es de tipo decurrente, es decir, muy ramoso desde cerca de la base (Tomlinson, 1983); es un árbol monoico que generalmente presenta las flores masculinas en las ramas inferiores y las femeninas en las superiores (Walter y Wrant 1968), además, es perennifolio, resinífero, con conos masculinos ovoideos o cilíndricos, axilares o terminales, con escamas dispuestas helicoidalmente y dos sacos polínicos en cada una. El estróbilo femenino es de 5 a 12 centímetros, cuyos primordios aparecen en los meses de marzo a mayo y maduran a finales del segundo verano (Gualda, 2000), produciendo semillas de color gris oscuro en forma de piñón, con un ala tres veces mas larga (Alturo, 1998). Las acículas son finas y flexibles,

agrupadas de dos en dos, con una longitud comprendida entre 6 y 10 centímetros. Estos pinos se caracterizan por la poca cantidad de hoja que tienen, presentando una copa redondeada y clara, con acículas agrupadas en los extremos de las ramas y no persistiendo en ellas mas de dos años (Ferrer, 1968).

2.1.2 Distribución geográfica

Pinus halepensis es la especie de pino más extendida en la región mediterránea, cuyas formaciones caracterizan el paisaje de la parte oriental y sur de la Península Ibérica (Gil, *et al* 1996). Es uno de los árboles mas comunes de Líbano y gran parte del Mediterráneo (Abou- Haidar, 1997) con una amplia distribución en aquella región (García, 1996).

Crece en áreas montañosas bajas, localizadas a una altura de aproximadamente 1,000 msnm (Abou-Haidar, 1997). En este sentido, Gualda (2000) menciona que se localiza en colinas y laderas secas y soleadas, desde el nivel del mar hasta cerca de los 1,000 metros de altitud. También, García (1996) reporta que se encuentra en altitudes variables, desde el nivel del mar hasta los 1,000 metros que se encuentra en altitudes variables, aunque menciona que se ha llegado a localizar a 2,000 msnm.

En el noreste de México, este pino se ha establecido desde 1960 sobre suelos petrocálcicos, esqueléticos y muy erosionados, con precipitación media anual de aproximadamente 400 milímetros, en un rango altitudinal de 1500 a

1,850 msnm, y clima extremoso que presenta una temperatura media anual de 17 grados centígrados (Oviedo, 1980; Anónimo, 1972).

2.1.3 Condiciones ecológicas

Aunque se desarrolla sobre sustratos silíceos y calizos, tiene preferencia por los segundos, incluso con gran abundancia de yesos, siendo el árbol forestal de la Península con mayor capacidad para sobrevivir en las condiciones de cal y pobreza de suelo más extremas. La verdadera limitación edáfica para esta especie es la salinidad (Nicolás, 1954; Blanco *et al.*, 1997).

Sin embargo, la importancia de esta especie radica en su gran resistencia a la sequía, llegando a soportar precipitaciones medias anuales de 150 mm, y en la capacidad de desarrollarse sobre suelos muy pobres en nutrientes y poco profundos, si bien es muy sensible a las temperaturas extremas del invierno (Blanco *et al.*, 1997). Se ha utilizado abundantemente para repoblar áreas muy erosionadas, pudiendo ascender hasta los 1,500 metros a pesar de su carácter termófilo (Polunin, 1978).

El área de distribución natural del pino carrasco incluye no solamente zonas semiáridas, sino que se extiende a otros territorios con condiciones climáticas y edáficas más favorables (Gil, *et al* 1996).

Tiene una buena capacidad de adaptación a diversos climas y suelos, en donde puede llegar a prosperar relativamente bien pero a expensas de una malformación forestal. Con trabajos de mejoramiento genético podría

emplearse en regiones donde actualmente no se adaptan otras especies de coníferas (Cozzo, 1995).

Es una especie bien adaptada a los incendios forestales por su capacidad regenerativa acentuada y por la presencia de conos cerrados con semilla durante todo el año; además, en su región de procedencia se le puede encontrar formando masas puras o en asociación con las siguientes especies: *Abies pinsapo*, *Quercus ilex*, *Q. faginea*, *Olea europea*, *Pinus nigra*, *P. pinea*, *P. pinaster*, *Tetraclinis articulata*, *Populus alba*, *Juniperus thurifera* y *J. phoenicia* (Alturo, 1998).

2.1.4 Importancia

Como especie pionera típica, es poco longevo (200-250 años), y debido a la morfología tortuosa del fuste ha sido empleado para la obtención de leña y resina en épocas de mucha demanda (Blanco *et al.*, 1997).

Alturo (1998), menciona que el *P. halepensis* se puede utilizar en plantaciones con fines protectoras, o con fines de producción de madera de calidad en el caso de disponer de planta mejorada genéticamente.

Las masas de *Pinus halepensis* tienen, en definitiva, una importante función paisajística (Ruiz, 1993) y protectora, e incluso cierta importancia productora cuando crecen sin limitaciones edáficas, ni climatológicas (Nicolás, 1954; Serrada, 1993; Rojo, 1993; Rosa, 1998) (Figura 1).



Figura 1. *Pinus halepensis* Miller.

2.2 *Pinus pinceana* Gordon

2.2.1 Descripción botánica

Pertenece a la familia Pinaceae (Martínez, 1948) y comúnmente es llamado en su región de origen como: Pino piñón, Piñón rosa (S.L.P.), Piñón blanco (Qro.), Ocote (www.conafor.gob.mx, 2005).

Árbol de 6 a 12 metros de altura, tronco 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 (Martínez, 1948).

2.2.2 Distribución geográfica

Pinus pinceana Gord., como otras especies de piñoneros (*Pinus edulis* Engelm., *P. maximartinezii* Rzedowski, *P. monophylla* Torr. Y *P. nelsonii* Shaw.), tiene distribución geográfica restringida en México y en apariencia no constituyen elementos dominantes en los bosques, sino muy localmente (Rzedowski, 1978). Esta especie se encuentra dispersa en la sierra madre oriental, principalmente en el estado de Coahuila y como pequeñas poblaciones dispersas en el estado de Zacatecas (Perry, 1991).

Martínez (1948) cita algunos lugares donde colectó ejemplares de *P. pinceana*: Hacienda el Garambullo, “El Fraile”, Coahuila; Sierra del 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.

2.2.3 Condiciones ecológicas

Las condiciones ecológicas donde prospera esta especie es en suelos calizos y desérticos, pedregosos, muy delgados y pobres en materia orgánica; en laderas de montaña y lomeríos donde puede rodar con facilidad su semilla (Eguiluz, 1978). Así mismo se encuentra dispersa en colinas rocosas y montañas muy secas de la sierra Madre Oriental (Perry, 1991). Forma rodales puros abiertos, a veces en manchones pequeños; pero también se le ve

asociado con varios piñoneros y otras coníferas; su rango altitudinal se extiende desde los 1500 en San Luis Potosí, hasta 2700 m en Querétaro, siendo los 1900 msnm la altitud a la que se encuentra más abundante en Coahuila (Eguiluz, 1978).

Pinus pinceana se asocia principalmente con especies de matorrales desértico con *Mimosa* spp., también con *Juniperus* sp, *P. cembroides* Zucc., *Yucca* sp. Y muy rara vez con *P. nelsonii* Shaw; otras veces se asocia con *Quercus crassifolia* H. et B., *Prosopis laevigata* H. et B y *P. teocote* Schl. et Cham. (Eguiluz, 1978).

2.2.4 Importancia

Su madera no tiene usos industriales, se le utiliza con fines domésticos, como leña, postes para cercas y muebles rústicos; sus piñones son comestibles y en la región se venden tostados en el mercado. Puede ser una especie exitosa para programas de reforestación con fines de protección al suelo (Eguiluz, 1978). En tanto, Martínez (1948) menciona que por el follaje y la forma del tronco la especie es interesante en usos hortícolas, particularmente en áreas donde la escasez del agua es un problema.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-1994, (INE, 1994) la especie también es considerada de importancia especial, debido a que actualmente se considera dentro de la categoría de protección ya que su distribución es restringida, así mismo, Perry (1991) menciona que la especie se

encuentra en pequeños manchones y en áreas atrapadas en forma individual y como es la especie complementaria del *Pinus cembroides* en cuanto al aprovechamiento de su semilla (piñón), su regeneración se podría ver afectada en el futuro. En la figura 2, se muestra la representación de *Pinus pinceana* como árbol de navidad.

