

**Universidad Autónoma Agraria
“Antonio Narro”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación de Una Plantación de Dos Especies de *Pinus*
para Árboles de Navidad, bajo Régimen de Fertilización
en Saltillo, Coahuila.**

P o r:

Juan Mendoza Montejo

T E S I S

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2004

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL**



**Evaluación de Una Plantación de Dos Especies de *Pinus*
para Árboles de Navidad, bajo Régimen de Fertilización
en Saltillo, Coahuila.**

P o r :

Juan Mendoza Montejo

T e s i s

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2002

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL**

Evaluación de Una Plantación de Dos Especies de *Pinus*
para Árboles de Navidad, bajo Régimen de Fertilización en
Saltillo, Coahuila.

Tesis

Por

Juan Mendoza Montejo

Elaborado bajo la supervisión del Comité de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Comité Asesor

Asesor principal: _____
M.C. José Armando Nájera Castro.

Asesor: _____
M.C. José Antonio Ramírez Díaz.

Asesor: _____

M.C. Melchor García Valdez.

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

Bunavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2004

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido vivir y darme la oportunidad de realizar un sueño más en la vida.

A MIS PADRES:

María Montejo Arcos
Miguel Mendoza Pérez

Por el gran amor que me han brindado, así como sus consejos con los que me formaron y darme la vida, brindarme parte de la suya, con sacrificios, esfuerzos y paciencia en mi formación profesional. Tengan presente que los quiero hoy y siempre.

A MIS ABUELOS:

ISABELA ARCOS ARCOS
JUAN MONTEJO LÓPEZ

Por el gran amor que me han brindado.

A MIS HERMANOS:

Elena Mendoza Montejo, Isabela Mendoza Montejo, María Mendoza M., Anahí Mendoza M., Rosa Alma Mendoza M., Goretí del Carmen, Miguel Mendoza M. y José Manuel Mendoza Montejo, por ser mis amigos y compañeros en la familia, quienes me apoyaron en todo momento que estuve ausente de mi casa y durante mi carrera, en muestra de mi profundo agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme y hacerme llegar al termino de mi carrera y realizar este presente trabajo.

A la U. A. A. A. N y el Departamento Forestal, por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

A mi asesor principal M. C. José Armando Nájera Castro, por su dirección y apoyo incondicional para la realización del presente trabajo.

Al M. C. José Antonio Ramírez Díaz, por sus sugerencias y comentarios de la presente investigación.

Al M. C. Melchor García Valdez, por su colaboración y participación en la revisión del presente trabajo.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, al C. Cristóbal Rangel Hernández, al Ing. Carlos Mendoza Peña y al Ing. José Antonio Pérez Ledezma, por su valiosa participación brindada en el establecimiento del experimento.

A mis compañeros de la generación XCV de la U. A. A. A. N con quienes conviví en aulas y practicas de estudio.

A mis amigos: Flor O. Ruiz Vera, Gabriela Enríquez S., María de Jesús S., a la Ing. Nayeli Tinajero, al Ing. Humberto Herrera L., al Ing. Gonzalo Ortega, al Ing. Eleazar Ortega, al Ing. Gabriel Ortega, al Lic. Pedro Santos O., al Ing. Rodolfo Morales Santos, al Ing. Mario Gonzáles, Prisma Escudero, Omar Zapata, Ing. Pedro Ornelas Ibañez; Ing. Eliseo J. Mendoza, Ing. Roberto Maldonado. Castelan., Ing Sergio Amilcar Canul T., quienes me apoyaron de una u otra manera.

A la familia González Hernández y González Fuentes por su apoyo incondicional.

A todos aquellos que de alguna u otra forma influyeron en la realización de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
RESUMEN	<i>vi</i>
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
Justificación	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Caracterización de las especies	5
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	5
<i>Pinus halepensis</i> Miller.	8
Producción de árboles de navidad	10
Ensayo de adaptación de especies en plantaciones forestales	10
Establecimiento de plantaciones de árboles de Navidad	12
Selección del sistema de plantación	14
Técnicas culturales de conformación	16

Riego en	17
la plantación	
Fertilización	17
MATERIALES Y METODOS	22
Descripción del área de estudio	22
Localización	22
Clima	22
Suelo	24
Vegetación	24
Características de	26
la plantación	
Establecimiento del estudio	27
Aplicación de los	28
tratamientos de fertilización	
Labores culturales	29
Diseño	29
experimental	
Parámetros de	30
evaluación	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	.....	32
Pinus cembroides	.....	32
Pinus halepensis	.....	41
Discusión general	.....	51
CONCLUSIONES	.....	53
RECOMENDACIONES	.....	55
LITERATURA CITADA	.....	56
APENDICE	.....	59

RESUMEN

El presente trabajo se realizó sobre una plantación forestal de árboles de navidad ubicada en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, en los terrenos del departamento forestal. En junio del 2002 se estableció la plantación y de Diciembre del 2002 hasta Septiembre del 2003, se llevaron a cabo las evaluaciones después de seis meses de haber se plantado. Se trabajo con dos especies de *Pinus* bajo un diseño completamente al azar. Las especies fueron: *Pinus cembroides* Zucc, y *Pinus halepensis* Miller, se aplicaron tres fertilizaciones en todo el periodo de evaluación sobre cada especie, 75 gr de NPK por planta (Triple 17) más riego, 107 gr de NPK ("osmocote 14-14-14"), más riego, por planta y 150 gr de NPK por planta (Triple 17), más riego y dos Testigos, Testigo 1 sin tratamiento, Testigo 2 solo riego. Los parámetros evaluados para las dos especies fueron: Crecimiento en altura, crecimiento de diámetro basal y para el diámetro de copa en cada especie. El *Pinus halepensis* Müller respondió mejor a la fertilización de 107 gr de NPK ("osmocote, 14-14-14"), más riego, seguido por 150 gr de NPK (Triple 17), más riego, mostrando mejores resultados en las variables diámetro de copa, diámetro basal y altura. En función de los resultados obtenidos para ambas especies se considera que *P. halepensis* Miller, mostró

mejores características para árboles de navidad durante el primer año de crecimiento de la plantación tomando en cuenta su hábito de crecimiento acelerado,

vi

la especie presenta una mejor ramificación y follaje de buenas características y de vigor aceptable bajo las condiciones el primer año de crecimiento de la plantación tomando en cuenta su hábito de crecimiento acelerado, la especie presenta una mejor ramificación y follaje e buenas características y de vigor aceptable bajo las condiciones ambientales del sitio de la plantación.

El *Pinus cembroides* Zucc. no presenta una respuesta inmediata en cuanto a crecimiento y desarrollo, con respecto a la fertilización en poco tiempo. El cual pudiera requerir de más de un ciclo de crecimiento para responder favorablemente a los tratamientos propuestos.

vii

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de plantaciones para producción de árboles de navidad, permite obtener individuos con buenas características comerciales bajo un sistema intensivo de producción y empleando especies más adecuadas. Esta alternativa es de gran interés, ya que permite la utilización de terrenos que a menudo carecen de algún interés económico (Torres *et al.*, 1990). No obstante el interés en el establecimiento de las plantaciones para producir árboles de navidad, en México, aún se carece de una tecnología propia, que permita el manejo silvícola de dichas plantaciones, ya que la producción de los árboles de navidad sin manejo, es en un periodo de 15 años o más.

La producción en las plantaciones forestales depende de una serie de factores ambientales que comprenden: radiación, temperatura, agua y disponibilidad de nutrientes. Los especialistas forestales pueden hacer muy poco para modificar los factores climáticos, de modo que los esfuerzos que hacen para incrementar la productividad de los bosques se enfocan en el manejo forestal (Binkley, 1993).

Ante esta situación, el establecimiento de plantaciones forestales comerciales se considera una interesante alternativa para tener una producción de árboles de navidad bajo tratamientos de fertilización, con elementos mayores como “triple 17” (NPK), y fertilizante de lenta liberación como “osmocote” (NPK), en diversas formulaciones, combinados con la aplicación de podas, para mejorar el rendimiento y formación de los árboles de calidad. Esta actividad podría ser una alternativa para darle un uso apropiado a los predios abandonados por los agricultores, en los que los rendimientos agrícolas, ya no son lo suficientemente altos para poder tener mejores Ingresos.

Debido al escaso conocimiento en cuanto al manejo silvícola y técnicas adecuadas en la producción de árboles de navidad en México, para producir árboles con el nivel de calidad que el mercado exige, es necesario realizar ensayos de plantaciones de árboles de navidad, para tener una producción en corto tiempo. Por la anterior se propuso un ensayo de plantación de *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Miller con el objetivo de producir árboles de navidad, bajo fertilización, para proporcionar los nutrientes que requiere la planta e incrementar los

crecimientos en altura, diámetro de copa y mayor densidad de follaje. Se pretende reducir en al menos un 50 %, el periodo de producción de árboles de navidad, así como mejorar la calidad del producto, mediante tratamientos de nutrición y podas de conformación.

La investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila en los terrenos del vivero del Departamento Forestal, con el objetivo de determinar la respuesta a la fertilización, para alcanzar un crecimiento anual de 25 cm y una altura mínima de 1.6 m en un periodo de 6 a 7 años. De acuerdo con los tratamientos propuestos, se pretende desarrollar un paquete tecnológico de aplicación en todas las regiones del país con clima y suelo similar al de la región sureste de Coahuila. En la presente investigación solo se analiza el aspecto de la fertilización.

Objetivo

Determinar el efecto de la fertilización sobre el crecimiento en altura, diámetro de copa y diámetro basal en las especies utilizadas (*Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Miller).

Hipótesis

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

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.

Justificación

Las especies propuestas en esta investigación, para la producción de árboles de navidad (*Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Miller), se han utilizado en plantaciones con diversos propósitos, y en pequeñas escalas, para la producción de árboles de navidad; sin

embargo, no se ha evaluado en forma integral el efecto combinado a diversos niveles de fertilización.

En el caso de *Pinus cembriodes* Zucc., debido al crecimiento que se presenta en condiciones naturales, con escaso o ningún cultivo, se requiere de largos periodos (15 o más años), para que el árbol alcance la altura mínima y ser aprovechado como árbol de navidad (1.6 m), ya que en promedio se obtiene un crecimiento anual de 10 cm. Con la investigación propuesta se pretende obtener el mismo tamaño en un periodo de 6 a 7 años (en menos de la mitad de tiempo).

Para el caso de *Pinus halepensis* Miller se están realizando ensayos para árboles de navidad con dicha especie en el estado de Durango, mostrado buena respuesta a la fertilización, con crecimientos rápidos. En el presente proyecto se realiza un ensayo con la especie antes mencionada. La aplicación de los resultados de esta investigación sería en todas las regiones del país con clima y suelo similares a los de la región sureste de Coahuila

REVISIÓN DE LITERATURA

Caracterización de las Especies

Pinus cembroides Zucc .

Nombre vulgar “pino piñonero” y “Piñón”

Descripción. Es un árbol de 5 a 15 metros de altura; el tronco suele ser corto y el ramaje ralo, sobre todo en los terrenos secos, de copa redondeada o piramidal; las ramas comienzan a poca altura, verticiladas y dispuestas irregularmente. La corteza es delgada, agrietada, cenicienta y divididas en placas cortas e irregulares. Las hojas están en grupos de tres, pero varios fascículos tienen de dos a cuatro e incluso hasta cinco; longitud de 2.5 a 7 centímetros, rígidas y generalmente encorvadas, con estomas en las tres caras; su color es verde oscuro y un tanto azulado pálido y en ocasiones amarillentas; frecuentemente glaucas en las caras internas, brillantes y de bordes enteros. Las vainas son de color café claro y caen pronto, dejando en la base de los fascículos una diminuta roseta. Las yemas son cilíndricas, largas y amarillentas. Los conillos son globosos de color moreno rojizo y

con gruesas escamas. Los conos son subglobosos, de cinco a seis centímetros de diámetro y se presentan aislados o en grupos de hasta cinco, casi sésiles, de color moreno anaranjado o rojizo. Las semillas son comestibles y de buena calidad, llamándose comúnmente “piñones”. La madera es suave, ligeramente resinosa, con médula de color amarillo pálido y con un peso específico de 0.56 a 0.65; es utilizada localmente para la construcción, en minas, casas, puertas, postas y para leña (Martínez, 1948).

Distribución. Se distribuye ampliamente en casi todo el Norte y centro de México, formando bosques más o menos bien definidas (Rzedowski, 1994). En la Sierra Madre Occidental se encuentra en los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco, extendiéndose hasta partes de Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo. Sobre la Sierra Madre Oriental, su distribución es en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. También se localiza en Baja California, Sonora, Tlaxcala, y Puebla (Martínez, 1948); se ha encontrado hasta en el estado de Veracruz (Eguiluz, 1985); su distribución en los Estados Unidos, es en el sureste de Nuevo México, sureste de Arizona y sur de Texas (Robert, 1977).

Autoecología. Su hábitat ocurre sobre exposiciones secas y colinas rocosas, no prefiere en particular ningún tipo de suelo (Rzedowski, 1994). La humedad y la altitud son los factores ecológicos más importantes en su distribución, su amplitud altitudinal es aproximadamente de 1,500 a 2,800 msnm (Robert, 1977). Sobre las Sierras Madre Oriental y Occidental se encuentra en zona de transición entre el desierto árido y las áreas húmedas, con precipitación promedio de 400 mm; la amplitud de temperatura va de los -10 a 20 grados centígrados; las especies asociadas en la Sierra Madre Occidental son, *Pinus Chihuahuana*, *P. engelmanni*, *Juniperus spp* y *Quercus sp.*, y en la Sierra Madre Oriental se asocia con *P. arizonica*, *P. Nelsoni*, *P. teocote* (Robert, 1977). Por lo general, ocurre en los bosques bajos y abiertos, asociado con los géneros, *Juniperus*, *Quercus*, *Agave* y *Yucca*. (Rzedowski, 1994).

Utilización como árbol de Navidad. El pino piñonero ha sido subutilizado debido al bajo potencial maderable, sin embargo se utiliza como árbol de navidad en los estados de Nuevo León y Durango, ya que se le han encontrado características deseables, como forma

cónica, follaje abundante y de olor agradable, retención de follaje hasta por unos meses después de ser cortado (Prieto y Merlín, 2002). También es utilizado en el estado de Coahuila como árbol de navidad y producido en plantaciones (SEMARNAT, 2000), y es una especie muy prometedora por la gran aceptación que tiene en el mercado regional (Ramírez, 1986).