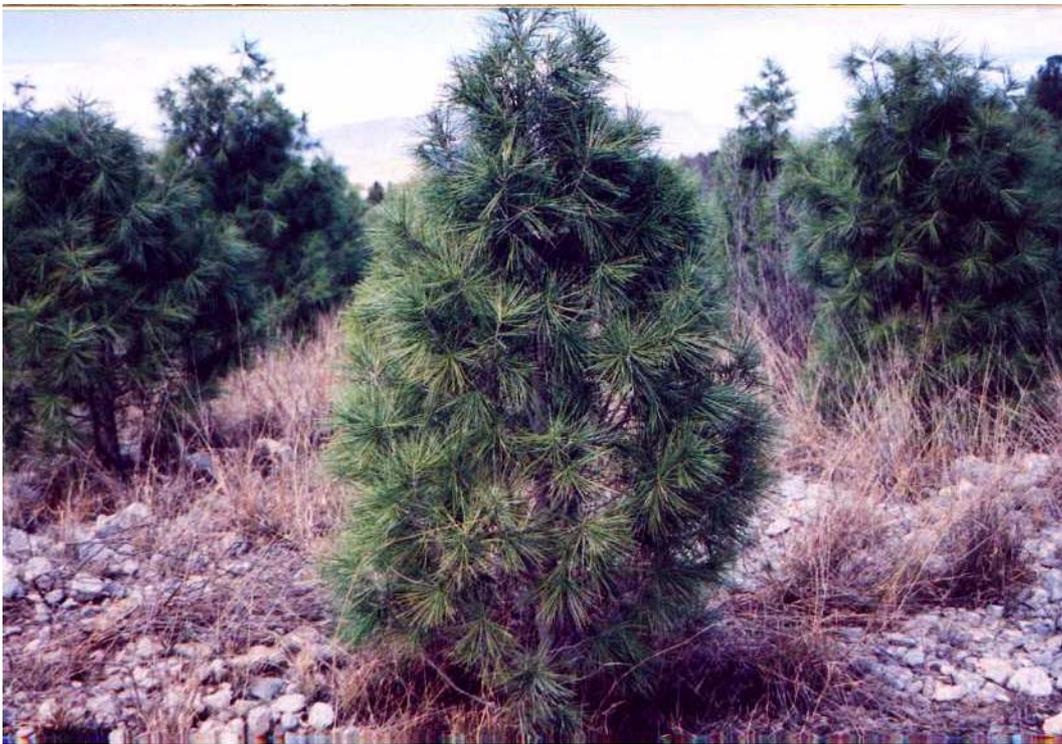


Figura 2. *Pinus pinceana* Gordon.

2.3 Importancia del cultivo de árboles de navidad naturales en México

La producción de árboles de Navidad tiene diferentes beneficios (SEMARNAP, 1999):

2.3.1 Desde el punto de vista ambiental:

- La producción de árboles de navidad permite reincorporar al uso forestal a terrenos que carecen de cubierta arbórea o que están siendo objeto de actividades agropecuarias de baja productividad-rentabilidad.
- Las plantaciones comerciales para la producción de árboles de navidad capturan carbono a través de la fotosíntesis, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático global y a la disminución del efecto de invernadero.
- El cultivo de árboles de navidad permite desalentar la extracción clandestina de árboles pequeños de los bosques.
- Los árboles de navidad naturales, una vez utilizados, pueden ser transformados en abono orgánico (composta) y reincorporados al suelo, manteniendo así la capacidad productiva de las áreas verdes en las grandes ciudades. El plástico, en cambio, no es biodegradable y su proceso de producción es altamente contaminante.

2.3.2 Desde el punto de vista económico:

- Las plantaciones forestales para la producción de árboles de navidad representan una alternativa de ingreso para los dueños y poseedores de terrenos con vocación forestal.
- Los árboles de navidad cultivados en México, procedentes de viveros y plantaciones especializadas, son productos de alto valor agregado y de rápida colocación en el mercado, siempre y

cuando sus características de calidad correspondan a las que éste exige.

- La producción nacional de árboles de navidad naturales permite reducir las importaciones de este producto.

2.3.4 Desde el punto de vista social:

- La producción de árboles de navidad permite la generación de empleos en las áreas rurales y una derrama económica colateral derivada de otros servicios a los adquirientes.
- Las plantaciones de árboles de navidad permiten dar un uso sustentable y productivo al suelo, generando con ellos polos de desarrollo rural regional.
- La producción de árboles de navidad representa una valiosa alternativa para evitar el avance de la marcha urbana sobre terrenos no arbolados y evitar al mismo tiempo la emigración de habitantes de las zonas rurales hacia las grandes ciudades.

2.4 Consideraciones para la producción de árboles de navidad

2.4.1 Calidad de la planta

La calidad de la planta producida en vivero depende de las características genéticas del germoplasma (propiedades intrínsecas), y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero (características extrínsecas), las cuales se reflejan en la capacidad para adaptarse y desarrollarse en las

condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación. Por ello, las plantas a utilizar deben tener las siguientes características morfológicas, las cuales varían entre especies y se resumen en lo siguiente: altura de 15 a 25 cm, diámetro del cuello de 4 a 6 mm, sistema radical fibroso, tallo lignificado, con acicalas secundarias, libres de plagas y/o enfermedades y buen vigor.(Merlín y Prieto, 2002)

2.4.2 Preparación del sitio

Para que los árboles tengan un crecimiento rápido y consistente, es necesario que las plantaciones se realicen en sitios con drenaje adecuado, de preferencia en suelos francos. Es importante que el terreno este libre de malezas. En el caso de suelos con una capa dura compacta, debe aplicarse un subsoleo a lo largo del posible surco de plantación, con el fin de favorecer el crecimiento de las raíces y con ello superar los problemas de tensión por sequía (Lindstrom *et al.*, 1997).

Es necesario realizar un análisis de suelo en otoño para conocer las características fisicoquímicas y determinar las necesidades de nutrientes. El pH del suelo debe ser de 5.5 a 6.0 (Lindstrom *et al.*, 1997).

2.4.3 Plantación

Las plantas se colocan cuidadosamente en la cepa, se agrega el suelo y se aprieta alrededor del sistema de raíces, para eliminar las bolsas de aire.

Cuando no se apisona el suelo alrededor del sistema de raíces, se puede ocasionar la muerte del brinjal. En caso de que el terreno se haya subsoleado, debe plantarse sobre las líneas subsoleadas para facilitar la plantación y el rápido establecimiento de las plántulas. Es necesario mantener la línea de plantado libre de malezas mediante la aplicación de herbicidas apropiados y el chaponeo en medio de las líneas de plantación (Merlín y Prieto, 2002).

2.4.4 Manejo de la plantación

De acuerdo con la oferta y la demanda, se recomienda plantar en bloques, para lo cual se divide el terreno entre el número de años en que el árbol este listo para venta, se planta un bloque cada año hasta tener el terreno cubierto como se muestra en la figura 3. Al término del quinto año el primer bloque plantado se cosechara y se dejara listo el terreno para plantar el siguiente año (Merlín y Prieto, 2002).

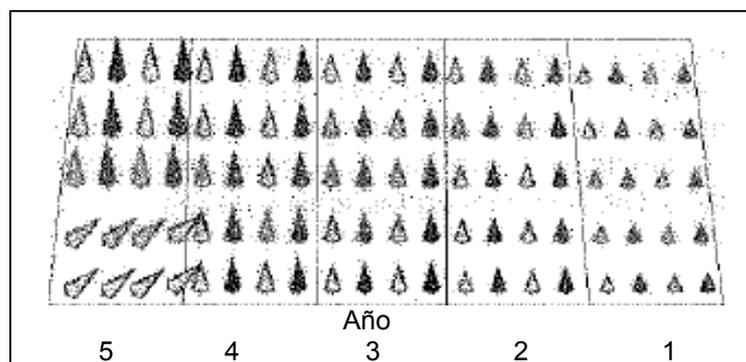


Figura 3. División del terreno de acuerdo con la edad de cosecha, este caso es de cinco años.

Cuando se plante en sitios donde ya existió un aprovechamiento de árboles de navidad, para establecer el siguiente turno se sacan los tocones manualmente o con maquinaria especial y se queman para no provocar algún contratiempo en la próxima plantación. Otra opción para acelerar el proceso de producción es establecer nuevas plantas entre los árboles por cosecharse; esto puede interferir con el corte o el acceso de maquinaria, pero puede representar una ganancia considerable de tiempo en la próxima rotación (Merlín y Prieto, 2002).

2.4.5 Importancia del espaciamiento en plantaciones forestales de árboles de navidad

Existe un aspecto que en la mayoría de los casos pasa desapercibida y comúnmente se le da poca importancia, referente al espaciamiento que debe utilizar una plantación, el cual es determinante ya que una vez realizada esta actividad, nos definirá el esquema de trabajo, características del producto e ingresos hasta al final del turno de producción y no será posible modificar (Flores *et al.*, 2004).

Por lo anterior, el espaciamiento ideal es aquel que permite un máximo de árboles a plantar por unidad de superficie, dando simultáneamente el espacio necesario para que el árbol plantado se desarrolle sin interferencia de otros árboles vecinos y que adicionalmente permita ejecutar las actividades de cultivo (Flores *et al.*, 2004).

Existe una ventaja al utilizar marco real, debido a que el trabajo de trazo en campo es más fácil de realizar. Esto implica trazos “en cuadros” de igual distancia y forma. En el caso del método “tres bolillo” implica trazo en triángulos, tal y como se ilustra en las figuras 4 y 5, que con un poco de práctica, se realiza con cierta facilidad (Flores *et al.*, 2004).

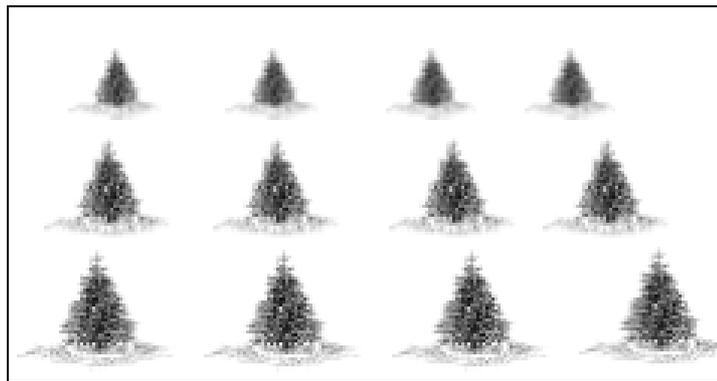


Figura 4. Método “marco real” con espaciamientos de 2.0 m x 2.0 m.

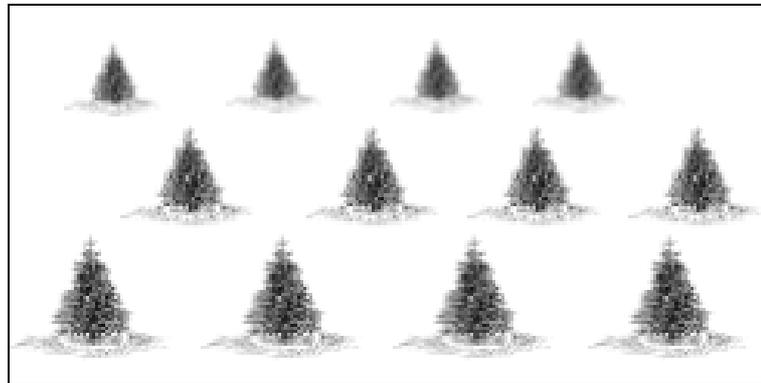


Figura 5. Método “tres bolillo” con espaciamientos de 2.0 m x 2.0 m.

La densidad de plantación depende de varios factores, tales como: características de la especie a plantar, así como la cobertura final que tendrán los árboles al terminar el turno y las necesidades de espacio para el cultivo y cosecha (Merlín y Prieto, 2002).

En base a experiencias de campo, se recomienda plantar con el método “marco real” con espaciamientos de 2.0 m x 2.0 m entre líneas de plantación. De tal forma que la densidad de plantación será de 2,500 árboles por hectárea (Flores *et al.*, 2004).

Otros factores a considerar son las características físicas del suelo, ya que un suelo franco con buen drenaje permitirá mejor desarrollo de los árboles y la densidad de la plantación puede ser menor; en cambio en un terreno arenoso o arcilloso el desarrollo del árbol será raquítico y la densidad de plantación debe ser mayor. La disponibilidad de agua influye; si se cuenta con riego suficiente el crecimiento será mayor y por lo tanto la cantidad de plantas por unidad de superficie debe ser menor. En el Cuadro 1 se presenta la densidad por ha para diferentes espaciamientos (Merlín y Prieto, 2002).

Cuadro 1. Árboles por hectárea de acuerdo con la distancia de plantación.

Distancia entre plantas (m)	Distancia entre hileras (m)	Árboles por hectárea
1.2	2.0	4,167
1.2	2.5	3,333
1.2	3.0	2,778
1.5	2.0	3,333
1.5	2.5	2,667
1.5	3.0	2,222
1.8	2.0	2,778
1.8	2.5	2,222
1.8	3.0	1,852

2.4.6 Técnicas culturales de conformación en árboles de navidad

La poda en los primeros años nos permite lograr ejemplares de mejor calidad y es bien recibida por el árbol (Alturo, 1998).

Típicamente, los árboles de Navidad son podados anualmente, comenzando 2 a 3 años después de la siembra y se continúa hasta la cosecha. La poda logra dos objetivos. Primero, la poda desarrolla la característica forma rematada en punta asociada con los árboles de Navidad de alta calidad. Segundo, la poda controla la cantidad de crecimiento anual y en algunas especies, aumenta la producción de yemas. Esto resulta en una mayor densidad y uniformidad del follaje. El momento de la poda depende de la especie de conífera. Los pinos usualmente son podados durante junio y julio; la poda de otras especies usualmente comienza en agosto y continúa hasta terminar en el otoño (McCullough y Koelling, 1996).

Los árboles se podan todos los años para retrasar su crecimiento vertical. La poda obliga a las ramas a multiplicarse y a extenderse hasta que gradualmente el árbol logra la apariencia frondosa que los clientes buscan en un árbol de navidad. Si no retrasamos el crecimiento vertical, las ramas no serían tan tupidas y los árboles no se verían tan frondosos (http://www.christmastree.net/can_esp.htm, 2004).

Es importante desarrollar técnicas para cada región y mercado, experimentando con pocos árboles y registrando el desarrollo logrado con

diferentes técnicas de poda y tipos de corte. En el caso del corte del líder, la mejor fecha para realizar esta actividad es al inicio del periodo de succulencia, cuando los crecimientos nuevos están completos y se pueden ver claramente las yemas sobre los líderes, esto es a mediados de julio o principios de agosto. Al cortar durante esta época se alcanza un alto porcentaje de crecimiento del líder en año siguiente (Landgren y Douglas, 1993).

Las podas pueden efectuarse al terminar la estación de crecimiento, de acuerdo con la especie cultivada (Figura 6) (Prieto y Merlín, 2000). Las herramientas de corte empleadas incluyen tijeras de podar, machetes, tijeras para setos y maquinas cortadoras con motor eléctrico o de gasolina.



Figura 6. Técnicas de conformación en árboles de navidad.

2.4.7 Riego en la plantación

La agricultura de hoy implica la competencia por los mercados; la productividad obliga al productor a disponer de elementos para la planeación y toma de decisiones, sobre el cuánto y cuándo regar y fertirrigar los cultivos, las cuales deberán estar sustentadas en criterios tecnológicos y no en criterios empíricos (Mojarro *et al.*, 2003).

El riego y la fertilización pueden reducir el estrés de manera efectiva y aumentar el vigor de los árboles (McCullough y Koelling, 1996).

Peñuelas y Ocaña (2000), mencionan que el agua es un factor primordial para el desarrollo de las plantas. En nuestras condiciones naturales, es su principal limitante y, por el contrario, uno de sus más importantes promotores en los cultivos forzados. Casi todos los procesos fisiológicos de las plantas están afectados en mayor o menor medida por el agua. La influencia del agua en los procesos de las plantas se refleja en los cuatro puntos siguientes:

1. El agua es el mayor componente de las plantas vivas, constituyendo entre el 80% y el 90% de su peso seco.
2. Es el disolvente universal, siendo el vehículo de nutrientes dentro de la planta.
3. Es un reactivo bioquímico en muchos procesos de la actividad vital de las plantas, incluida la fotosíntesis.
4. Es esencial para mantener la turgencia de las células de la planta.

La estrategia de una buena programación del riego es mantener un buen nivel de humedad en la zona radical del cultivo, de tal forma que la planta no sufra de estrés hídrico (Mojarro *et al.*, 2003).

2.4.8 Fertilización

La fertilización al establecimiento de las plantaciones puede incrementar la productividad mediante la reducción del período necesario para alcanzar la máxima producción y/o a través de incrementos en el nivel de máxima producción del rodal (Snowdon y Waring 1984). Para resultar efectiva debe integrarse con las demás operaciones de establecimiento, adecuarse a las características del sitio, en particular a la oferta y circulación de nutrientes, y considerar los requerimientos de las especies a cultivar (Nambiar, 1999; Goncalves y Barros, 1999).

La productividad de los bosques depende de una serie de factores ambientales que comprenden: radiación, temperatura, agua y disponibilidad de nutrientes. Este último factor también depende de dichas condiciones ambientales y, en la mayoría de los bosques, la productividad está relacionada directamente con la absorción y disponibilidad de nutrientes (Binkley, 1993).

La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el desarrollo de las plantas. El estado nutricional afecta básicamente los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía, y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que componen las plantas (Peñuelas y Ocaña, 2000).

El nitrógeno (N), es el elemento mas utilizado para mejorar el crecimiento y color del árbol, excepto en casos aislados en que las limitaciones de otros nutrientes pueden causar problemas, por lo que los análisis de suelo y de follaje ayudan a resolverlos. Se puede considerar el establecimiento de una parcela de observación en el terreno de plantación en donde algunos árboles sean fertilizados y otros no, así se puede probar la efectividad de un tratamiento antes de aplicarlo sobre todo el terreno. Los fertilizantes nitrogenados requieren de humedad y temperaturas frescas para moverse a la zona de raíces del árbol, por lo que marzo es una buena fecha para aplicar el fertilizante (Landgren y Douglas, 1993).

El nitrógeno es el elemento nutricional mas limitante para el crecimiento de las plantas (Castellanos *et al.*, 2000). Este macronutriente es un componente clave para muchas moléculas que participan en procesos básicos, tales como ácidos nucleicos, clorofila, aminoácidos (Marshner, 1995; Mengel y Kirkby, 2001).

El fósforo (P), forma parte de las transformaciones de energía. En los suelos, el P existe en las rocas en forma de fosfato inorgánico (absorbido en las superficies o precipitado como sales), y en la materia orgánica no descompuesta. En las plantas, el fosfato permanece en forma libre o unido a los azúcares y lípidos, y desempeña una importante función en las transformaciones de energía de las células en forma de adenosín trifosfato (ATP) (Binkley, 1993).

Los minerales de potasio (K), (principalmente los feldespatos de K) comúnmente se encuentran en las rocas y en las partículas de suelo y el intemperismo de estos minerales, constituye una fuente importante de K para los bosques. Parte del K se incorpora se incorpora también a los ecosistemas en forma de sales disueltas en la precipitación pluvial (Binkley, 1993). El fósforo y potasio ayudan en la resistencia a la sequía (Meson y Montoya, 1993)

El fertilizante se debe aplicar cuando se hayan controlado los excesos de humedad en el suelo y de vegetación, ya que provocan que los árboles se tornen amarillentos y cloróticos con pobre crecimiento, aun cuando se fertilicen (Landgren y Douglas, 1993).

La aplicación de fertilizante depende del desarrollo de la planta y de la disponibilidad de humedad. Deben realizarse fertilizaciones periódicas, especialmente en suelos arenosos. Es preferible el uso de formulas de liberación lenta que provean de nutrientes durante tres o cuatro meses. Es necesario que el fertilizante se aplique sobre la línea de goteo de la copa del árbol, asegurándose que la maleza de herbáceas y los pastos sean controladas alrededor de los árboles (Lindstrom et al, 1997). Debe tenerse cuidado de no aplicar más fertilizante del recomendado, para evitar crecimiento excesivo que dificulte la poda.