***Pinus halepensis* Miller.**

Nombre vulgar “Pino alepo”, “P. carrasco” y “Pino de las garrigas”.

Descripción. Es un árbol de talla mediana que se desarrolla en condiciones difíciles y en buenas condiciones, alcanza los 22 metros de altura, tiene copa muy clara y luminosa, hojas de 10 centímetro de largo, finas y flexibles, con la punta blanda; suelen agruparse en los extremos de las ramillas, quedando éstas desnudas; las acículas resisten muy poco la sombra. Como es propio de las especies de luz, es un árbol que da una sombra muy clara. Tiene conos alargados de 8-10 cm, ovocónicas, con las apófisis convexas, casi planas. La piña una vez abierta persiste mucho tiempo sin caerse del árbol. Los conos llevan un pedúnculo leñoso de 1 a 2 centímetros de longitud y están en posición revuelta; tiene semilla alada de gran dispersión y de elevada potencia germinativa. La corteza es al principio blanquecina, cenicienta o plateada conservando el color en las partes elevadas del árbol; en las partes inferiores del tronco, la corteza se torna más oscura. La madera es de color, claro muy dura y resinosa, y es conocida como la de peor calidad. Especie muy importante para

la repoblación y finalidad protectora y de restauración hidrológica; se usa para combustible de calefacción y traviesas de ferrocarril (Montoya y Menson, 1993).

Distribución. Esta especie se distribuye espontáneamente en los países ribereños del Mediterráneo, desde España hasta Anatolia por el norte, y en Marruecos y Argelia por el sur; Yugoslavia hasta el norte de África y parte central de Egipto; por el oeste alcanza Portugal (Montoya y Menson, 1993).

Autoecología. En su hábitat forma típicamente masas muy claras y vive en suelos silíceos, pero prefiere los suelos calizos, incluso con altos contenidos de yeso, siendo el pino español que más aguanta la cal. Se adapta a vivir en suelos esqueléticos, compactos y muy secos. Es el pino que aguanta más la sequía, en altitudes desde 0 a 1600 msnm, si bien su estación habitual se encuentra situado por debajo de los 1000 msnm (Montoya y Menson, 1993), y se estima su amplitud pluviométrica de los 250 a los 800 mm anuales (Flores y García, 1989).

Utilización como árbol de navidad. **En plantaciones especializadas en el estado de Durango, se han realizado con esta especie ensayos, para reforestación y plantación con fines de producción de árbol de navidad, con buenos resultados, mostrando follaje abundante y una respuesta buena a la poda (Prieto y Merlín, 2002). En el sureste de Coahuila se realizó una plantación con la finalidad de protección hidrológica (Oviedo, 1980).**

Producción de árboles de Navidad

Ensayo de adaptación de especies en plantaciones forestales

Zárate (1982) realizó un ensayo con dos especies y dos diferentes sistemas de plantación, establecido en el Cañón de Derramadero, en Saltillo, Coahuila, y encontró que, a un año de establecida la plantación,

Pinus halepensis Miller mostró ser superior a *P. cembroides* Zucc. en crecimiento. López (1993) realizó un ensayo de adaptación de cinco especies regionales de pino, en la Sierra la Marta, Arteaga, Coahuila; después de 18 meses de evaluación, encontró que *Pinus greggii* fue superior en sobrevivencia y en incremento en altura, seguido por *P. arizonica* y *P. ayacahuite*; *P. pseudostrobus* y *P. hartwegii* tuvieron la más baja sobrevivencia en este ensayo realizado.

En un ensayo de adaptación en dos estaciones de plantación en la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, Hernández (1993) encontró que después de 22 meses de evaluación, el *Pinus cembroides* Zucc. mostró ser superior a *P. pinceana* Gord. y *P. nelsonii* Shaw, en cuanto a sobrevivencia, y que no fue afectada por la estación de plantación, ya que fue igual en invierno que en verano, mientras que *P. pinceana* Gord., sobrevivió más al ser plantado en invierno que en verano y *P. Nelsonii* Shaw obtuvo una muy baja sobrevivencia, tanto en invierno como en verano.

Con base en la información derivada de los estudios del efecto del tratamiento de “acondicionamiento” en cinco especies de pino bajo dos condiciones de plantación, Gómez, (1990) encontró

después de 222 días de evaluación, que *Pinus cembroides* Zucc., *P. maximartinezii* Rad. y *P. pinceana* Gordon, mostraron ser superiores en sobrevivencia a *P. ayacahuite* Ehremberg el cual presentó baja sobrevivencia.

Trujillo (1995) en una evaluación del crecimiento a 93 meses de establecida una plantación en Buenavista, Saltillo, Coahuila, encontró que *Pinus halepensis* Miller resultó con mayores incrementos en altura y diámetro, mientras que *Pinus cembroides* Zucc. y *P. eldarica* fueron inferiores.

Nájera (1983) realizó un ensayo de adaptación de seis especies de Pino en la sierra de San José de Boquillas, N. L. y encontró que *Pinus halepensis* Miller mostró ser superior a *P. cembroides* Zucc., *P. duranguensis*, *P. Jeffreyi*, *P. arizonica* y *P. engelmanni*, en crecimiento en altura; sin embargo, *Pinus arizonica* y *Pinus engelmanni* mostraron ser superiores a *P. cembroides* Zucc., *P. duranguensis* y *P. Jeffreyi*, en el mismo parámetro.

Establecimiento de Plantaciones de árboles de Navidad

Lara (1994) señala que el árbol de navidad generalmente es un producto de importación, dada la escasa producción nacional, por lo que no siempre se presenta al alcance de todas las clases sociales. Una alternativa para la obtención de este producto, es establecer plantaciones con especies adecuadas para este fin, lo que crearía fuentes de ingresos adicionales en comunidades rurales.

El establecimiento de plantaciones con fines de árboles de navidad, permite obtener individuos con buenas características comerciales bajo un sistema intensivo de producción y empleando especies más adecuadas. Esta alternativa es de gran interés, ya que permite la utilización de terrenos que a menudo carecen de algún interés económico (Torres *et al.*, 1990).

Las plantaciones de árboles de navidad en México se iniciaron en la década de 1960, y durante 1997, se tuvo un consumo de

1,188,772 árboles de navidad, lográndose cubrir un 16.30% de la demanda, mediante plantaciones comerciales nacionales. Los estados productores más importantes son: Puebla, Veracruz, México, Nuevo León, Tlaxcala y Distrito Federal; los estados que más importan árboles son: Baja California Sur y Norte, Distrito Federal, Nuevo León y Tamaulipas; dentro de las especies que mayormente se importan de Estados Unidos y Canadá se encuentran *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir), *Abies sp.* (Abies), *Pinus sylvestres* (Pino escoces), *P. eldarica* y *P. pinea* (pino) (SEMARNAT, 2000).

Para el establecimiento de una plantación de pinos de navidad, la selección del sitio es importante, debiéndose plantar los árboles en terrenos limpios. Un terreno abandonado o con pastos viejos es ideal, pero si el sitio deseado está asociado con un bosque, es mejor remover los árboles y crear un nuevo espacio; el costo de la preparación del sitio debe ser considerado en los análisis finales. El sitio de la plantación debe estar limpio y plano para eficientar las condiciones de trabajo, y el control de la vegetación competidora, para permitir que los árboles crezcan mejor; la vegetación competidora puede causar formaciones pobres o

árboles de baja calidad. El control de la vegetación permite la penetración de más luz solar, y mantiene más humedad y disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de los árboles (Aldon, 1980).

La selección de un sitio apropiado es posible que sea el paso más importante para una eficiente producción de árboles de navidad. Antes de escoger el sitio hay que considerar las opciones de mercado, pendiente del terreno, tipo de suelo y vegetación competidora (Ray y George, 1980).

Selección del sistema de plantación

El espaciamiento entre los árboles en el sitio es muy importante; los terrenos que producen buenas hileras de cultivo también producen buenos árboles de navidad (Dyer, 1959). Cada productor debe decidir el espacio entre los árboles, basándose en las necesidades individuales del árbol; el espaciamiento debe tener el ancho suficiente para permitir

que un cortador u otro equipo pueda pasar entre ellos (Hulemo, 1959); se debe considerar el máximo uso del terreno disponible, medida de los árboles deseados, medida de equipo y maquinaria que se utilizan y el hábito de crecimiento de la especie.

Los espacios recomendados y comunes en los Estados Unidos para la producción de árboles de navidad se muestran en el cuadro 2.1. (Utz y Balmer, 1979). En el cuadro 2.2 se presenta los espaciamientos, diseños y densidades utilizadas en México.

Cuadro 2.1 Espaciamiento común en los Estados Unidos para una plantación de árboles de navidad.

Espaciamiento / pies	Árboles / acre
5 x 5	1,742
5 x 7	1,245
6 x 6	1,210
6 x 7	1,037
7 x 7	889

Espaciamiento (m)	Árboles /hectárea
1.20 x 1.20	4.944
1.50 x 1.50	4.444
1.80 x 1.80	3.086

Cuadro 2. 2. Espaciamiento común (sistema de “marco real”) en plantaciones de árboles de navidad en México.

Con relación a la experiencia sobre plantaciones para árboles de Navidad por parte del INIFAP, en el campo experimental Valle de Guadiana, Durango, se ha trabajado con los especies *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus eldarica*, *P. halepensis* Miller, *P. greggii* y *P. greggii* var. *australis* para producir árboles de navidad, en condiciones de clima semiárido. Los resultados muestran que *Pinus eldarica*, *P. greggii* var. *greggii*, *P. greggii* var. *australis*, tienen un crecimiento en altura sobresaliente y características apropiadas en cuanto a forma y densidad de follaje para emplearse como árbol de navidad (Prieto y Merlín, 2000).

En el Estado de Durango se han realizado ensayos para reforestación y plantaciones de árboles de navidad con la especie *Pinus halepensis* Miller con buenos resultados, mostrando follaje abundante y una respuesta buena a la poda (Prieto y Merlín, 2002). Actualmente, en el Norte de México existen pocas plantaciones forestales comerciales para la producción de árboles de navidad, principalmente por el desconocimiento de técnicas adecuadas para el desarrollo de este cultivo (Prieto y Merlín, 2002).

Técnicas culturales de conformación

De acuerdo a la necesidad existente, es conveniente estudiar diferentes especies forestales susceptibles para ser utilizados como árboles de navidad y así satisfacer la demanda, lo que proporciona una alternativa de producción (García y Tovar, 1994). Las labores culturales buscan principalmente el acortamiento del tiempo para producir árboles comerciales, incluyendo en estas labores el control de plagas y malezas, la fertilización con nutrientes adecuados y podas para una buena producción de árboles comerciales.

La poda es necesaria para obtener el máximo número de árboles de navidad bien formados, ya que pocos llegan a su madurez y ser de buena calidad sin podarse. La poda puede ser dividida en tres etapas: 1) Desarrollo de un tallo principal, 2) Reducir altura con relación al diámetro de copa, 3) Incrementar la densidad de la copa. Las tres fases son diseñadas o proyectadas para mejorar la forma y calidad general de los árboles de navidad (Murray, 1982). Pocos árboles de navidad se desarrollan bien sin darles formación; la poda de terminación se refiere a la corta parcial de los crecimientos anuales y ramas laterales; conformar es necesario para producir árboles compactos, densos y de forma cónica; algunas cortas son necesarias para producir árboles simétricos y un atractivo árbol de navidad (Murray, 1982).

Riego en la plantación

La falta de humedad de acuerdo a las exigencias de las especies que se utilizan en las plantaciones, es uno de los factores que ocasionan un mayor porcentaje de mortandad. Para evitar las pérdidas de plantas se puede dar un riego inicial en el momento de la plantación cuando se planta en un periodo seco (Vidal, 1959).

Calvillo (2001) determinó el volumen óptimo de riego en una plantación comercial de árboles de navidad en Saltillo, Coahuila, con las especies de *Pinus ayacahuite Ehremberg*, *P. cembroides* Zucc. y *P. eldarica*. Encontró que el *P. ayacahuite Ehremberg*, mostró mejores resultados con una cantidad de riego de 15 litros de agua semanal por árbol, durante dos años, y para *P. cembroides* Zucc. el mejor resultado fue con 10 litros de agua semanal por árbol, seguido por *P. eldarica* con un óptimo de riego de 25 litros de agua semanal por árbol, durante el mismo periodo.

Fertilización

Binkley (1993) menciona que la productividad de los bosques depende de una serie de factores ambientales que comprenden: radiación, temperatura, agua y disponibilidad de nutrientes. Los técnicos forestales pueden hacer muy poco para modificar los factores climáticos de modo que los esfuerzos que hacen para incrementar la productividad de los bosques se encuentran en el manejo o control de nutrientes.

Los nutrientes primarios que normalmente se encuentran en el suelo, no pueden estar disponibles en las cantidades relativamente altas que se necesitan para el desarrollo saludable de la planta y, por lo tanto, hay que completar la dosis mediante fertilización (Cooke,1984).

Las plantaciones de árboles de navidad ofrecen productos de gran valor en poco tiempo, la nutrición forestal también puede mejorarse mediante la recuperación de tierras perturbadas y degradadas, que tiene una gran prioridad social y que justifica la gran inversión económica realizada en el manejo de la nutrición (Binkley, 1993).

El Nitrógeno (N), da como efecto en las plantas el color verde intenso, promueve la velocidad del desarrollo y el área foliar. 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
(Lira, 1994).**

Los fertilizantes nitrogenados requieren de humedad y temperatura fresca para moverse a la zona de raíces del árbol, para ello es preferible el uso de formulas de liberación lenta que provean de nutrientes durante tres o cuatro meses. Es necesario que los fertilizantes se apliquen sobre la línea de goteo de la copa del árbol, asegurándose que la maleza y los pastos sean controlados alrededor de los árboles (Prieto y Merlín, 2002).

Tisdale y Nelson (1982) mencionan que el nitrógeno es un constituyente esencial de todos los tejidos vegetales y desempeña un papel de máxima importancia en el desarrollo y funcionamiento de los protoplasmas en las estructuras vegetales, encontrándose esencialmente en los tejidos relacionados con el crecimiento.

La solubilidad del Fósforo es baja y es fácilmente retenido por el suelo, de allí su poca movilidad, concentrándose en los primeros centímetros del perfil edáfico. Las pérdidas del mismo se

producen por la absorción de las plantas y en menor medida por la lixiviación; la capacidad de retención en el suelo también es limitada. La fertilización consiste entonces en aumentar la concentración del fósforo soluble para la planta (Rodríguez, 1989).

El Potasio es absorbido por las plantas en su forma catiónica (K⁺). La absorción en el suelo está relacionada con la concentración de otros elementos. Cuando el Potasio entra en el sistema metabólico de la célula, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos que sirven para regular el potencial osmótico y el contenido de agua interna (Rodríguez, 1989).

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.

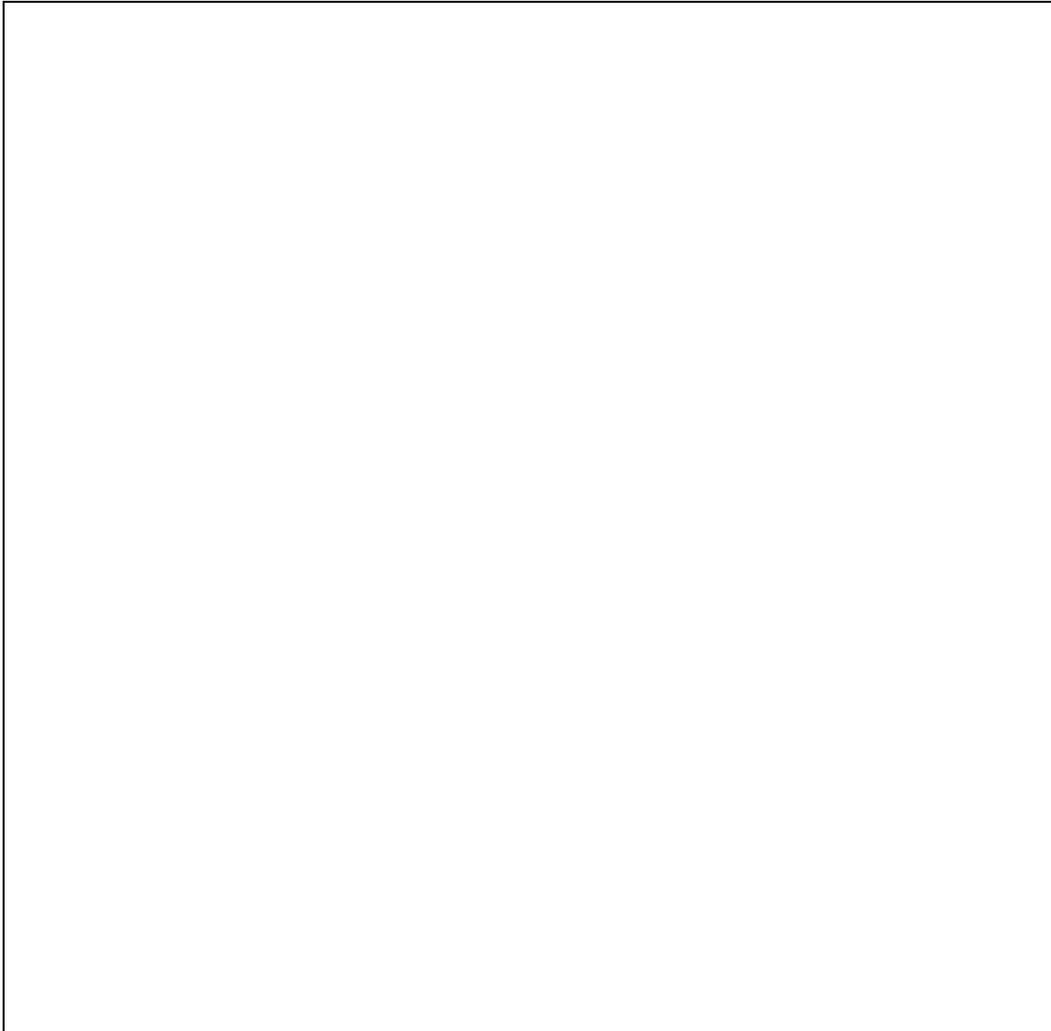
Lorenzo (1966) llevó a cabo un ensayo del efecto del ácido giberélico, más fertilización en especies de pino, y encontró que

los pinos resultaron mejores en crecimiento y conformación, con la aplicación de una fertilización de 400 ppm de (NPK).

Un fertilizante comercial completa y balaceada, con formula 6-12-12 de (NPK) se aplico en dosis de 300 libras/acre, en ciprés de Arizona, y demostró buenos resultados en la estimulación del crecimiento de los árboles de navidad (Dyer, 1959).

El poco interés que se ha presentado al aspecto de la fertilización, puede relacionarse con dos características especiales de la plantación de árbol de navidad. La mayoría de las plantaciones se deshieran cuidadosamente (mecánica o químicamente) para disminuir la competencia que se establece entre las plantas y la fertilización, ya que ocasiona un mejor crecimiento de las plantas competidoras, por lo que se requiere mayores esfuerzos para controlar la malezas; puede estimular el crecimiento y disminuir la calidad estética de los árboles al producir largas puntas con pocas ramas entre los nudos, sin embargo, el manejo cuidadoso de la nutrición de los árboles de navidad puede ser muy provechoso. Muchas plantaciones no son

fertilizadas o los tratamientos que se aplican se hacen con base en el criterio de ensayo y error (Binkley, 1993).



MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

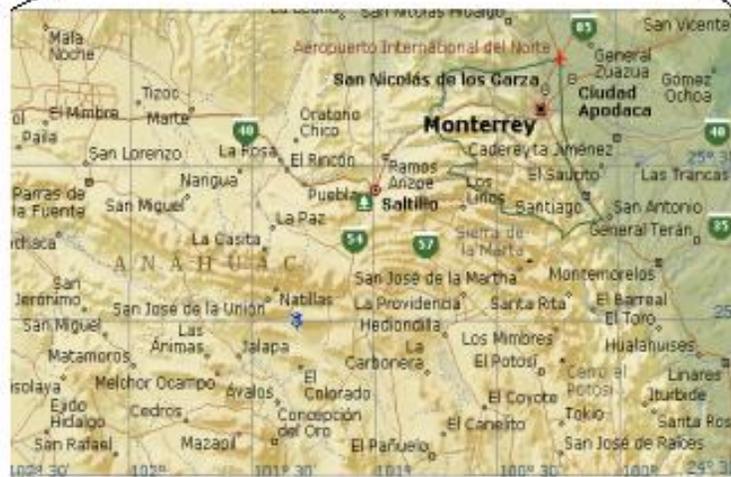
Localización

La investigación se realizó 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. La ubicación se muestra en la figura 3.1 (CETENAL, 1975a).

Clima

De acuerdo con la estación meteorológica de la UAAAN, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, que es la más próxima a la plantación; el clima corresponde a la formula climática de

BSoK(x')(e), 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.



Área de Estudio

Figura 3.1. Ubicación Geográfica del área de estudio.

Suelos

De acuerdo a la carta edafológica G14C33 de Saltillo (CETENAL,1975b); el suelo del área experimental consiste en una Rendzina con fase petrocálcica.

Según la clasificación FAO/UNESCO, son suelos 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.

Se caracterizan por poseer una capa superficial rica en humus y muy fértil, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos, son generalmente arcillosos. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten, y su susceptibilidad a la erosión es moderada.

Vegetación

De acuerdo con la carta de uso de suelo G14C33 de Saltillo (CETENAL, 1977c); se reporta para el área un pastizal natural con matorral subinerme.

Sin embargo se ha reforestado con las especies *Pinus halepensis* Miller, *P. cembroides* Zucc., *Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *Melia azedarach* y *Fraxinus* sp. La vegetación asociada con estas especies es de gramíneas tales como, *Aristida* sp., *Bouteloua curtipendula*, *B. gracilis*, *B. hirsuta*, *Eragrostis* sp., *Erioneuron pilosum*, *Hilaria berlandieri*, *Leptochloa dubia*, *Muhlenbergia* sp., *Panicum alli*, *P. obtusum*, *Sporobolus airoides*, *S. tenuísima*; entre las herbáceas se encuentran *Crotón dioicus*, *Desmanthus* sp., *Dyssodia setifolia*, *Gnapholium* sp., *Solanum eleagnifolium*, *Xanthocephalum* sp. y *Zinnia acerosa*; las especies arbustivas son, *Berberis trifoliolata*, *B. veronicaefolia*, *Buddleja scordioides*, *Condalia warnockii*, *Dalea lanata*, *Mimosa biuncifera*, *Opuntia imbricata*, *Rhus microphylla*, *Ziziphus obtusifolia*; se localizan también individuos de *Acacia farnesiana* y *Prosopis glandulosa* (Villarreal, 1983).

Características de la Plantación

La plantación se realizó en el mes de junio del 2002, siendo establecida con 300 árboles sobre una superficie de 1050 metros cuadrados, bajo un sistema de fertilización, con la aplicación de 75 gr.

de NPK (triple 17) por planta más riego, 150 gr. de NPK (triple 17) por planta más riego y 107 gr. de NPK (osmocote 14-14-14) por planta más riego de auxilio. Se establecieron dos testigos, sin tratamiento (Testigo 1), y solo riego (Testigo 2). Se hicieron tres aplicaciones de fertilizantes, una en el 2002, y dos en el 2003 con intervalo de cuatro meses entre ambos. Se consideraron las especies de *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Miller, como árboles de navidad en la plantación.

Cuando se estableció la plantación, los árboles de *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Miller, median aproximadamente en altura, 27 y 57 centímetros respectivamente. 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. Se aplicaron riegos iniciales de auxilio de 15 litros para lograr un establecimiento exitoso de la plantación.

Establecimiento del Estudio

El estudio se inició en junio del 2002 y con el se pretendió encontrar respuestas en las variables dasométricas (altura diámetro basal y diámetro de copa) de las dos especies de pinos establecidas (*Pinus cembroides* Zucc. y *P. halepensis* Miller). Cada especie fue considerada como un factor y sobre cada una se aplicaron tres intensidades de fertilización y dos testigos. La razón por la que se consideraron factores individuales, se debió a la diferencia de especies y al tamaño de las plantas al inicio de la plantación, 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.

Cuadro 3. 1. Asignación de los tratamientos de fertilización para *Pinus cembroides* Zucc. y *P. halepensis* Miller.

Tratamiento	Descripción
T 1	75 gr de NPK por planta (triple 17) mas riego
T 2	150 gr de NPK por planta (triple 17) mas riego
T 3	107 gr de NPK por planta (osmocote) 14-14-14 mas riego
T 4	Testigo 1 sin fertilización, ni riego
T 5	Testigo 2 solo 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 3.2).

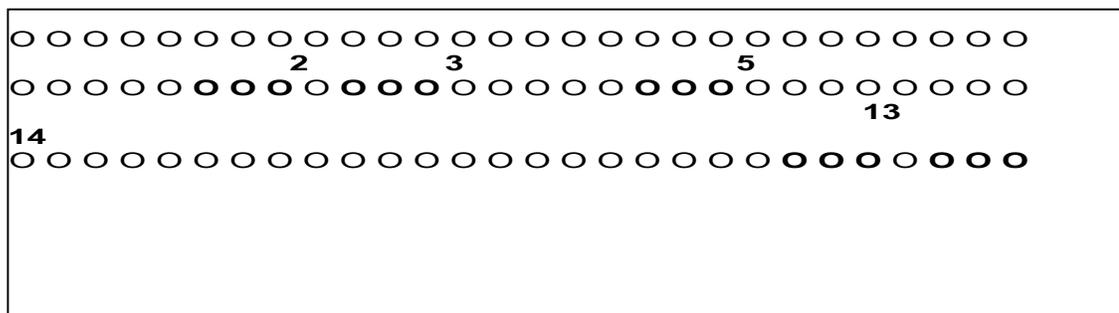
Cuadro 3.2. Distribución de los tratamientos de fertilización para *Pinus cembroides* Zucc. y *P. halepensis* Miller.

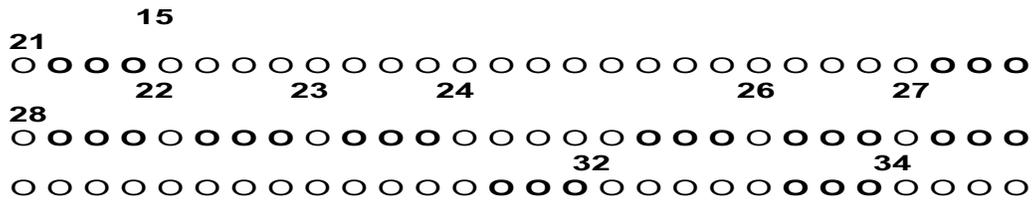
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.				<i>Pinus halepensis</i> Miller.			
UNIDAD EXPER (#)	TRAT	UNIDAD EXPER	TRAT	UNIDAD EXPER	TRAT	UNIDAD EXPER	TRAT
2	T 5R1	22	T2R3	2	T 5R1	22	T2R3
3	T 5R2	23	T 5R3	3	T 5R2	23	T 5R3
5	T1R1	24	T3R1	5	T1R1	24	T3R1
13	T 4R1	26	T 4R3	13	T 4R1	26	T 4R3
14	T1R 3	27	T2R1	14	T1R 3	27	T2R1
15	T 4R2	28	T2R2	15	T 4R2	28	T2R2
21	T1R2			21	T1R2		
32	T3R2			32	T3R2		
34	T3R3			34	T3R3		

(#) Numero de Unidad Experimental
Repetición.

(T) Tratamiento; R =

Figura 3. 3. Distribución de unidades experimentales en la parcela.





Aplicación de los Tratamientos de Fertilización

La medición de los fertilizantes se realizó con una bascula de precisión, tomando la medida en gramos y con un vaso graduado se suministró los fertilizantes para cada árbol, la aplicación se realizó con un periodo de cada cuatro meses para *Pinus cembroides Zucc.* y *Pinus halepensis Miller.*

Labores Culturales

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

Diseño experimental

En el presente trabajo se utilizó un diseño completamente al azar para cada uno de los experimentos individuales y con un arreglo factorial de 2 x 5

(dos especies y cinco tratamientos), 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 5, con 3 repeticiones. Para un total de 15 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en 3 árboles. En total se utilizaron 45 árboles por especie y 90 árboles en los dos experimentos considerados.