McNell *et al.* (1984) realizaron un ensayo en una plantación de pinos, para demostrar, que para una buena conformación en especies de Pinos, es necesario aplicar una fertilización nitrogenada y fosforada con 112 Kg de N / ha y 56 Kg de P / ha, durante tres años.

En cuanto a los efectos que producen estos macronutrientes, Lira (1994) menciona que el nitrógeno (N), da como efecto en las plantas el color verde intenso, promueve la velocidad del desarrollo y el área foliar. Es un elemento que da vigor a las plantas y abundancia de hojas (www.infojardin.com). El fósforo (P) estimula la velocidad de formación de raíces y su crecimiento, proporciona vigor para los frutos durante el invierno y es responsable del transporte de la energía metabólica. El potasio (K) proporciona gran vigor a las plantas y resistencia a las enfermedades y coadyuva a la síntesis de proteínas vegetales.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.2 Localización

El presente estudio se llevó a cabo en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, dentro de los terrenos del vivero del Departamento Forestal, el cual se localiza en las coordenadas geográficas 25° 23' Latitud Norte y 101° 02' Longitud Oeste, a una altitud de 1743 msnm (Figura 7) (CETENAL, 1975a).

3.1.3 Clima

De acuerdo a la estación meteorológica de la UAAAN, la más cercana a la plantación, el clima corresponde a la formula climática de BsoK (x')(e) y pertenece al tipo semiárido; la temperatura media anual es de 17.8°C, con temperaturas extremas, máxima de 35 °C y mínima de -7 °C y una precipitación media anual de 450 mm.

3.1.4 Suelo

De acuerdo a la carta edafológica G14C33 de Saltillo (CETENAL, 1975b); el suelo del área experimental consiste en una Rendzina con fase petrocálcica. Que de acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO, se caracterizan por ser poco profundos y pegajosos que se encuentran sobre rocas calizas, se presentan en climas cálidos o templados con lluvias moderadas o abundantes. Su vegetación natural es de matorral, selva o bosque.



Figura 7. Ubicación Geográfica del área de estudio.

3.1.5 Vegetación

La vegetación natural que predomina en el lugar, es de tipo subinermé, con un área de pastizal y matorral de acuerdo a la carta de uso de suelo G14C33 de Saltillo, Coahuila (CETENAL, 1977c). Así mismo los pastos que más se encuentran son: *Muhlenbergia* sp., *Asistida glauca* (zacate tres barbas); en las partes bajas se puede encontrar vegetación inducida y cultivada como *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Carya illinoensis* (nogal) y *Prunus persicae* (durazno).

Así mismo se han realizado reforestaciones, en las cuales la especie principal es *Pinus halepensis*, *P. cembroides*, *Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *Melia azedarach*, *Fraxinus* sp. La vegetación asociada con estas especies es de gramíneas, entre las que se encuentran *Asistida* sp., *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *B. hirsuta*, *Eragrostis* sp., *Erioneuron pilosum*, *Hilaria berlandieri*, *Leptochloa dibia*, *Muhlenbergia* sp., *Panicum allí*, *P. obtusum*, *Sporobolus tiroides*, *S. tenuísima*. Las herbáceas están formadas por *Crotón dioicus*, *Desmanthus* sp; *Dyssoidia setifolia*, *Gnapholium* sp; *Solanum eleagnifolium*, *Xanthocephalum* sp; *Zinnia acerosa* y arbustivas *Acacia farnesiana*, *Berberis trifolialata*, *B. veronicaefolia*, *Bunddleja scordioides*, *Condalia warnockii*, *Dalea lanata*, *Mimosa biuncifera*, *Opuntia imbricata*, *Rhus microphylla*, *Ziziphus obtusifolia* (Villarreal, 1983).

3.2 Características de la plantación

La plantación se realizó en el mes de junio del 2002, con las especies de *Pinus halepensis* y *Pinus pinceaana*, para producción de árboles de navidad, siendo establecida con 300 árboles sobre una superficie de 1000 metros cuadrados, bajo un sistema de fertilización, con la aplicación de 10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta cada 30 días, 15 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta cada 30 días, 1 tableta (21 gr) por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK, podas laterales y podas líder, además de un testigo. Todos estos tratamientos se aplicaron a mediados del 2004 y a principios del 2005 con intervalo a un mes entre ambos.

Estas especies se plantaron bajo el diseño de plantación de “marco real”, teniendo una equidistancia de 1.8 metros, con líneas de plantación orientadas de este a oeste y con una densidad de 150 árboles por especie con un total de 300 plantas.

3.3 Establecimiento del estudio

El estudio se inició a principios del 2004 y finalizó a fines de septiembre del 2005, con él se pretendió encontrar respuestas en las variables dasométricas altura, diámetro basal y diámetro de copa, de las dos especies de pinos establecidas. Cada especie fue considerada como un experimento y sobre cada una se aplicaron nueve intensidades de fertilización y un testigo. La razón por la que se consideraron experimentos separados, se debió a la diferencia de especies y al tamaño de las plantas, así como para observar claramente el comportamiento de éstas en cuanto al crecimiento en altura,

diámetro basal y diámetro de copa de acuerdo a las intensidades de fertilización aplicada.

En el cuadro 2, se muestra la descripción de los tratamientos de fertilización y podas para *Pinus halepensis* y *P. pinceaana*.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos de fertilización y podas.

Tratamiento	Descripción
1	10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días
2	15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días
3	1 tableta (21 gr) por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK Agriform fertilizante de liberación controlada
4	Trat. 1 más poda lateral al final de la primavera y poda de líder
5	Trat. 1 más poda lateral a final del verano y poda de líder
6	Trat. 2 más poda lateral al final de la primavera y poda de líder
7	Trat. 2 más poda lateral al final del verano y poda de líder
8	Trat. 3 más poda lateral al final de la primavera y poda de líder
9	Trat. 3 más poda lateral al final del verano y poda de líder
10	Testigo, sin fertilización, ni poda, ni riego

La distribución de las unidades experimentales se realizó de manera aleatoria y al mismo tiempo se etiquetaron los árboles con una cinta de colores que representa la cantidad de fertilizante aplicada (cuadro 3) y (Figura 8).

Cuadro 3. Distribución de los tratamientos de fertilización y podas, para *Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon.

Pinus halepensis Miller.

Pinus pinceana Gord.

UNIDAD EXPER (#)	TRAT	UNIDAD EXPER	TRAT	UNIDAD EXPER (#)	TRAT	UNIDAD EXPER	TRAT
4	T7R3		21	4	T7R3		21
	T1R2				T1R2		
5	T1R1		22	5	T1R1		22
	T2R3				T2R3		
6	T4R1		24	6	T4R1		24
	T3R1				T3R1		
8		T5R2	25	8		T5R2	
	T7R2			25		T7R2	
9		T5R1	26	9		T5R1	
	T10R3			26		T10R3	
10		T4R3	27	10		T4R3	
	T2R1			27		T2R1	
11		T9R1	28	11		T9R1	
	T2R2			28		T2R2	
12		T5R3	29	12		T5R3	
	T8R3			29		T8R3	
13		T10R1	30	13		T10R1	30
	T9R2			13		T9R2	
14		T1R3	31	14		T1R3	
	T8R2			31		T8R2	
15		T10R2	32	15		T10R2	32
	T3R2			15		T3R2	
16		T6R2	33	16		T6R2	
	T6R1			33		T6R1	
17		T7R1	34	17		T7R1	
	T3R3			34		T3R3	
18		T6R3	35	18		T6R3	
	T8R1			35		T8R1	
19		T4R2		19		T4R2	
20		T9R3		20		T9R3	

(#) Numero de Unidad Experimental
Tratamiento; (R) = Repetición.

(T)

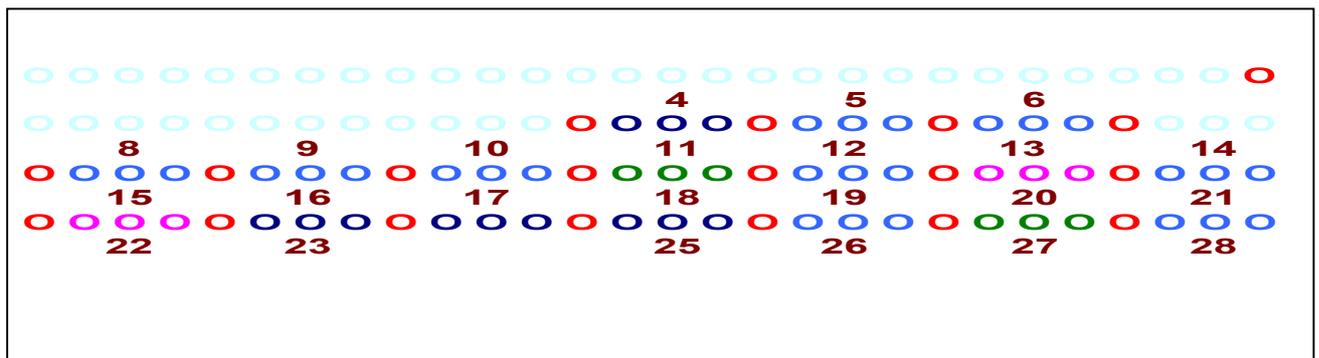




Figura 8. Distribución de unidades experimentales en la parcela.