Parámetros de Evaluación

Los parámetros evaluados se consideraron a partir de la importancia que tiene la escasa nutrición, que reduce el crecimiento en altura, diámetro basal y diámetro de copa de las especies forestales y en especial sobre los pinos; la evaluación de los parámetros se realizó, cada cinco y cuatro meses con el objetivo de cubrir un ciclo de crecimiento de los árboles en estudio, siendo un total de tres evaluaciones desde diciembre del 2002, hasta septiembre del 2003. La primera evaluación se realizó después de seis meses de establecer la plantación, en diciembre del 2002, la segunda y la tercera evaluación se realizó en el 2003, para analizar el efecto de los niveles de fertilización (Cuadro 3.4).

Cuadro 3. 3. Evaluaciones realizadas durante los años 2002 y 2003.

2002 Plantación	2002 Primera	2003 Segunda	2003 Tercera
Junio	07 Diciembre	17 Mayo	13 Septiembre

En cada evaluación se contemplaron los siguientes parámetros, a fin de observar el comportamiento de las especies con relación a la aplicación de las dosis de los fertilizantes:

A) *Diámetro basal:* Mediante la utilización de un vernier se tomo 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.

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 medias para cada una de las variables (Steel y Torrie, 1990; SAS, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan por especie, para tener una mejor comprensión y discusión de los mismos, encontrándose diferencias estadísticas significativas ($P > F = 0.044$) en la segunda evaluación en una de las variables.

Pinus cembroides Zucc.

En el cuadro 4.1 se presentan los resultados de crecimientos e incrementos en *Pinus cembroides* Zucc.

Cuadro 4.1. Variables de crecimiento e incremento de *Pinus cembroides* Zucc. por tratamiento.

TRAT	CREALT1 cm	CREALT2 cm	CREDB1 mm	CREDB2 mm	CREDC1 cm	CREDC2 cm	ITALT cm	ITDB mm	ITDC cm
T1	6.722	6.122	1.766	1.966	1.500	7.222	12.844	3.732	8.722
T2	8.625	9.277	2.362	1.277	3.750	8.888	17.902	3.639	12.638
T3	6.000	4.555	2.666	2.300	1.222	7.000	10.555	4.966	8.222
T4	4.812	6.944	2.750	1.937	1.937	7.611	11.756	4.687	9.548
T5	5.500	2.444	1.522	2.444	1.722	9.777	7.944	3.966	11.499

TRAT = Tratamiento; CREALT1 = Crecimiento en altura 1; CREALT2 = Crecimiento en altura 2; CREDB1 = Crecimiento en diámetro basal 1; CREDB2 = Crecimiento en diámetro basal 2; CREDC1 = Crecimiento en diámetro de copa 1; CREDC2 = Crecimiento en diámetro de copa 2 ITALT = Incremento total en altura; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC = Incremento total en diámetro de copa.

En el cuadro 4.2 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables de crecimiento: Altura 1 (ALT 1); Altura 2 (ALT 2); Diámetro basal 1 (DB 1); Diámetro basal 2 (DB 2); Diámetro de copa 1 (DC 1); Diámetro de copa 2 (DC 2). Se presentaron solo diferencias significativas ($P > F = 0.044$) entre los tratamientos de fertilización para la variable altura 2; por otra parte no se obtuvieron diferencias en las variables restantes.

Cuadro 4. 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las respuestas de crecimiento en *Pinus cembroides* Zucc. por tratamiento.

FV	CUADRADOS MEDIOS					
	ALT 1	ALT 2	DB 1	DB 2	DC 1	DC 2
Modelo	8.23	19.71*	0.61	0.61	2.32	4.24
Error	18.98	5.43	0.51	0.51	1.73	4.76

**,* = Niveles de significancia al 0.01 y 0.05, respectivamente, FV = Fuente de variación

Los coeficientes de variación (Apéndice 3) muestran un alto grado de confiabilidad para la variable DC2 ya que es relativamente bajo (menos del 30%), en tanto que para las variables ALT 1, ALT 2, DB 1, DB 2 y DC 1 son muy altos (entre 34.44 y 68.56 %). Las diferencias estadísticas entre los tratamientos de fertilización y los valores de la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), se presenta en el (Cuadro 4.3). Se pueden encontrar diferencias significativas en la variable ALT 2, entre los tratamientos T2 y tratamiento T5, son cada uno iguales al resto de los tratamientos; sin embargo, el tratamiento T2 (150 gr de NPK “Triple 17”, más riego), sobre sale al resto de los tratamientos, con 9.27 cm y el mas bajo fue el T5, con 2.44cm. Los tratamientos T1 (75 gr de NPK “Triple 17”, más riego), T3 (107 gr de NPK “osmocote”, 14-14-14, más riego) y T4 (Testigo 1), resultaron estadísticamente iguales, destacando entre ellos el T4 con 6.94 cm; seguido por el T1 con 6.12 cm. Con relación a la variable ALT1, todos resultaron estadísticamente iguales, destacando entre ellos el T2 con 8.97 cm, seguido por el T1 con 6.72 cm. En la variable DB 1 Todos los tratamientos resultaron estadísticamente iguales, destacando entre

ellos el T4 con 2.83 mm, seguido por T3 con 2.66 mm, y para la variable DB 2, estadísticamente todos son iguales, sobresaliendo entre ellos, el tratamiento T5 con 2.44 mm, seguido por T3 con 2.30 mm. Para la variable DC 1 estadísticamente, resultaron iguales, sobresaliendo entre ellos el tratamiento T2, con 3.47 cm; para la variable DC 2, el tratamiento T5 mostró el mayor valor con 9.77 cm, seguido por T2, con 8.88 cm.

Cuadro 4. 3. Comparación de medias de las repuestas de crecimiento en *Pinus cembroides* Zucc. por tratamiento.

TRAT	ALT1 cm	ALT 2 cm	DB 1 mm	DB 2 mm	DC 1 cm	DC 2 cm
T1	6.72 a	6.12 ba	1.76 a	1.96 a	1.50 a	7.22 a
T2	8.97 a	9.27a	2.56 a	1.27 a	3.47 a	8.88 a
T3	6.00 a	4.55 ba	2.66 a	2.30 a	1.22 a	7.00 a
T4	4.58 a	6.94 ba	2.83 a	1.90 a	2.05 a	7.61 a
T5	5.50 a	2.44 b	1.52 a	2.44 a	1.72 a	9.77 a

Para una mejor observación de los crecimientos con relación a los tratamientos de fertilización, se presentan las Figuras 4.1 y 4.2 para las variables de crecimientos en altura 1 y 2 (CREALT1, CREALT2), por tratamiento, donde se observa el comportamiento del crecimiento con

relación a la cantidad de fertilizante aplicada por árbol, mostrándose superior el tratamiento T2 (8.79 cm) en la variable ALT 1, seguido por el tratamiento T1 (6.72 cm) con menor cantidad de fertilizante aplicado (75 gr. NPK"Triple 17", más riego), En cambio en ALT2, el tratamiento que sobresale es el T2 (150 gr de NPK "Triple 17", más riego), seguido por el T4 (Testigo 1 sin tratamiento).

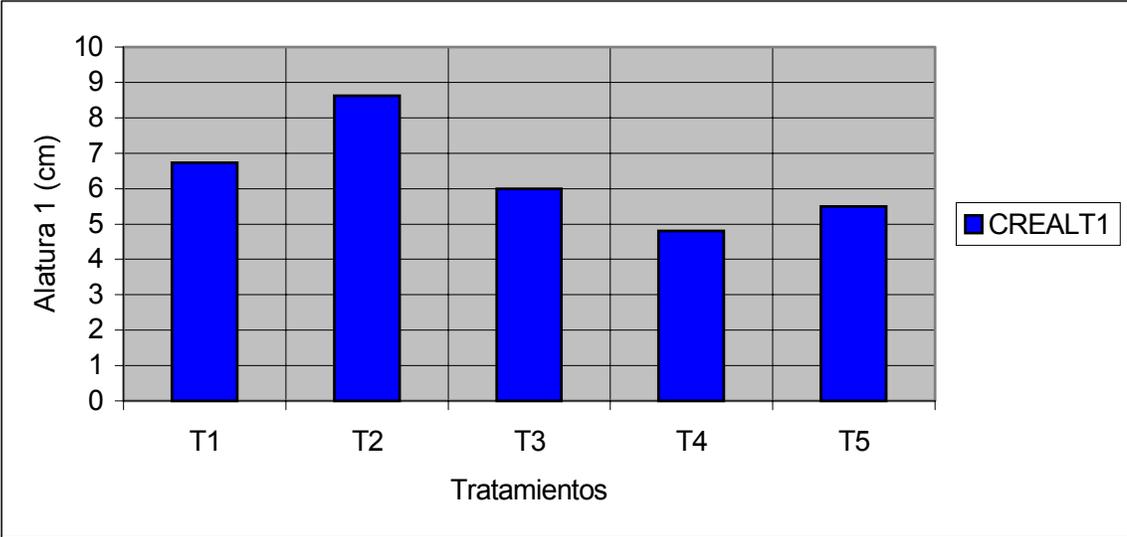


Figura 4. 1 Crecimiento en altura 1 (CREALT 1) por tratamiento en *Pinus cembroides* Zucc.

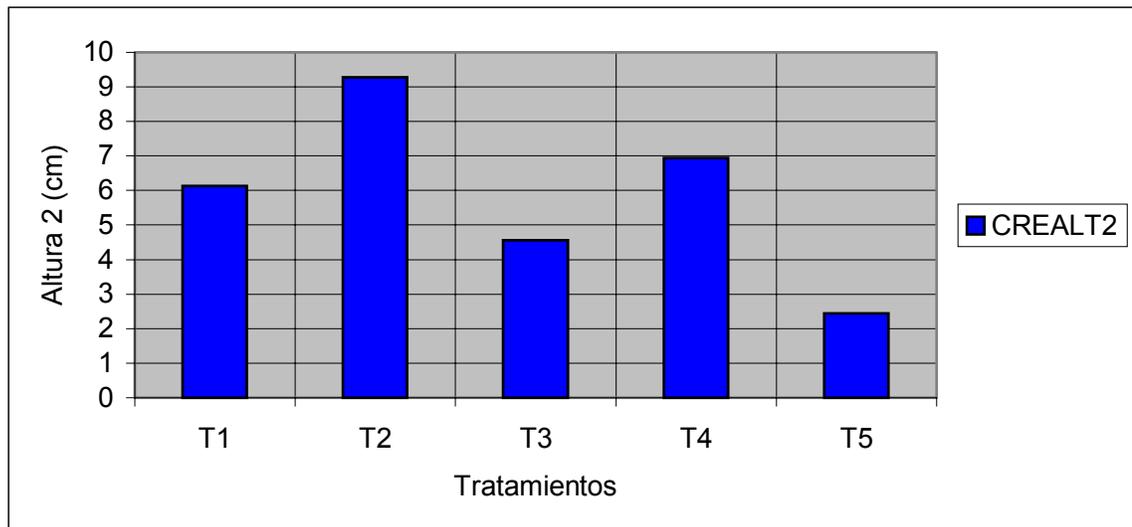


Figura 4. 2 Crecimiento en altura 2 (CREALT 2) por tratamiento en *Pinus cembroides* Zucc.

Las Figuras 4.3. y 4.4, en las variables CREDB1 y CREDB2, por tratamiento, muestran el crecimiento en diámetro basal con relación a la cantidad de fertilizante aplicada por árbol, resultando con mayor valor el tratamiento T4, y seguido por el T3 (107 gr de NPK "osmocote" 14-14-14, más riego), en la variable DB1, seguido por el tratamiento T3 (107 gr NPK "osmocote" 14-14-14, más riego), fertilizante de lenta liberación.

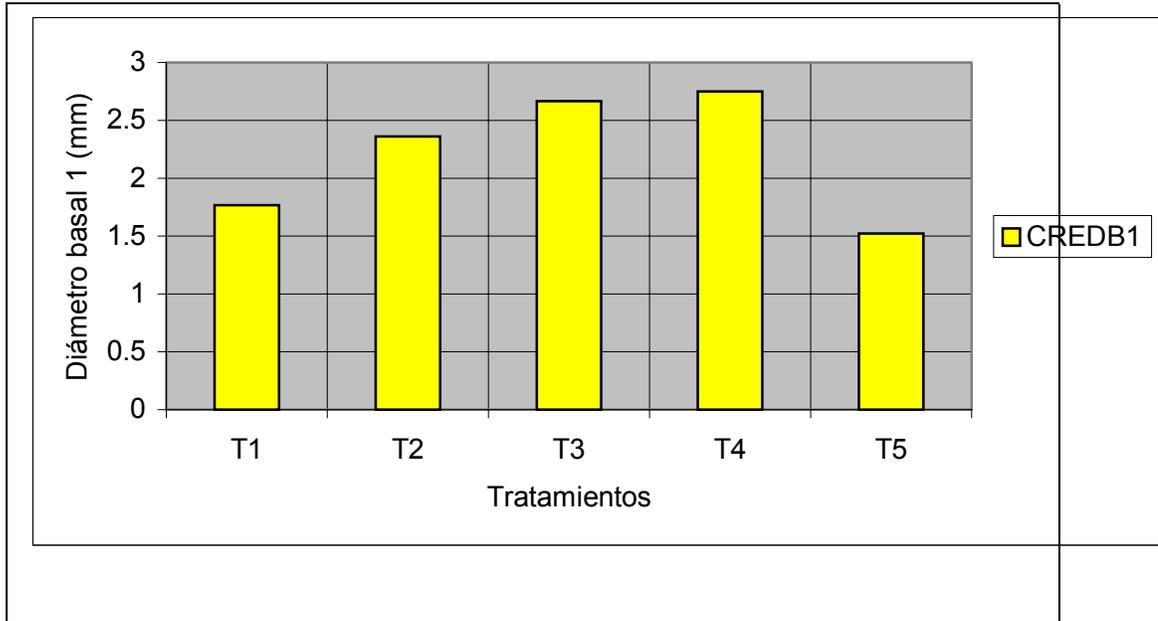


Figura 4. 3. Crecimiento en diámetro basal 1 (CREDB1) por tratamiento en *Pinus cembroides* Zucc.