3.4 Aplicación de los tratamientos de fertilización y podas.

La medición de los fertilizantes se realizó con una báscula de precisión, tomando la medida en gramos y con un vaso graduado se suministró los fertilizantes para cada árbol, en el cuadro 4, se muestran las fechas de aplicación de los tratamientos de fertilización y en el cuadro 5, se observan las fechas de la aplicación de podas para *Pinus halepensis* y *Pinus pinceana*.

Cuadro 4. Fechas de aplicación de fertilizantes en *Pinus halepensis* y *P. pinceana*.

Aplicación de Lobi*44	
1ª Fecha	4 de marzo del 2005
2ª Fecha	13 de abril del 2005
3ª Fecha	9 de junio del 2005
4ª Fecha	11 de agosto del 2005

Cuadro 5. Fechas de aplicación de podas en *Pinus halepensis* y *P. pinceana*.

Aplicación de podas	
1ª Fecha	22 de junio de 2004 en <i>Pinus halepensis</i> 23 de junio de 2004 en <i>P. pinceana</i>
2ª Fecha	8 de septiembre del 2004 en <i>P. halepensis</i> 9 de septiembre de 2004 en <i>P. pinceana</i>

El Agriform se aplicó el 25 de febrero del 2005, (1 tableta (21 gr) por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK fertilizante de liberación controlada).

3.5 Labores culturales

Las labores culturales que se realizaron durante el experimento, consistieron en deshierbes manuales y apertura de cajetes periódicamente cada tres meses y aplicación de poda basal.

3.6 Diseño experimental

En el presente trabajo se utilizó un diseño completamente al azar para cada uno de los experimentos individuales; procesando los datos mediante el siguiente modelo estadístico (Steel y Torrie, 1990; Padrón, 1982).

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

Donde:

μ = Media General.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = error experimental en la j-ésima repetición.

El número de tratamientos fue igual a 10, con 3 repeticiones, para un total de 30 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en 3 árboles. En total se utilizaron 90 árboles por especie y 180 árboles en los dos experimentos considerados.

3.7 Parámetros de evaluación

Los parámetros evaluados fueron, crecimiento en altura, diámetro basal y diámetro de copa en las dos especies de pinos; la evaluación de los parámetros se realizó en diciembre del 2004 y septiembre del 2005, (Cuadro 6).

Cuadro 6. Evaluaciones dasométricas realizadas.

2004 Primera	2005 Segunda
08 Diciembre.	20 Septiembre.

En cada evaluación realizada se tomaron los siguientes parámetros, a fin de observar el comportamiento de las dos especies con relación a la aplicación de la dosis de los fertilizantes.

A) Diámetro basal: Mediante la utilización de un vernier digital se tomó el diámetro basal en milímetros, al nivel de la base del tallo del árbol,

aproximadamente a una altura de medio centímetro sobre la superficie del suelo.

B) Diámetro de copa: Se midió el diámetro de la copa en centímetros, utilizando un promedio de dos mediciones, diámetro menor y mayor. Para esto requerimos de una regla graduada.

C) Altura: Se considero la altura total del árbol, que es la longitud que va desde la superficie del suelo hasta el ápice de la copa (yema terminal). Esta evaluación se hizo con una cinta métrica.

El procesamiento de los datos de campo se realizó con la ayuda del programa estadístico SAS, determinando así, los análisis de varianza y pruebas de comparación de medias para cada una de las variables (Steel y Torrie, 1990; SAS, 1992).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en forma separada para cada especie, con el fin de tener una mejor discusión y comprensión de los mismos.

4.1 *Pinus halepensis* Miller

De acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene que *Pinus halepensis* presentó diferencias estadísticas significativas a ($P > F = 0.0083$) en la variable diámetro de copa. En las otras variables, no hubo diferencias significativas. Todos estos resultados fueron obtenidos del análisis de varianza para cada especie (Apéndice 1).

En el cuadro 7, se presentan los resultados de crecimientos de las variables de *Pinus halepensis* y en el cuadro 8, se presenta los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey, obtenidos del análisis de varianza (Apéndice 1).

Cuadro 7. Variables de crecimiento de *Pinus halepensis* Miller por tratamiento.

TRAT	Crecimiento en altura (cm)	Crecimiento en diámetro basal (mm)	Crecimiento en diámetro de copa (cm)
T 1	15.222	1.778	10.444
T 2	22.556	3.044	12.111
T 3	21.375	3.075	11.187
T 4	20.428	2.657	14.857
T 5	21.556	4.288	20.666
T 6	25.000	3.833	10.388
T 7	26.000	5.522	16.944
T 8	16.111	2.333	14.388

T 9	12.444	3.411	16.389
T 10	12.556	5.222	9.944

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para *Pinus halepensis* Miller por tratamiento.

CREALT (cm)			CREDB (mm)			CREDC (cm)		
T7	26.000	A	T7	5.522	A	T5	20.666	A
T6	25.000	A	T10	5.222	A	T7	16.944	B A
T2	22.556	A	T5	4.288	A	T9	16.389	B A
T5	21.556	A	T6	3.833	A	T4	14.857	B A
T3	21.375	A	T9	3.411	A	T8	14.388	B A
T4	20.428	A	T3	3.075	A	T2	12.111	B A
T8	16.111	A	T2	3.044	A	T3	11.187	B A
T1	15.222	A	T4	2.657	A	T1	10.444	B
T10	12.556	A	T8	2.333	A	T6	10.388	B
T9	12.444	A	T1	1.778	A	T10	9.944	B

T= Tratamiento; Alt = Altura; Db = Diámetro basal; Dc = diámetro de copa

En la figura 9, se muestra el crecimiento de la variable altura (CREALT) en los diez tratamientos, donde se observa las diferencias numéricas entre tratamientos sobresaliendo el tratamiento 7 (15 gr. por litro de agua de lobi⁴⁴ cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder), con el mayor valor que fue de 26 cm; seguido por el T6 (15 gr. por litro de agua de lobi⁴⁴ cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) con 25 cm y en último sitio se ubica el T9 (1 tableta (21 gr) por cada cm de diámetro por planta de 20-15-5 NPK, más poda lateral al final del verano y poda líder) con 14.44 cm.

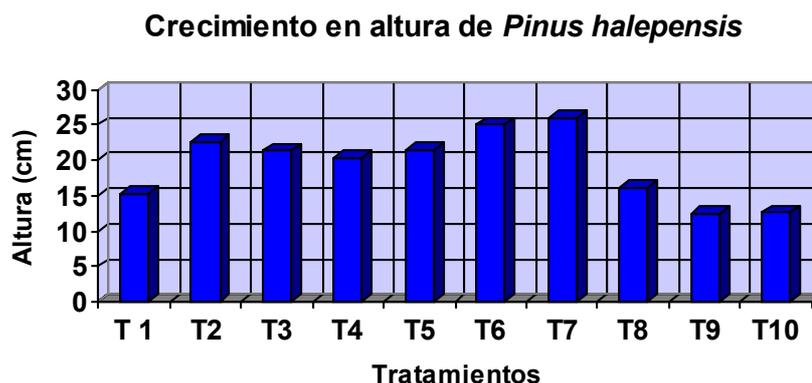


Figura 9. Crecimiento en altura (CREALT) por tratamiento, en *Pinus halepensis* Miller.

En la figura 10, se muestra los resultados obtenidos en la variable crecimiento en diámetro basal (CREDB) por tratamiento, resultó con mayor crecimiento el tratamiento 7 (15 gr. por litro de agua de lobi⁴⁴ cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder) con 5.52 mm, seguido por el tratamiento T10 (Testigo, sin fertilización, ni poda, ni riego) con 5.22 mm, después por el T5 (10 gr. por litro de agua de lobi⁴⁴ cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder) con 4.28 mm y por último el T1 (10 gr. por litro de agua de lobi⁴⁴ cada 30 días), que presento el menor valor de 1.78 mm.

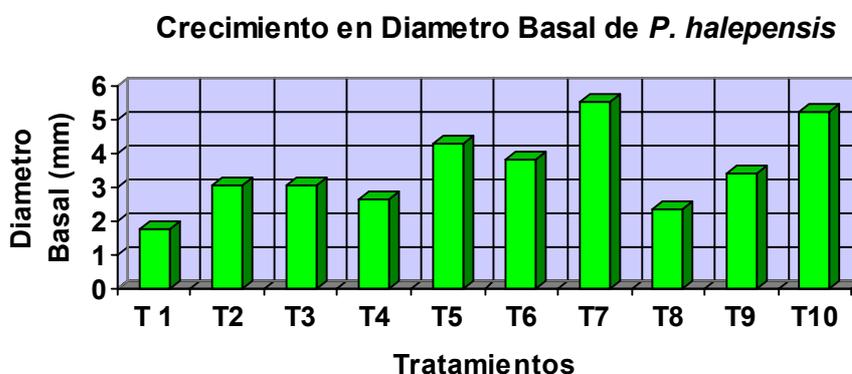


Figura 10. Crecimiento en diámetro basal (CREDB) por tratamiento, en *Pinus halepensis* Miller.

La figura 11, muestra los resultados de la variable crecimiento en diámetro de copa (CREDC) por tratamiento, observándose que el tratamiento que presentó mayor valor es el tratamiento T5 (10 gr. por litro de agua de lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) con 20.67 cm, seguido por el T7 (15 gr. por litro de agua de lobi*44 por planta cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder) con 16.94 cm y por último el T10 (Testigo, sin fertilización, ni poda, ni riego) que presentó el menor valor, 9.94 cm.

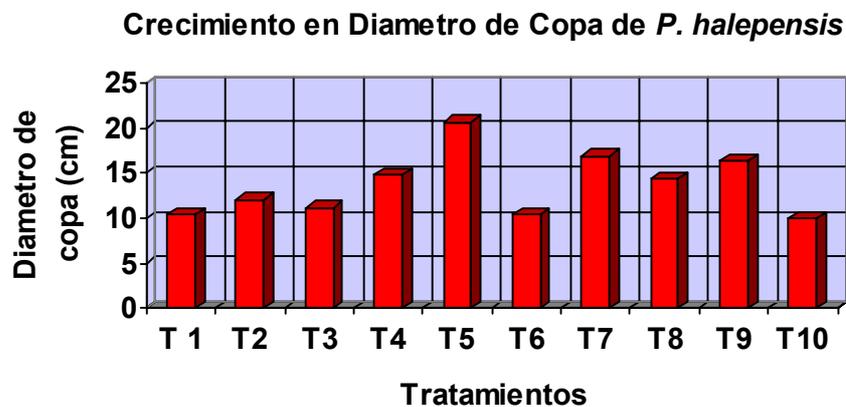


Figura 11. Crecimiento en diámetro de copa (CREDC) por tratamiento, en *Pinus halepensis* Miller.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la especie *Pinus halepensis* Miller, en el cuadro 8, se muestran los valores de la prueba de comparación de medias de Tukey (Apéndice 1), donde se observa que aunque no se obtuvieron diferencias significativas en la variable altura (CREALT), se observan buenos crecimientos que muestran diferencias numéricas entre cada tratamiento, donde sobresale el T7 que presenta el mayor valor (15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder), esto debido a la mayor cantidad de fertilizante disponible para la planta y a la

aplicación de podas en verano, seguido por el tratamiento T6, donde se aplicó la misma dosis de fertilizante, pero la aplicación de podas se efectuó finalizando la primavera. Lo anterior demuestra que, si se continúa con el experimento, en poco tiempo se obtendrán los objetivos que se han propuesto en la presente investigación para esta variable.

De igual forma, para la variable diámetro basal (CREDB), donde no existen diferencias significativas, sin embargo, se observa que el tratamiento que presenta el mayor valor es el T7 (15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder); seguido por el T10 (Testigo, sin fertilización, ni poda, ni riego).

Para la variable diámetro de copa (CREDC), si se encontraron diferencias significativas a ($P > F = 0.0083$), de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Apéndice 1). Sobresale el tratamiento T5 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder), aquí nuevamente sobresale la poda de verano aún con una dosis menor de nitrógeno. Le sigue en importancia el T7.

4.2 *Pinus pinceana* Gordon.

En el cuadro 9, se presentan los resultados de crecimientos de las variables de *Pinus pinceana* y en el cuadro 10, se presentan la prueba de comparación de medias de Tukey obtenidos del análisis de varianza (Apéndice 2).

Cuadro 9. Variables de crecimiento de *Pinus pinceana* Gordon por tratamiento.

Trat	Crecimiento en altura (cm)	Crecimiento en diámetro basal (mm)	Crecimiento en diámetro de copa (cm)
T1	7.428	1.328	2.285
T2	9.000	1.871	1.214
T3	8.444	0.744	2.444
T4	6.625	0.687	0.787
T5	10.555	2.400	2.055
T6	6.000	2.033	1.083
T7	7.800	1.960	1.000
T8	11.555	1.355	1.777
T9	9.222	1.377	2.277
T10	7.285	1.871	3.000

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias de Tukey para *Pinus pinceana* Gordon por tratamiento.

CREALT (cm)			CREDB (mm)			CREDC (cm)		
T8	11.555	A	T5	2.400	A	T10	3.000	A
T5	10.555	A	T6	2.033	A	T3	2.444	A
T9	9.222	A	T7	1.960	A	T1	2.285	A
T2	9.000	A	T2	1.871	A	T9	2.277	A
T3	8.444	A	T10	1.871	A	T5	2.055	A
T7	7.800	A	T9	1.377	A	T8	1.777	A
T1	7.428	A	T8	1.355	A	T2	1.214	A
T10	7.285	A	T1	1.328	A	T6	1.083	A
T4	6.625	A	T3	0.744	A	T7	1.000	A
T6	6.000	A	T4	0.687	A	T4	0.787	A

T= Tratamiento; Alt = Altura; Db = Diámetro basal; Dc = diámetro de copa

En la figura 12, se muestra la variable crecimiento en altura (CREALT) por cada tratamiento, resultando que el que tiene mayor valor es el T8 (1 tableta (21 gr de Agriform 20-10-5 NPK, por cada cm de diámetro por planta, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) con 11.55 cm; seguido

por el tratamiento T5 (10 gr. por litro de agua de lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder) con 10.55 cm; después el tratamiento T9 (1 tableta de 21 gr de Agriform 20-10-5 NPK por cada cm de diámetro por planta, más poda lateral al final del verano y poda de líder) con 9.22 cm; y por ultimo el tratamiento T6 (15 gr. por litro de agua de Lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) teniendo el menor valor de 6.0 cm.

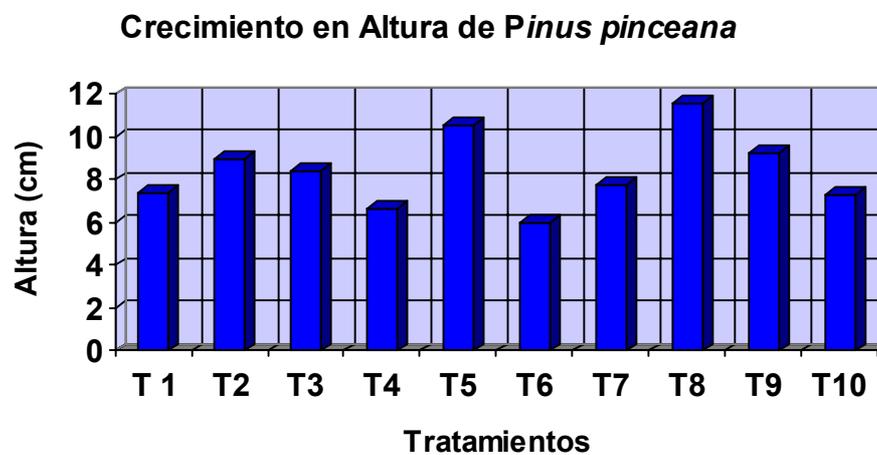


Figura 12. Crecimiento en altura (CREALT) por tratamiento, en *Pinus pinceana* Gordon.

En la presente ilustración (figura 13), se muestra la variable crecimiento en diámetro basal (CREDB) por tratamiento, donde el que tiene mayor valor es el T5 (10 gr. por litro de agua de lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder) con 2.4 mm; seguido por el T6 (15 gr. por litro de agua de lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) con 2.03 mm; después sigue el T7 (15 gr. por litro de agua de lobi^{*}44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder) con 1.96 mm; y por ultimo, el tratamiento que obtuvo el menor valor, que es el T4 (10 gr. por

litro de agua de lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) con 0.687 mm.



Figura 13. Crecimiento en diámetro basal (CREDB) por tratamiento, en *Pinus pinceana* Gordon.

La figura 14, muestra la variable crecimiento en diámetro de copa (CREDC) donde el mejor tratamiento es el T10 (Testigo, sin fertilización, ni poda, ni riego) con 3 cm; seguido por el T3 (1 tableta de 21 gr por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK Agriform fertilizante de liberación controlada) con 2.44 cm, después el T1 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días) 2.28 cm, y por ultimo el T4 (10 gr. por litro de agua de lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) con 0.787 cm.

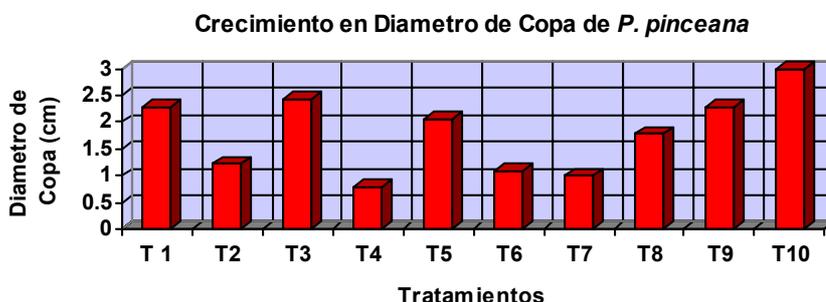


Figura 14. Crecimiento en diámetro de copa (CREDC) por tratamiento en, *Pinus pinceana* Gordon.

En el cuadro 10, se muestran los valores de prueba de comparación de medias de Tukey (Apéndice 2), donde no existen diferencias significativas en las tres variables medidas, sin embargo si hay diferencias numéricas entre tratamientos, destacando en la variable altura (CREALT), el tratamiento T8 (1 tableta (21 gr) por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder); seguido por el T5 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder).

Así mismo en la variable diámetro basal (CREDB), todos los tratamientos son estadísticamente iguales, pero si hay diferencias numéricas, donde sobresale principalmente el tratamiento T5 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder); seguido por el T6 (15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder).

De igual forma en la variable diámetro de copa (CREDC), se observa que los tratamientos son estadísticamente iguales, pero numéricamente si encontramos diferencias, donde el que presenta mayor valor es el T10 (Testigo, sin fertilización, ni poda, ni riego); seguido por el T3 (1 tableta (21 gr) por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK); y por ultimo el T1 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta cada 30 días).

4.3 Análisis entre especies

En el cuadro 11, se muestra los resultados de los crecimientos totales, obtenidos de la prueba de comparación de medias de Tukey (Apéndice 1 y 2), en base a cada variable por especie (*Pinus halepensis* y *Pinus pinceana*), que van desde el tratamiento que presenta mayor valor, terminando con el que tiene el valor menor.