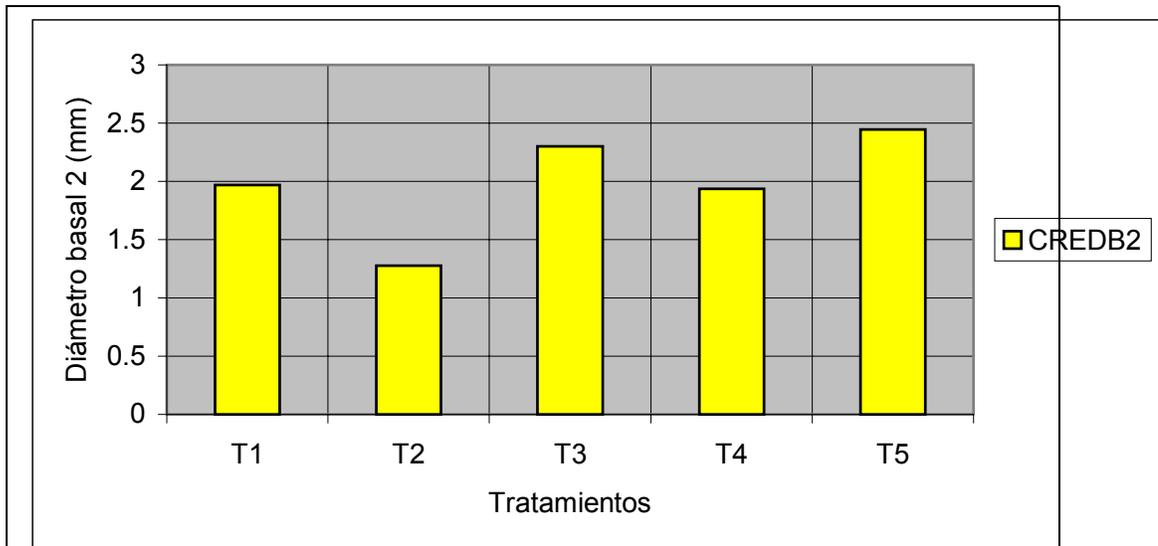


Figura 4. 4 Crecimiento en diámetro basal 2 (CREDB2) por tratamiento en *Pinus cembroides* Zucc.

En la variable DB2, el tratamiento que sobresale es el T5 seguido por el T3 (107 gr NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego), fertilizante de lenta liberación.

En las Figuras 4.5 y 4.6 se presentan los comportamientos en crecimientos para las variables DC1 y DC2 por tratamiento; se observa el crecimiento en diámetro de copa, con relación a la cantidad de fertilizante aplicado, mostrándose superior el T2, seguido por el T4, en la variable DC1. Para el DC2, el tratamiento que sobresale es T5 (Testigo 2), seguido por T2 (150 gr de NPK "Triple 17", más riego).

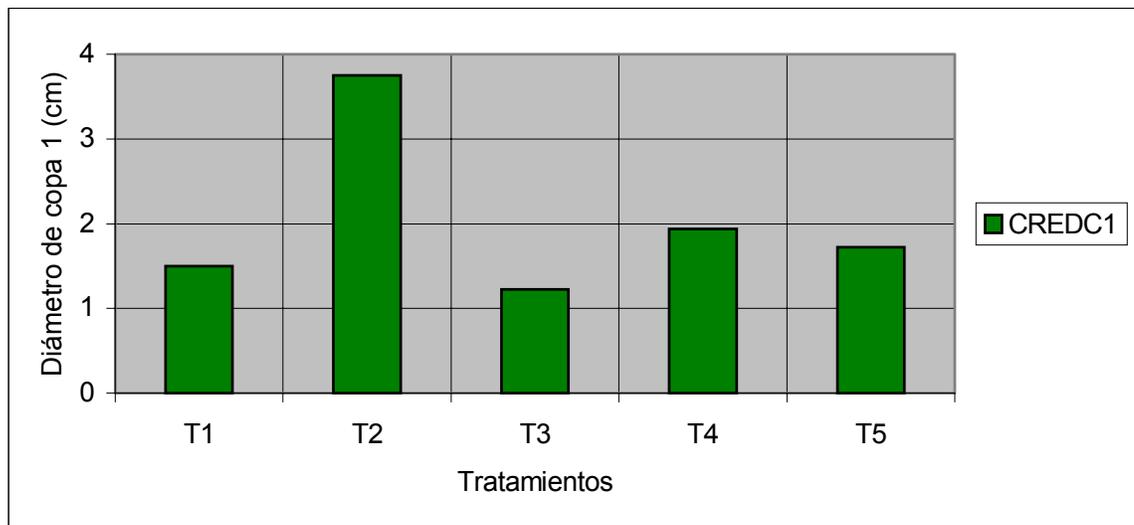


Figura 4. 5. Crecimiento en diámetro de copa 1 (CREDC1) por tratamiento en *Pinus cembroides* Zucc.

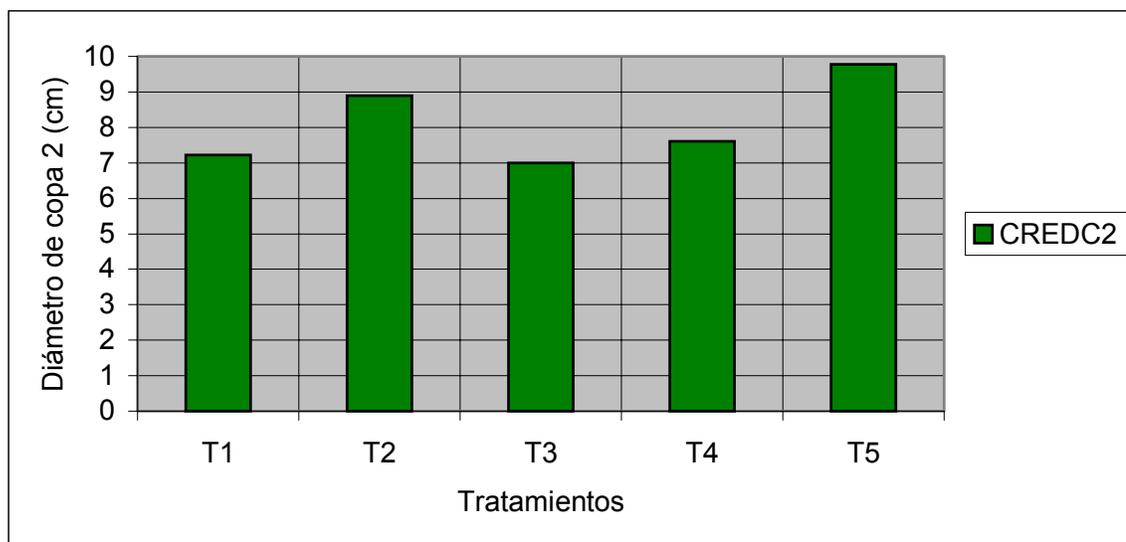


Figura 4. 6. Crecimiento en diámetro de copa 2 (CREDC2) por tratamiento en *Pinus cembroides* Zucc.

Para una mejor observación de los incrementos totales con relación a los tratamientos de fertilización, se presenta la Figura 4.7, donde se observa el comportamiento con relación a cantidad de fertilizante aplicada por árbol, mostrándose superior el tratamiento T2 con 17.90 cm, seguido por el T1 con 12.80 cm en ITALT; para la variable ITDB, sobresale el tratamiento T3 con 4.96 mm seguido por T4 con 4.68 mm. En cambio, en ITDC, el tratamiento que se muestra superior es el T2 con 12.63 cm, seguido por T5 con 11.49 cm (Testigo 2 solo riego).

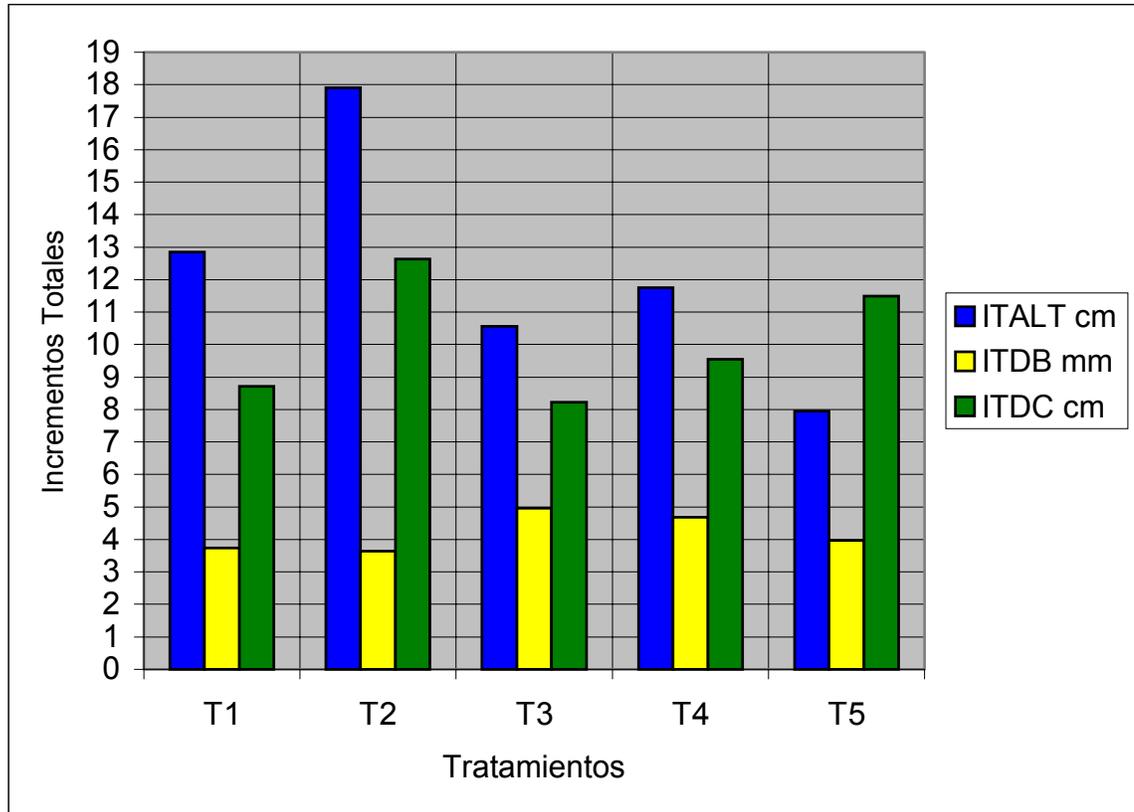


Figura 4. 7. Incrementos Totales (ITALT, ITDB, ITDC) por tratamiento para *Pinus cembroides* Zucc.

Por los resultados mostrados se deduce que el T2 (150 gr. NPK “Triple 17”, más riego), es superior en ITALT que el resto de los tratamientos, debido a la cantidad de fertilizante disponible para la planta, durante su desarrollo.

Se observa que en la variable ALT1, se mostró superior el tratamiento T2 con (150 gr. NPK "Triple 17", más riego), seguido por el tratamiento T1 (75 gr. NPK "Triple 17", más riego), ya que son fertilizantes con mayor solubilidad y disponibilidad, sin embargo para la variable ALT2, se demuestra que el tratamiento T2 es superior al resto de los tratamientos y seguido por el T4. Para la variable DB1, todos los tratamientos son estadísticamente iguales; sin embargo sobresale entre ellos, el tratamiento T4, debiéndose esto, posiblemente a que la especie *Pinus cembroides* Zucc se desarrolla en condiciones pobres, escasa humedad y es resistente a sequías, por ello el lento crecimiento en diámetro basal. Sin embargo en DB2, los tratamientos estadísticamente son iguales, sobresaliendo el T5 (Testigo 2 solo riego).

Para la variable DC1, no existen diferencias significativas, sin embargo sobre sale entre ellos el tratamiento T2 (150 gr NPK "Triple 17", más riego), mientras que para la variable DC2, se mostró superior el T5 (Testigo 2 solo riego), seguido por el T2. Esto demuestra que se requiere más de un ciclo de crecimiento para favorecer el tratamiento propuesto.

Pinus halepensis Miller

El cuadro 4.4 presenta los resultados de crecimiento e incremento total de *Pinus halepensis Miller*.

Cuadro 4.4. Variables de crecimiento e incremento de *Pinus halepensis Miller* por tratamiento.

TRAT	CREALT1 cm	CREALT2 cm	CREDB1 mm	CREDB2 mm	CREDC1 cm	CREDC2 cm	ITALT cm	ITDB mm	ITDC cm
T1	4.555	8.033	1.444	2.777	5.222	11.611	12.588	4.221	16.833
T2	4.000	8.888	2.333	4.044	9.111	11.111	12.888	6.377	20.222
T3	4.000	10.555	2.777	4.644	8.100	12.111	14.555	7.421	20.211
T4	3.888	5.355	1.011	2.888	4.000	10.666	9.243	3.899	14.666
T5	4.111	4.555	1.444	3.300	10.722	8.944	8.666	4.744	19.666

En el cuadro 4.5 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables de crecimiento: Altura 1 (ALT1); Altura 2 (ALT2); Diámetro basal 1 (DB1); Diámetro basal 2 (DB2);

Diámetro de copa 1(DC1); Diámetro de copa 2 (DC2), las cuales no mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados.

Cuadro 4. 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para las respuestas de crecimiento en *Pinus halepensis* Miller por tratamiento

FV	CUADRADOS MEDIOS					
	ALT 1	ALT 2	DB 1	DB 2	DC 1	DC 2
Modelo	0.20	18.61	1.59	1.90	23.06	4.42
Error	5.42	13.01	0.63	1.48	14.30	4.12

**, * = Niveles de significancia al 0.01 y 0.05, respectivamente, FV = Fuente de variación,

Los coeficientes de variación (Apéndice 4) muestran un alto grado de confiabilidad para la variable DC2, con base al coeficiente de variación, siendo menor al 20 por ciento; sin embargo, para las variables ALT 1, ALT 2, DB 1, DB 2 y DC 1 es alto (entre 34.44 y 56.61 %) debido principalmente a la variación del tamaño de las plantas al momento de establecer la plantación.

Una de las razones por las que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en las variables ALT1, ALT2, DB1, DB2, DC1, DC2, ITAL, ITDB e ITDC, en *Pinus halepensis* Miller, pudiera ser que es una especie, que requiere grandes cantidades de agua para un buen desarrollo de la planta. En el estado de Durango, se han hecho con esta especie ensayos para reforestación y con plantaciones para árboles de navidad con buenos resultados después de 18 meses de plantados (Prieto y Merlín, 2000).

Para observar desde otro enfoque el comportamiento de los crecimientos e incrementos totales, que presentó la especie se presentan las Figuras 4.8 y 4.9, en donde se muestran las diferencia de crecimiento en la variable ALT 1, siendo estadísticamente iguales; sin embargo sobresale T1 con 4.55 cm, seguido por T5 con 4.11 cm, mientras que para la variable ALT 2 se muestra un crecimiento superior en el T3 con 10.55 cm (107 gr. NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego), seguido por T2 con 8.88 cm (150 gr. NPK "Triple 17", más riego).

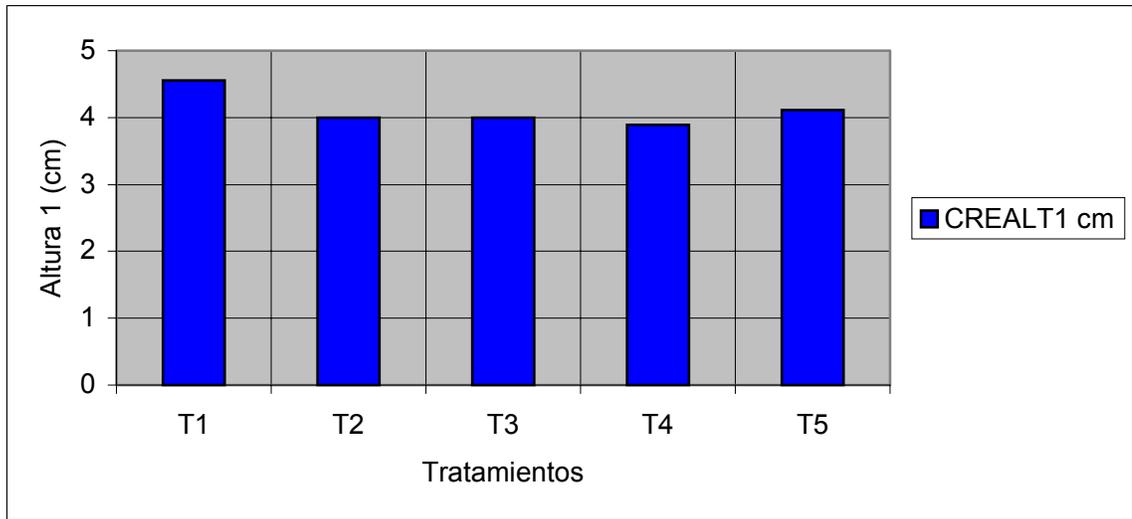


Figura 4. 8. Crecimiento en altura 1 (CREALT 1) por tratamiento en *Pinus halepensis* Miller.

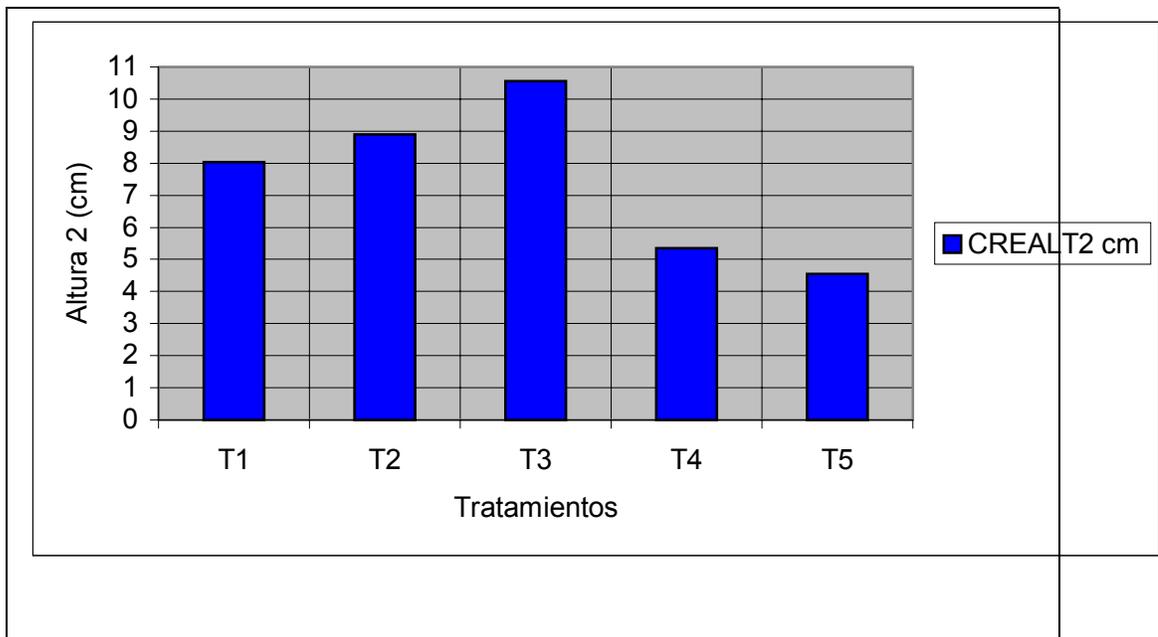


Figura 4. 9 Crecimiento en altura 2 (CREALT2) por tratamiento en *Pinus halepensis* Miller

En las Figuras 4.10 y 4.11 se muestran los resultados de los crecimientos en DB 1, y DB 2 mostrándose estadísticamente iguales todos los tratamientos, sobresaliendo entre ellos el tratamiento T3, con 2.77 mm, para la variable DB 1, seguido por el T2 con 2.33 mm, mientras que en DB 2 se mostró superior el T3 con 4.64 mm, seguido por el T2, con 4.04 mm, coincidiendo en el orden de importancia con el DB 1. Las respuestas en la variable DC1 y DC 2 se muestran en las Figuras 4.12 y 4.13. En la variable DC 1 todos los tratamientos son estadísticamente iguales, sobresaliendo el tratamiento T5, con 10.72 cm (Testigo 2), seguido por el T2 con 9.11 cm, mientras que para DC 2, el tratamiento T3, con 12.11 cm mostró ser superior, seguido por el T1 con 11.61 cm.

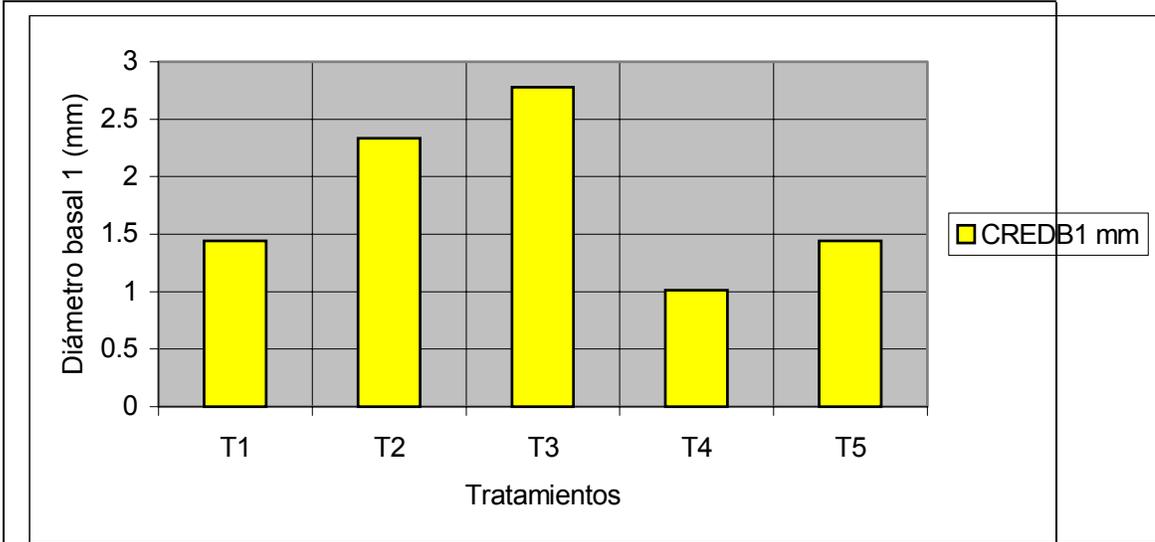


Figura 4. 10. Crecimiento en diámetro basal 1, (CREDB1) por tratamiento en *Pinus halepensis* Miller.

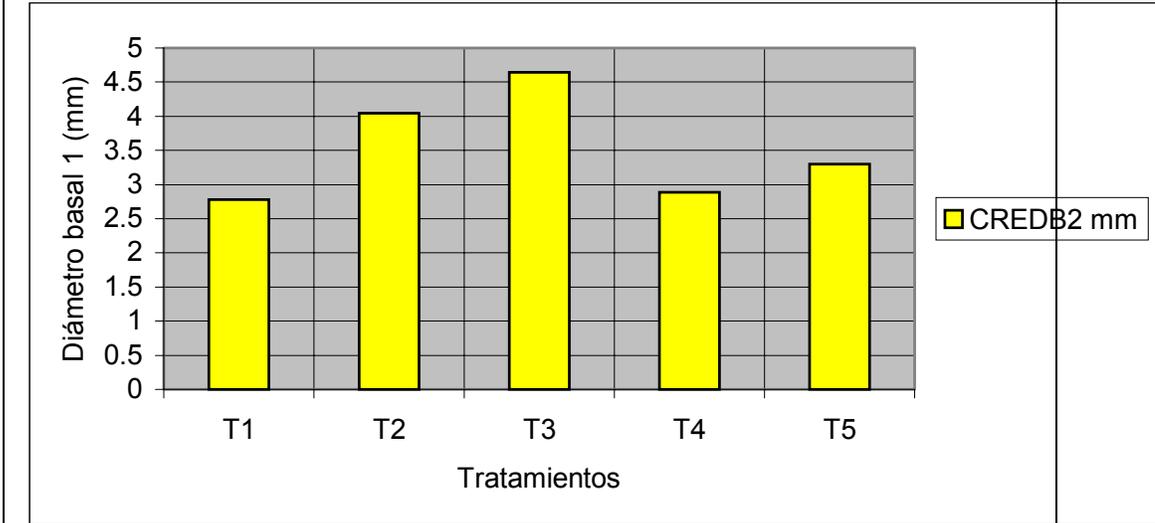


Figura 4.11. Crecimiento en diámetro basal 2 (CREDB 2) por tratamiento en *Pinus halepensis* Miller.

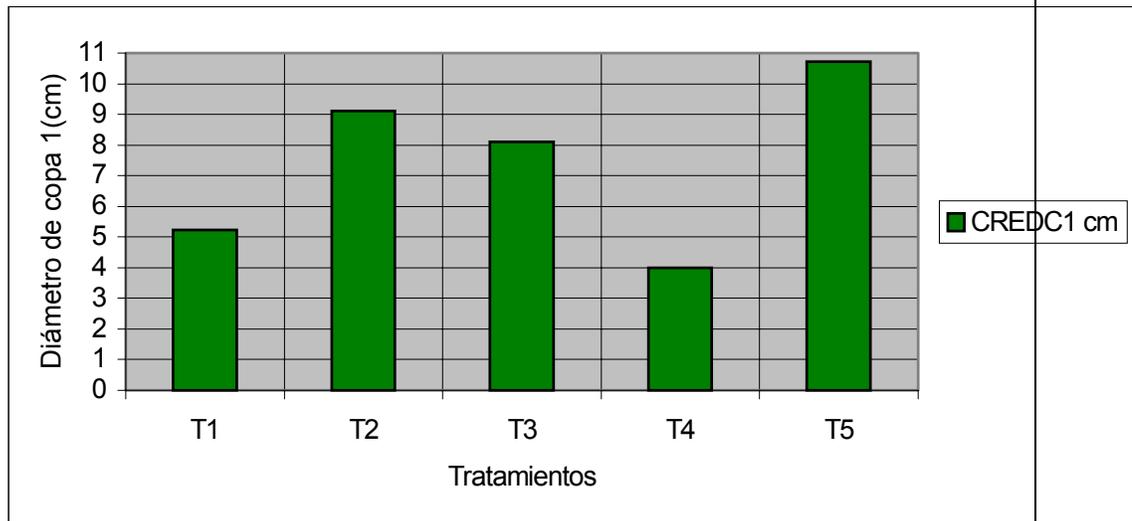


Figura 4.12. Crecimiento en diámetro de copa 1 (CREDC1) por tratamiento en *Pinus halepensis* Miller.

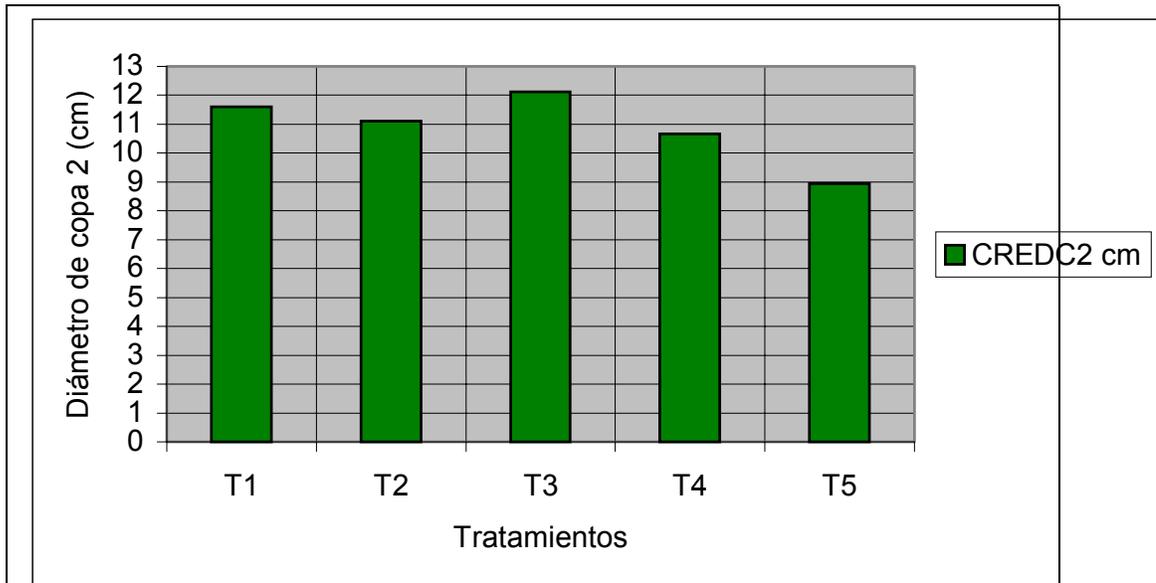


Figura 4.13. Crecimiento en diámetro de copa 2 (CREDC 2) por tratamiento en *Pinus halepensis* Miller.