Cuadro 11. Variables de crecimientos totales para *Pinus halepensis* y *Pinus pinceana*.

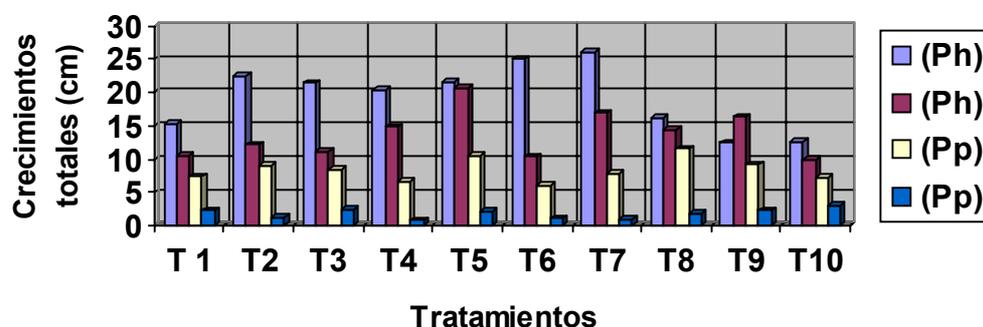
Especie	CREALT (cm)	CREDB (mm)	CREDC (cm)
<i>Pi ha</i>	T7 - 26.000	T7 - 5.522	T5 - 20.666
<i>Pi ha</i>	T6 - 25.000	T10 - 5.222	T7 - 16.944
<i>Pi ha</i>	T2 - 22.556	T5 - 4.288	T9 - 16.389
<i>Pi ha</i>	T5 - 21.556	T6 - 3.833	T4 - 14.857
<i>Pi ha</i>	T3 - 21.375	T9 - 3.411	T8 - 14.388
<i>Pi ha</i>	T4 - 20.428	T3 - 3.075	T2 - 12.111
<i>Pi ha</i>	T8 - 16.111	T2 - 3.044	T3 - 11.187
<i>Pi ha</i>	T1 - 15.222	T4 - 2.657	T1 - 10.444
<i>Pi ha</i>	T10 - 12.556	T8 - 2.333	T6 - 10.388
<i>Pi ha</i>	T9 - 12.444	T1 - 1.778	T10 - 9.944
<i>Pi pi</i>	T8 - 11.555	T5 - 2.400	T10 - 3.000
<i>Pi pi</i>	T5 - 10.555	T6 - 2.033	T3 - 2.444
<i>Pi pi</i>	T9 - 9.222	T7 - 1.960	T1 - 2.285
<i>Pi pi</i>	T2 - 9.000	T2 - 1.871	T9 - 2.277
<i>Pi pi</i>	T3 - 8.444	T10 - 1.871	T5 - 2.055
<i>Pi pi</i>	T7 - 7.800	T9 - 1.377	T8 - 1.777
<i>Pi pi</i>	T1 - 7.428	T8 - 1.355	T2 - 1.214
<i>Pi pi</i>	T10 - 7.285	T1 - 1.328	T6 - 1.083
<i>Pi pi</i>	T4 - 6.625	T3 - 0.744	T7 - 1.000
<i>Pi pi</i>	T6 - 6.000	T4 - 0.687	T4 - 0.787

Pipi = *Pinus Pinceana*; *Piha* = *P. Halepensis*; cm = Centímetros;
mm =Milímetros; T = Tratamiento.

En la presente ilustración (Figura 15 y 16), se muestran los crecimientos de las dos especies, donde se observa claramente que *P. halepensis* tuvo los mayores crecimientos, sobresaliendo el tratamiento T7 (15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder) en la variable altura (CREALT), con un valor de 26 cm; seguido por el T6 con una dosis de 15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder; mientras que para *Pinus pinceana* en la variable altura (CREALT), el mejor tratamiento fue el T8, aplicándose una tableta de 21 gr. por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder con 11.55 cm; seguido por el T5 con una dosis de 10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder.

Para la variable diámetro basal (CREDB) en *P. halepensis*, el tratamiento que presento mayor valor fue el T7 con 5.522 mm, seguido por el T10 con 5.222 mm y para *P. pinceana* el mejor tratamiento fue el T5 con una dosis de 10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder con un valor de 2.4 mm; seguido por el T6 con 2.033 cm. En cuanto a la variable diámetro de copa (CREDC), *P. halepensis* presento el mayor valor en el tratamiento T5 con 20.67 cm; seguido por el T7 con 16.944 cm y para *P. pinceana*, el tratamiento que sobresale es el T10 con 3.0 cm, continuando con el T3 con 2.44 cm.

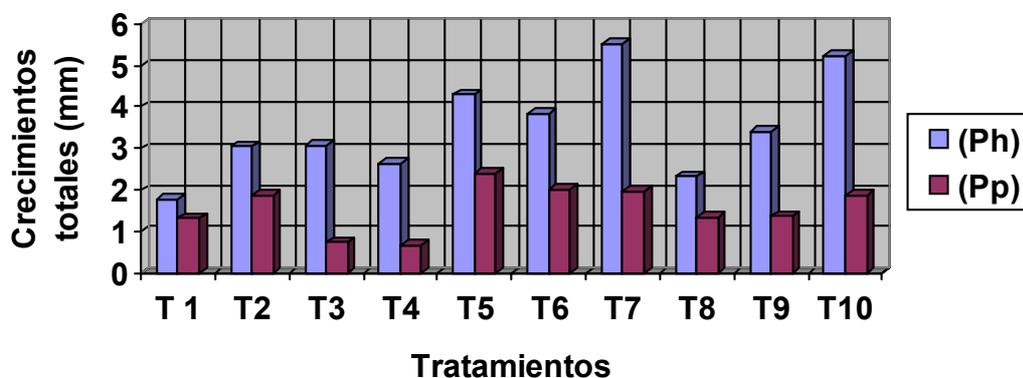
Crecimiento en Altura y Diametro de Copa en *P. halepensis* y *P. pinceana*



(Ph) = *Pinus Halepensis*; (Pp) = *Pinus pinceana*.

Figura 15. Crecimientos totales (CREALT y CREDC), por tratamiento y especie.

Crecimiento en Diametro Basal de *P. halepensis* y *P. pinceana*



(Ph) = *Pinus Halepensis*; (Pp) = *Pinus pinceana*.

Figura 16. Crecimientos totales (CREDB), por tratamiento y especie.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento, se puede considerar de manera objetiva que se logró cumplir con los planteamientos propuestos en la presente investigación.

De la dos especies estudiadas, *Pinus halepensis* respondió mejor a los tratamientos, resultando con mayor crecimiento el tratamiento T7, donde se aplico 15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder en la variable crecimiento en altura (CREALT); de igual forma para la variable diámetro basal (CREDB), el tratamiento que presento mayor valor fue el T7 con 5.522 mm y en cuanto a la variable diámetro de copa (CREDC), el mayor valor se presenta en T5 con 20.67 cm.

Mientras que para *Pinus pinceana* en la variable altura (CREALT), el mejor tratamiento fue el T8 con 11.55 cm, donde se aplico 1 tableta (21 gr) por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder. Sin embargo para la variable diámetro basal (CREDB), el mejor tratamiento que presento mayor valor fue el T5 con 2.4 mm, aplicándose 10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder; finalizando con la variable diámetro de copa (CREDC), en donde el T10 fue el que presento mayor valor con 3.0 cm. Una de las razones por las que no se encontraron diferencias estadísticas significativas, se debe a que *P. pinceana* esta siendo afectada en un 35% de la plantación por el ataque de animales que establecen sus galerías por debajo del suelo, causando daños severos a las raíces de las plantas, lo que conlleva al amarillamiento del follaje, y por lo tanto a la muerte de las mismas.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que en las dos especies estudiadas, de las tres variables medidas de cada una (altura, diámetro basal y diámetro de copa), solamente en la variable diámetro de copa de la especie *Pinus halepensis* se obtuvo diferencias estadísticas significativas.

El efecto de los tratamientos aplicados en las dos especies indicó que *Pinus halepensis* respondió mejor en comparación con *Pinus pinceana*, con respecto a la variable altura, donde se tuvo buenos crecimientos, pero no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas, de igual forma, en la variable diámetro basal.

Por consiguiente, *P. halepensis* es una especie que tiene las características necesarias para ser considerado como árbol de navidad; en base a que su crecimiento toma poco tiempo para producirlo, lo que reduciría el ciclo de cosecha, y por lo tanto mayores ganancias en el aspecto económico.

Cabe mencionar que la especie *Pinus pinceana*, presentó al menos un 35% de mortalidad en las plantas, a causa de la presencia de animales que forman galerías, por lo que podría ser un factor a considerar en los resultados obtenidos.

Por lo anterior, debido a que el estudio lleva la mitad del tiempo propuesto, se deduce que para tener mejores resultados, se recomienda que se continúe con la aplicación de los tratamientos en dichas especies, sobre

todo en *P. pinceana* donde no presenta una respuesta en su desarrollo, ya que es una especie que se adapta a condiciones desfavorables de clima, por lo que la aplicación de los tratamientos y el tiempo puede llegar a favorecer los objetivos que se tienen planteados en el presente estudio, tomando en cuenta que se pretende lograr la producción al menos en 7 años.