Para una mejor observación de los incrementos totales con relación a los tratamientos de fertilización, se presenta la Figura 4.14, donde se observa el comportamiento con relación al fertilizante aplicado por árbol, mostrándose superior el tratamiento T3 con 14.55 cm y seguido por el T2 con 12.88 cm en el ITALT, con mayor cantidad de fertilizante aplicado. Para la variable ITDB, sobresale el tratamiento T3 con 7.42 mm, seguido por T2 con 6.37 mm. En cambio en ITDC, y los tratamiento que se muestran superiores son el tratamiento T2 y el tratamiento T3 con 20.22 cm.

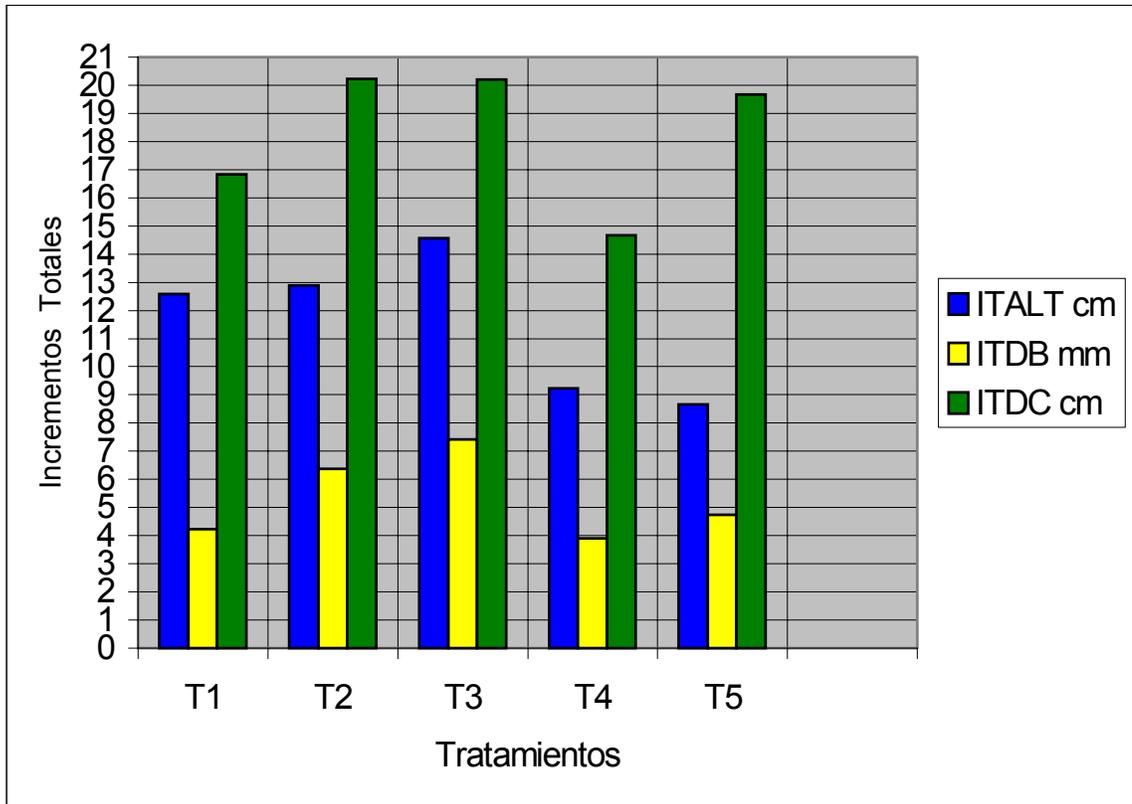


Figura 4. 14. Incrementos Totales (ITALT, ITDB, ITDC) por tratamiento, en *Pinus halepensis* Miller.

Por lo anterior se deduce que el T3, es superior en ITALT con 107 gr. NPK ("Osmocote" 14-14-14, más riego), debido a la cantidad de fertilizante disponible para la planta, durante más días ya que es un fertilizante de lenta liberación, seguido por el tratamiento T2 (150 gr. NPK "Triple 17", más

riego), ya que es un fertilizante con mayor solubilidad, sin embargo para la variable ITDB, se demuestra que el tratamiento T3 es superior al resto del tratamiento, seguido por el T2, y para la variable ITDC, sobre salen los tratamientos T2 (150 gr NPK "Triple 17", más riego), y T3 (107 gr de NPK "osmocote" 14-14-14, más riego).

Una de las razones por las que no se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas en *Pinus halepensis* Miller es el poco tiempo de evaluación de cada una de las variables en la plantación. Pero se mostraron crecimientos diferenciales en cada tratamiento propuesto en el ensayo. En el cuadro 4.6 se muestran los valores de la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), resultando todos estadísticamente iguales, destacando entre ellos el tratamiento T1, seguido por el T5 en la variable ALT 1 y en ALT 2 resultaron estadísticamente iguales, destacando el tratamiento T3 seguido por el T2; para la variable DB1 estadísticamente son iguales sobresaliendo el tratamiento T3; en DB 2 todos los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales, destacando el tratamiento T3, seguido por el T2; para las variables DC1 y DC 2 estadísticamente, resultaron iguales, sobresaliendo entre el tratamiento T5, seguido por el

T2 en DC 1; para la variable DC2, el tratamiento superior fue T3 seguido, por el T1.

Cuadro 4. 6. Comparación de medias de las repuestas de crecimiento en *Pinus halepensis* Miller, por tratamiento.

TRAT	ALT 1 cm	ALT 2 cm	DB 1 mm	DB 2 mm	DC 1 cm	DC 2 cm
T1	4.555 a	8.033 a	1.444 a	2.777 a	5.222 a	11.611 a
T2	4.000 a	8.888 a	2.333 a	4.044 a	9.111 a	11.111 a
T3	4.000 a	10.555 a	2.777 a	4.644 a	8.100 a	12.111 a
T4	3.888 a	5.355 a	1.011 a	2.888 a	4.000 a	10.666 a
T5	4.111 a	4.555 a	1.444 a	3.300 a	10.722 a	8.944 a

Análisis entre especies

A continuación se presenta el cuadro 4.7 de resultados de los incrementos totales por especie (*Pinus cembroides* Zucc. y *P. halepensis* Miller).

Cuadro 4.7. Variables de Incrementos totales para *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Miller, por tratamiento.

ESP	TRAT	ITALT cm	ITDB mm	ITDC cm
PICE	T1	12.844	3.732	8.722
PICE	T2	17.902	3.639	12.638
PICE	T3	10.555	4.966	8.222
PICE	T4	11.756	4.689	9.548
PICE	T5	7.944	3.966	11.499
PIHA	T1	12.588	4.221	16.833
PIHA	T2	12.888	6.377	20.222
PIHA	T3	14.555	7.421	20.211
PIHA	T4	9.243	3.899	14.666
PIHA	T5	8.666	4.744	19.666

ESP = Especie, TRAT = Tratamiento; PICE = *Pinus cembroides* Zucc.;
PIHA = *Pinus halepensis* Miller.

En la Figura 4.15 se muestran los incrementos totales de las especies, y para *Pinus cembriodes* Zucc., el mejor tratamiento en incrementos en la variable altura es el T2 con 17.90 cm aplicando 150 gr NPK ("Triple 17", más riego), seguido por el tratamiento T1 con 12.84 cm (75 gr NPK "Triple17", más riego), mientras que para *Pinus halepensis* Miller en la variable altura el mejor tratamiento fue el T3 con 14.56 cm (107 gr NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego), seguido por el T2 con 12.88 cm.

Para la variable diámetro basal, en *P. cembroides* Zucc., el mejor tratamiento fue el T3 con 4.96 mm (107 gr NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego), seguido por el tratamiento T4 con 4.68 mm y para *P. halepensis* Miller el mejor tratamiento fue el T3 con 7.42 mm, seguido por T2 con 6.42 mm (150 gr NPK "Triple 17", más riego) en la misma variable; mientras que para *P. halepensis* Miller en la variable diámetro de copa, que mostraron resultados mejores fue el T2 (150 gr. NPK "Triple 17", más riego) y el tratamiento T3 con 20.22 cm; para la especie de *P. cembroides* Zucc. en la misma variable, el mejor tratamiento resultó el T2 con 12.63 cm, seguido por el T5 con 11.49 cm.

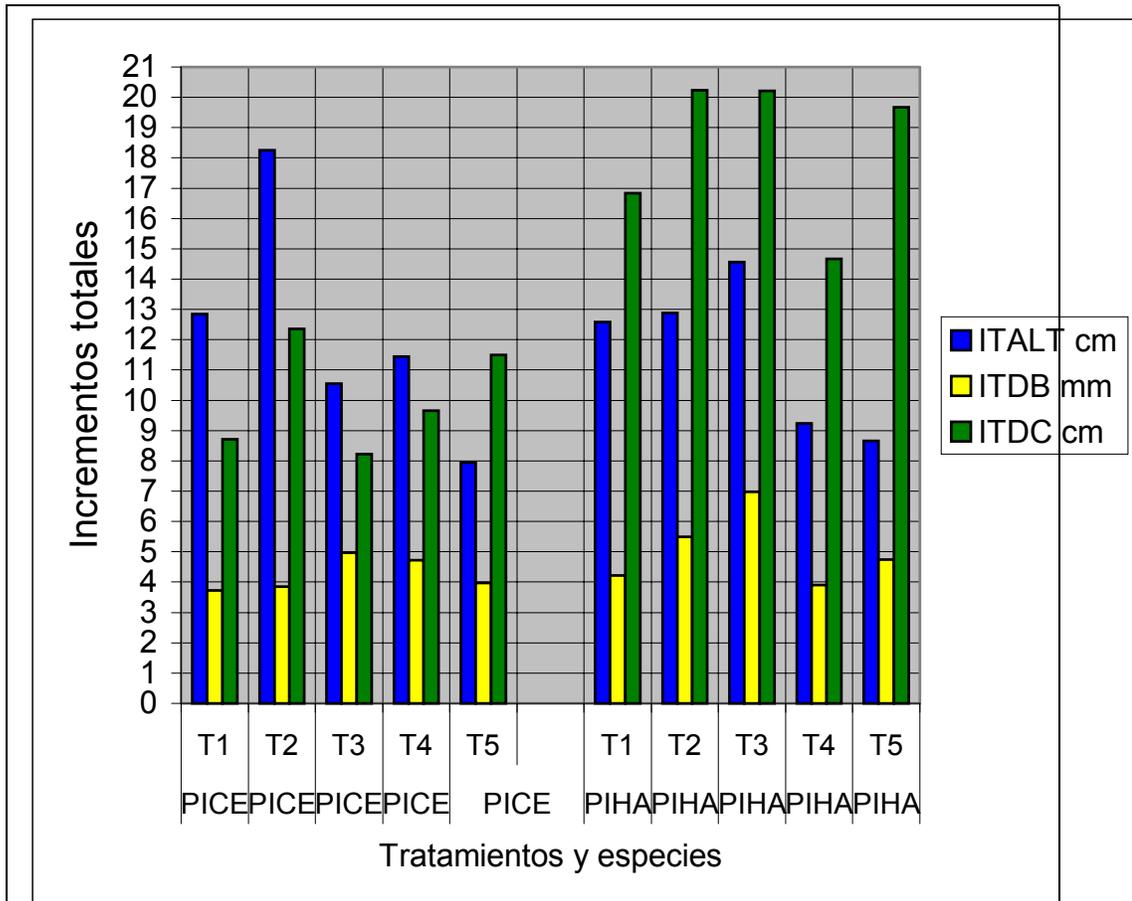


Figura 4. 15. Incrementos Totales (ITALT, ITDB, ITDC), por tratamiento y especie.

Discusión general

De acuerdo a los resultados obtenidos y discutidos para las dos especies bajo estudio, se puede considerar de manera objetiva que se logró cumplir con el objetivo propuesto en la presente investigación.

De acuerdo al trabajo, la mejor especie en respuesta a los tratamientos propuestos resultó ser *Pinus halepensis* Miller en la variable CREALT 1, resultando el mejor tratamiento el T1 (75 gr. NPK "Triple 17", más riego) y para la variable CREALT 2 el mejor tratamiento fue el T3 (107 gr. NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego), sin embargo para la variable CREDB 1 y CREDB 2 el mejor tratamiento para ambos casos en estas variables es T3 (107 gr. NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego); para CREDC 1, el mejor tratamiento fue T5 (Testigo 2 solo riego), seguido por T2 (150 gr. NPK "Triple 17", más riego); para CREDC 2, el mejor tratamiento resultó el T3 (107 gr. NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego),

(Cuadro 4.4).

Pinus cembroides Zucc., respondió favorablemente a la fertilización durante los 17 meses que duró el experimento; la influencia de las dosis de fertilizantes aplicados, sobre los árboles durante el trabajo realizado en los tratamientos dio como resultados la siguiente información: para la variable CREALT 1, el mejor tratamiento fue el T2 (150 gr. NPK "Triple 17", más riego),

seguido por el T1 (75 gr. NPK "Triple 17", más riego), y en el CREALT 2, el mejor tratamiento fue el T2 (150 gr. NPK "Triple 17", más riego); para la variable CREDB 1, el mejor tratamiento resultó el T4 (Testigo), seguido por el tratamiento T3; para CREDB 2, el mejor tratamiento fue el T5, seguido por el T 3; sin embargo, para la variable CREDC 1, el mejor tratamiento fue T2 (150 gr. NPK "Triple 17", más riego), seguido por T4; para CREDC 2, el mejor tratamiento fue el T5 seguido por el T2 (Cuadro 4.1).

La dosis de fertilización de 150 gr NPK "Triple 17", más riego mostró un efecto superior en el caso de *P. cembroides* Zucc. en relación al ITALT e ITDC, y para el ITDB la mejor dosis fue el de 107 gr. NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego (Figura 4.7).