VI LITERATURA CITADA

- Abou-Haidar, F. 1997. Trees of Lebanon: Aleppo pine. Disponible en línea con la información en:
<http://almashriq.hiof.no/lebanon/300/360/363/363.7/fareed/levenv19.html>
(Consultado 26/11/2005).
- Alturo, M. 1998. *Pinus halepensis* Mill. Disponible en línea con la información en: <http://www.fut.es/~ralturo/coscoja/arbol/pinaceae/phalep.html>
(Consultado 26/11/2005).
- Anónimo. 1970. Datos generales sobre el desarrollo del plan de reforestación para proteger la cuenca del valle de saltillo. Bosques 9 (5): 8-11. México.
- Binkley, D. 1993. Nutrición Forestal. Ed. Limusa S. A. de C. V. 340 p.
- Blanco, E.; Casado, M. A.; Costa, M.; Escribano, R.; García, M.; Génova, M.; Gómez, A.; Gómez, F.; Moreno, J.C.; Morla, C.; Regato, P.; Sainz, H. 1997. Los bosques ibéricos, una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona.
- Castellanos, JZ; Uvalle-Bueno, JX; Aguilar-Satelises A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas, colección INCAPA. 2ª. Edición. p 75-76
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977a. Carta Topográfica. G14 C33. Escala 1:50, 000. Saltillo, Coahuila.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1975b. Carta geológica. G14 C33. Escala 1:50, 000. Saltillo, Coahuila.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977c. Carta de uso de suelos. G14 C33. Escala 1:50, 000. Saltillo, Coahuila.
- Cozzo, D. 1995. Silvicultura de Plantaciones Maderables. Tomo I. Orientación Grafica Editora S.R.L., Buenos Aires, Argentina. 438 p.
- Chapa, B.M.C. 1976. Principales técnicas de Cultivo para árboles de navidad. S.A.G. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Divulgativo No. 41. 36 p.
- http://www.christmastree.net/can_esp.html. 2004. Asociación Canadiense de Productores de Árboles de Navidad. Consultado 28/10/2005
- http://conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/Fichas%20Tecnicas/Pinus%20pinceana.pdf. Consultado 28/10/2005

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

Ferrer G., J. 1968. Nuestros árboles forestales. Ed. Colosol, Madrid, España. pp. 28-30.

Flores A, E. Carrillo, A., F. Acosta, M., M. Buendía, R., E. Zamora, M., M. e Islas, G., J. 2004. Plantaciones forestales de árboles de navidad, (Importancia del Espaciamiento). Campo experimental Valle de México. INIFAP. Folleto técnico. Texcoco, Edo. De México.

García G., 1996. Evaluación de desperdicios celulósicos como sustrato de germinación en *Pinus halepensis* Mill. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah., México. Pp.7-50.

Gil, L.; Díaz-Fernández, P.M.; Jiménez, M.P.; Roldán, M.; Alía, R.; Agúndez, D.; De Miguel, J.; Martín, S.; De Tuero, M. 1996. Las regiones de procedencia de *Pinus halepensis* Mill. en España. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.

Goncalves, J. L. M., Y Barros, N. F. 1999. Improvement of site productivity for short-rotation plantations in Brazil. *Bosque* 20 (1): 89-106.

Gualda, C. M. 2000. Utopía verde. Alternativas verdes para el planeta azul (*Pinus halepensis* Mill.). Fundación andaluza. Disponible en línea con la información en:

<http://www.utopiaverde.org/comunes/flora/arboles/pinus-halepensis/home.html>
(Consultado 26/10/2005).

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

<http://www.infojardin.com/articulos/carencias-nitrogeno-fosforo-potasio.html>.
(Consultado 18/11/2005).

Landgren, C.G. y B. S. Douglas. 1993. Developing high quality true fir Christmas trees. Pacific Northwest Extensión Publication. PNW 226. 21 p.

Lindstrom, O. M.; D. J. Moorhead y G. W. Kent. 1997. Propagation and care of Leyland cypress as Christmas trees. Publicación electrónica. <http://www.bugwood.org>

Lira S., R. H. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Trillas. 237 p.

Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Segunda Edición. Editorial Botas. México. 361 p.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press Inc., San Diego CA. Pp. 245-281.

[McCullough](#), G. D., y [Koelling](#) R. M. 1996. Manejo Integrado de Plagas en Producción de Árboles de Navidad. Universidad de Minnesota. USA. ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/McCulloughSp.htm
Consultado 05/11/05

McNell., R. Ballard y H. W. Duzan. 1984. Prediction of mid- term from short term fertilizer responses for southern pine plant. Forest Science. 30(1):264-269.

Mengel K, Kirkby EA (2001). Principles of plant nutrition. 5th Edition. Kluwer Academia Publishers. The Netherlands. 849 pp.

Meson., M, y Montoya., M. 1993. Selvicultura Mediterránea (El cultivo del monte)., Ediciones mundi prensa, España. 368 p. Primera edición.

Merlín B., E. y Prieto R., J. A. 2002. Producción de árboles de navidad en regiones semiáridas del norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto técnico. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. Durango, Dgo. 26 p.

Mojarro D., F.; Toledo B., J.; Gutiérrez N., J. 2003. Programación del riego. Programa integral de riego del estado de Zacatecas (pirez). .0.norte centro .Desplegable Técnica .p Tríptico

Nambiar, E. H. S. 1999. Productivity and sustainability of plantation forests. Bosque (20) 1: 9-21.

Nicolás, A. 1954. Suelos españoles del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill). Instituto forestal de investigaciones y experiencias. Ministerio de Agricultura.

Oviedo R., J.L. 1980. Alternativas de transformación de especies forestales de la reforestación de Zapalinamé. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coah., México.

Padrón, C. E. 1982. Diseños experimentales con Aplicación a la Agricultura y la Ganadería. Ed. UAAAN. Mexico. 275 p.

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

- Peñuelas, R., J.L. y L. Ocaña B. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid España 190 p.
- Polunin, O. 1978. Árboles y arbustos de Europa. Ed. Omega. España. Pp. 12-198.
- Prieto, R., J. A. y E. Merlín B. 2000. Tecnología para la producción de árboles de navidad en condiciones de clima semiárido en el estado de Durango. Informe técnico. Documento interno. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. INIFAP. Durango, Dgo.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.
- Ruiz, J. 1993. Objetivos de diversidad biológica en la reforestación de tierras agrícolas. Elección de especie y densidad de implantación. Montes, 34: 20-30.
- Rojo, L. 1993. Criterios para la determinación de objetivos protectores en la reforestación. Elección de especie y densidad de plantación. Montes, 33: 116-121.
- Rosa, M. 1998. Creixement de la repoblació de *Pinus halepensis* Mill de Canxinxes, municipi de Castillonroy, a la comarca de la Litera, en relació amb les condicions del medi. T.P.T. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida, Lleida.
- SAS, INSTITUTE. 1992. SAS. Versión 8. SAS., Institute Inc. Cary, North Carolina. U. S. A.
- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA. 1999. La Producción de Árboles de Navidad en México. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. Documento de información al público. 10 p.
- Serrada, R. 1993. Criterios para la determinación de objetivos productores en la reforestación. Elección de especie y densidad de plantación. Montes, 33: 112-115 p.
- Snowdon, P. And Waring, H. D. 1984. Long-term nature of growth responses obtained to fertilizer and weed control applied at planting and their consequences for forest management. In: Proceedings Symposium on Site and Productivity of fast growing plantations. IUFRO. Pretoria, South Africa. Volume 1: 701-711.
- Steel, D. G. R. y H. J. Torrie. 1990. Bioestadística. Ed. McGraww-Hill. México. 429 p.

Tomlinson, P.B. 1983. Tree architecture. New approaches help to define the elusive biological property of tree form. *American Scientist*, Vol. 71, USA. Pp. 141-149.

Villarreal Q., J. A. 1983. *Malezas de Buenavista, Coahuila*. Ed. México. UAAAN. 269. p

Walter, C.C., and H.V. Wrant. 1968. *Silviculture of slash pine*. S.F. Austin State College. Sch. Of Nacogdoches. Bull 16, Texas, USA. Pp. 113-115.

Wiggins, I. L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford Univ. Press, Stanford, CA., USA.

VII APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza para las variables medidas en *Pinus halepensis* Miller por tratamiento.

Variable dependiente Pr >F	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.
0.061 Altura	Modelo	9	1954.4567	217.1618	1.92
	Error total	77	8700.9226	112.999	
	Corregido	86	10655.3793		
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media
		0.183424	55.1472	10.63	19.27586

Variable dependiente Pr >F	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.
0.5807 Diámetro Basal	Modelo	9	117.252225	13.028025	0.84
	Error Total	77	1192.4988	15.48	
	corregido	86	1309.75		
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media
		0.08952	111.1248	3.935352	3.5414

Variable dependiente >F	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr
Diámetro Copa	Modelo	9	1004.37	111.59683	2.72	0.0083
	Error total	77	3157.048	41.0006		*
	Corregido	86	4161.419540			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.24135	46.617	6.4032	13.736	

Apéndice 2. Análisis de varianza para las variables medidas en *Pinus pinceana* Gordon por tratamiento.

Variable dependiente Pr >F	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	
Altura	Modelo	9	214.48624	23.839	1.51	0.163
	Error total	66	1042.04008	15.7885		
	Corregido	75	1256.52632			
	R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media		
		0.170698	46.317	3.97347	8.57895	

Variable dependiente >F	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr
0.5001 Diámetro Basal	Modelo	9	22.88556	2.54284	0.94	
	Error total	66	179.2369	2.7157		
	Corregido	75	202.1225			
	R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media		
		0.11323	108.0617	1.6479	1.525	

Variable dependiente >F	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr
Diámetro Copa	Modelo	9	34.839	3.871	1.02	0.43
	Error total	66	249.3497	3.778		
	Corregido	75	284.1888			
	R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media		
		0.12259	105.29	1.943715	1.846	