El *P. halepensis* Miller mostró un crecimiento vigoroso de follaje denso y de color verde siendo este un buen prospecto para árbol de navidad. Todo esto se puede comprobar mediante evaluaciones posteriores que pudieran tomar en cuenta dos o tres ciclos de crecimiento anuales con manejo de fertilización, tiempo en el que las especies evaluadas pudieran expresar más

ampliamente su potencial biológico en cuanto a la respuesta de crecimiento en las variables consideradas (Figura 4.14).

CONCLUSIONES

De las especies probadas en cuanto a la aplicación de dosis de fertilizantes solo se tuvo respuesta para este experimento en *Pinus halepensis* Miller; en cambio, para el caso de *P. cembroides* Zucc. la respuesta no es muy clara en función de los tratamientos, manifestándose efecto favorable solo en la variable ITALT.

El hábitat en el que se distribuye naturalmente la especie, influye directamente en su comportamiento en cuanto al manejo de tipo y dosis de fertilización, viéndose reflejado en *P. halepensis*

***Miller* (hábitat en condiciones de mayor humedad y disponibilidad de nutrientes), sin embargo *P. cembroides Zucc* respondió de manera pobre a los tipos y dosis de fertilización, mostrando niveles bajos de crecimiento en diámetro basal y diámetro de copa.**

Las especies resistentes a la sequía no presentan una respuesta inmediata en cuanto a crecimiento y desarrollo con respecto a los tipos y dosis de fertilización en poco tiempo, como es el caso de *P. cembroides Zucc*, las cuales pudieran requerir más de un ciclo de crecimiento para responder favorablemente a estos tratamientos, con relación a los parámetros de crecimientos e incrementos propuestos.

Es posible concluir con seguridad que el mejor tratamiento para este experimento de tipo y dosis de fertilización, para *P. halepensis Miller* es el de 107 gr NPK "Osmocote" 14-14-14, más riego por árbol, seguido por 150 gr. NPK "Triple 17", más riego por árbol (Figura 4.15).

De las especies evaluadas, la que presentó mejores características para ser utilizados como árboles de navidad durante el primer año de crecimiento de la plantación fue el *P. halepensis* Miller. Tomando en cuenta su habito de crecimiento acelerado, la especie presenta una mayor ramificación y follaje de buenas características, además de vigor aceptable bajo las condiciones ambientales del sitio de plantación.

RECOMENDACIONES

Seguir con la investigación a fin de comprobar que después de dos años ó más de aplicación de fertilización, pudiera tenerse una respuesta de la especie *P. cembrifolia* Zucc., considerando que es de las especies resistentes a la sequía y que responde a la fertilización, aunque requieren de más agua, a medida que se desarrollan.

Aplicar la fertilización (periodos) de acuerdo a la fenología de crecimiento vegetativo de la especie, con el propósito de eficientar el fertilizante.

Generar conocimientos en cuanto al manejo de fertilización en plantaciones de árboles de navidad, mediante el establecimiento de más experimentos con especies de importancia económica regional, a fin de desarrollar una nueva tecnología que permita usarse con seguridad y eficacia, para beneficio de los productores y empresas forestales.

Para futuros trabajos en manejo de fertilización en las plantaciones, es necesario realizar ensayos con fertilizantes orgánicos como el caso de abonos verdes, estiércoles, compostas, etc.

LITERATURA CITADA

Aldon, G. H. 1980. Growing and marketing christmas tree in Lousiana. Cooperative extension service, Lousiana.USA. (1876):22

Binkley, D. 1993. Nutrición Forestal. Ed. Limusa S. A. de C.V. 340 p.

Calvillo R., J. F. 2001. Determinación del volumen óptimo de riego en una plantación comercial de árboles de navidad en Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 52 p.

Camacho C. O; David H. y V. P. Gabriel. 1992. Statistical Analysis System. (SAS) Ed. México. 174 p.

Comisión de Estudios del Territorio Nacional(CETENAL). 1975a. 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.

Cooke, G. W. 1984. Fertilizantes y sus usos. Ed. Continental. 175 p.

Eguiluz, P. T. 1985. Descripción Botánica de los Pinos de México. Ed. UACH. México.45 p.

Dyer C.,D. 1959. Growin Christmas trees. Agriculture Extension Service,University of Georgia College of Agriculture, Georgia, USA. (606): 11.

Flores F., J. D. y E. M. García. 1989. III - Simposio Nacional Sobre Pinos piñoneros en Saltillo, Coahuila, México. Pp. 30-31.

García, D. J. y B. Z. Tovar. 1994. Ensayo de ocho especies Forestales para árboles de navidad en el campo experimental forestal "Barranca de Cupatitzio". Ciencia forestal.19(75):79-81

Gómez S., O. 1990. Efecto de tratamiento de "acondicionamiento" en cinco especies de *Pinus* bajo dos condiciones de plantación. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 119 p.

Hernández P., V. M.1993. Ensayo de adaptación de *Pinus cembroides* Zuc *P. nelsonii* Shaw y *P. pinceana* Gordon en dos estaciones de plantación en Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 149 p.

Hulemo F., J.1959. Christmas trees. The Alabama cooperative extension service, Alabama, USA. (7): 10.

Lara R., M. E. 1994. Ensayo de ocho especies forestales para árboles de navidad en el campo experimental forestal " Barranca de Cupatitzio". Ciencia Forestal. 19(75):77-88.

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

López R., I. 1993. Ensayo de adaptación de cinco especies regionales de Pino, bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria en la sierra la Marta, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 69 p.

Lorenzo M., C. 1966. Efecto del ácido giberélico, más fertilización en *Pinus (P. orientalis)* y *Tuja (Thuja orientalis)*. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 24 p.

Martínez, M. 1948. Los Pinos de Mexico. 2ª Ed. Botas. México. 360 p.

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.

Montoya, M. y M. Menson. 1993. Selvicultura Mediterránea. Ed. Mundi-Prensa. España. 368 p.

Murray, B. R. 1982. Christmas trees a profitable crop for Georgia. Cooperative extension service, the University of Georgia, College of Agriculture, Georgia. USA.(776):19

Microsoft Corporation. 2000 Enciclopedia Microsoft Encarta 2000-C 1993-2001.

Nájera D., A. 1983. Ensayo de adaptación de seis especies de *Pinus* en la Sierra de San José de Boquillas, N. L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 66 p.

Oviedo R., J. L. 1980. Inventario de las Alternativas de Transformación de Especies forestales de la Sierra Zapalinamé. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 88 p.

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

Prieto, R. J. A. y Merlín, B. 2002. Producción de árboles de navidad en Regiones Semiáridas del Norte de México. Ed. INIFAP del estado de Durango. 26 p.

Ramírez, D. J. A. 1986. Producción de Árboles de Navidad una Alternativa para la Explotación Forestal en las Comunidades Rurales. "COMUNA 86". Ed. Periódico noticiero- Informativo. UAAAN.(114):12

Ray, K. F. y D. George. 1980. Growing and marketing christmas trees in South Carolina Clemson University cooperative extension service. Carolina, USA. (566):14

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

Rodríguez, F. S. 1989. Fertilizantes (Nutrición vegetal). Ed. A. G. T. 156 p.

Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. 432 p.

SEMARNAT (2000). Anuario de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cultivo de árboles de navidad en México.

<http://semarnat.gob.mx/ssrn/DGForestal/cultivo/index.html/>

Steel, D. G. R. y H. J. Torrie. 1990. Bioestadística. Ed. McGraw-Hill. Mexico. 429 p.

Tisdale, L. S. y Nelson, L. W. 1982. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Ed. Huteha. México. 147 p.

Torres E., L. M., Cano P., A. y E. Aldrete M. 1990. Ensayo de cinco especies de pino para la producción de árboles de navidad en la sierra de Arteaga. CIFAP, Saltillo, Coahuila. Vol. 2, 25 p.

Trujillo S., R. 1995. Evaluación de crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc., *P. halepensis* Mill y *P. eldarica* Medw a 93 meses de establecida la plantación en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 47 p.

Utz, K. A. y Balmer W. E. 1979. Growing Christmas trees in thi Sout. USA. Forest service. Atlanta, Georgia USA.(182):25

Vidal J., J. 1959. Iniciación a la Ciencia Forestal. Ed. Salvat, Barcelona. 547 p.

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

Zárate L., A. 1982. Ensayo de dos especies y una variedad de pino con dos diferentes sistemas de plantación para trabajos de reforestación en zonas semiáridas. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 90 p.

A P É N D I C E

Apéndice 1.

Programa, para el tratamiento de información para *Pinus cembroides*
Zucc.

```
options nodate ps=60;
data navidad1;
infile'c:navcemb1.dat';
input trat $ rep arb alt1 db1 dc1 alt2 db2 dc2 alt3 db3 dc3;
crecalt1=alt2-alt1;
crecdia1=db2-db1;
creccop1=dc2-dc1;
crecalt2=alt3-alt2;
crecdia2=db3-db2;
creccop2=dc3-dc2;
proc sort data=navidad1;
by trat rep;
proc means mean;
by trat rep;
var crecalt1 crecdia1 creccop1 crecalt2 crecdia2 creccop2;
output out=means1 mean=mealt1 mediam1 mecop1 mealt2 mediam2
mecop2;
data anva1;
set means1;
proc sort;
by trat rep;
```

```
proc glm;
classes trat;
model mealt1 mediam1 mecop1 mealt2 mediam2 mecop2=trat;
means trat/tukey;
run;
```

Apéndice 2.

Programa, para el tratamiento de información para *Pinus halepensis*
Miller.

```
options nodate ps=60;
data navidad1;
infile'c:alepo21.dat';
input trat $ rep arb alt1 db1 dc1 alt2 db2 dc2 alt3 db3 dc3;
crecalt1=alt2-alt1;
crecdia1=db2-db1;
creccop1=dc2-dc1;
crecalt2=alt3-alt2;
crecdia2=db3-db2;
creccop2=dc3-dc2;
```

```
proc sort data=navidad1;
by trat rep;
proc means mean;
by trat rep;
var crecalt1 crecdia1 creccop1 crecalt2 crecdia2 creccop2;
output out=means1 mean=mealt1 mediam1 mecop1 mealt2 mediam2
mecop2;
data anva1;
set means1;
proc sort;
by trat rep;
proc glm;
classes trat;
model mealt1 mediam1 mecop1 mealt2 mediam2 mecop2=trat;
means trat/tukey;
run;
```

Apéndice 3. Análisis de varianza para las variables medidas en *Pinus cembroides* Zucc. por tratamiento.

* Significativo a un nivel de probabilidad de error igual a 0.05 ($\alpha = 0.05$).

Variable dependiente	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr >F
Altura	Modelo	4	32.9416666	8.23541667	0.43	0.781
	Error	10	189.870370	18.9870370		
	Total corregido	14	222.8120370			
	R cuadrada		C.V.	Raíz del CME	Media	
1		0.147845	68.56067	4.357412	6.35	
Altura	Modelo	4	78.87955556	19.71988889	3.63	0.044
	Error	10	54.32148148	5.43214815		
	Total corregido	14	133.2010374			*
	R cuadrada		C.V.	Raíz del CME	Media	
2		0.215829	53.90848	1.224321	2.27	
Diámetro Basal	Modelo	4	2.45333333	0.61333333	1.20	0.369
	Error	10	5.11037037	0.51103704		
	Total corregido	14	7.56370370			
	R cuadrada		C.V.	Raíz del CME	Media	
1		0.324356	36.14504	0.714869	1.97	
Diámetro Basal	Modelo	4	2.45333333	0.61333333	1.20	0.3691
	Error	10	5.11037037	0.51103704		
	Total corregido	14	7.56370370			
	R cuadrada		C.V.	Raíz de CME	Media	
2		0.339646	34.44550	1.216309	3.53	
Diámetro Copa	Modelo	4	9.30740741	2.32685185	1.34	0.3197
	Error	10	17.31018519	1.73101852		
	Total corregido	14	26.61759259			
	R cuadrada		C.V.	Raíz de CME	Media	
1		0.349671	65.96733	1.315682	1.994	
Diámetro Copa	Modelo	4	16.97037037	4.24259259	0.89	0.5041
	Error	10	47.62962963	4.76296296		
	Total corregido	14	64.60000000			
	R cuadrada		C.V.	Raíz de CME	Media	
2		0.262699	26.94347	2.182421	8.100	

** Muy significativo a un nivel de probabilidad de error igual a 0.01 ($\alpha = 0.01$).

Apéndice 4. Análisis de varianza para las variables medidas en *Pinus halepensis* Miller por tratamiento.

Variable dependiente	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr >F
Altura	Modelo	4	0.81481481	0.20370370	0.04	0.9968
	Error	10	54.16666667	5.41666667		
	Total corregido	14	54.98148148			
	R cuadrada		0.014820	C.V. 56.61178	Raíz del CME 2.327373	Media 4.11
Altura	Modelo	4	74.44740741	18.61185185	1.43	0.2935
	Error	10	130.0918518	13.00918519		
	Total corregido	14	204.5392592			
	R cuadrada		0.363976	C.V. 48.23391	Raíz del CME 3.606825	Media 7.47
Basal	Modelo	4	6.34696296	1.58674074	2.54	0.1060
	Error	10	6.25629630	0.62562963		
	Total corregido	14	12.60325926			
	R cuadrada		0.503597	C.V. 43.88846	Raíz del CME 0.790968	Media 1.80
Basal	Modelo	4	7.60918519	1.90229630	1.29	0.3388
	Error	10	14.79407407	1.47940741		
	Total corregido	14	22.40325926			
	R cuadrada		0.339646	C.V. 34.44550	Raíz de CME 1.216309	Media 3.53
Copa	Modelo	4	92.25881481	23.06470370	1.61	0.2458
	Error	10	143.0377777	14.30377778		
	Total corregido	14	235.2965925			

1		R cuadrada	C.V.	Raíz de CME	Media	
		0.392096	50.89459	3.782034	7.43	
Diámetro	Modelo	4	17.68518519	4.42129630	1.07	0.4199
	Error	10	41.24074074	4.12407407		
Copa	Total					
	corregido	14	58.92592593			
2		R cuadrada	C.V.	Raíz de CME	Media	
		0.300126	18.65004	2.030782	10.88	

* Significativo a un nivel de probabilidad de error igual a 0.05 ($\alpha = 0.05$).

** Muy significativo a un nivel de probabilidad de error igual a 0.01 ($\alpha = 0.01$).

