

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL**



**Fertilización en Tres Plantaciones de
Árboles de Navidad de *Pinus cembroides* Zucc. en el Noreste
de México**

Por:

JACINTO TZANAHUA SÁNCHEZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Fertilización en Tres Plantaciones de Árboles de Navidad de
Pinus cembroides Zucc. en el Noreste de México**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Por:

JACINTO TZANAHUA SÁNCHEZ

APROBADA:

Asesor principal

**Coordinador de la
División de Agronomía**

M. C. José Armando Nájera Castro

M. C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Fertilización en Tres Plantaciones de Árboles de Navidad de
Pinus cembroides Zucc. en el Noreste de México**

TESIS

Presentada por:

JACINTO TZANAHUA SÁNCHEZ

**Que se somete a consideración de H. jurado examinador como un requisito
parcial para obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

Comité Asesor

Asesor principal:

M. C. José Armando Nájera Castro

Asesor:

Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Asesor:

M. C. Luis Morales Quiñones

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2006

DEDICATORIA

A mis padres:

Magdalena Sánchez Acahua y Margarito Tzanahua Sánchez

Por su gran amor y por ser ustedes los forjadores de mi vida; por sus sabios consejos y su gran apoyo durante mi formación profesional, y porque además me enseñaron que en la vida no hay marcha atrás y nada es fácil. Dios los bendiga hoy y siempre...

A mis abuelos:

**María Asunción Sánchez García e. Inés Tzanahua Sánchez.
Concepción Acahua Hernández ^(†) y Otilio Sánchez Castillo ^(†)**

Por ser los pilares de la familia, y por el gran amor que me han brindado.

A mis hermanos: Marina, Susana, Ángeles, Sonia, Laura y Cristina

Por su gran cariño, amor, comprensión y por su apoyo en todos aquellos momentos. Dios los Bendiga.

A la memoria de (Angelito), que desde el cielo me colma de bendiciones, guía mi camino y por ser mi ángel de la guarda.

A todos mis tíos (en especial a Santa Sánchez Acahua), a mis primos y a mi sobrino (Pedro)

Por su gran apoyo y por su cariño inmenso que me han mostrado durante toda mi vida, muchas gracias. Dios los Bendiga.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Señor, por ser el creador del universo y por darme la dicha de vivir en paz y comprender los conocimientos existentes.

A mi “ALMA TERRA MATER” por darme la oportunidad de realizar mi profesión y poder llegar a cumplir uno de los más grandes anhelos en mi vida.

Deseo expresar mis más profundos agradecimientos al M. C. José Armando Nájera Castro, al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga y al M. C. Luis Morales Quiñónez, por su apoyo, para la realización de este trabajo; muchas gracias por todo.

A todos los Profesores e Investigadores del Departamento Forestal, por sus grandes experiencias y sus valiosos consejos. Y a los trabajadores del Vivero Forestal (en especial al C. Cristóbal Rangel Hernández): Por su apoyo, para la toma de datos, muchas gracias.

A todos los Maestros y trabajadores del (CECFOR No. 2). Por su apoyo, para mi formación. Y a todos mis compañeros.

A la Sra. Enriqueta Aragón Jiménez, Alicia Mercedes Ruiz Aragón y a toda su familia, por su gran apoyo y por su amistad incondicional, Dios las Bendiga.

A todos mis compañeros, de la carrera de Ingeniero forestal. (En especial a J. Cuellar, Javier, Pascual, J. Luis, Fabián J. Carlos, Oracio, J. Antonio, Gustavo, Ernesto, Fernando, J. Merced, Y a todas aquellas personas que no los he mencionado, pido mis más sinceras disculpas y agradecimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
Justificación.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Caracterización de la especie.....	5
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.....	5
Distribución.....	6
Autoecología.....	6
Utilización como árbol de navidad.....	7
Producción de árboles de navidad.....	7
Importancia del cultivo de árboles de navidad.....	7
Ensayo de adaptación en plantaciones forestales.....	8
Establecimiento de plantaciones de árboles de navidad.....	9
Espaciamiento en plantaciones de árboles de navidad.....	10
Riego en la plantación.....	12
Efectos de fertilización.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Descripción del área de estudio.....	18
Localización.....	18
Clima.....	19

Suelo.....	19
Vegetación.....	21
Características de la plantación.....	22
Establecimiento del estudio.....	22
Aplicación de los tratamientos de fertilización.....	23
Labores culturales.....	24
Diseño experimental.....	24
Variables evaluadas.....	25
 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	 27
Localidad Buenavista.....	27
Localidad San Antonio de las Alazanas.....	29
Localidad Rancho el Edén.....	31
Análisis entre localidades.....	33
Discusión general.....	35
 CONCLUSIONES.....	 37
LITERATURA CITADA.....	39
APÉNDICE.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No		Página
1	Árboles por hectárea de acuerdo con la distancia de plantación.....	12
2	Asignación de los tratamientos de fertilización.....	23
3	Fechas de aplicación de fertilizantes en las localidades.....	23
4	Evaluaciones realizadas durante el experimento.....	25
5	Crecimiento por tratamiento en la localidad de Buenavista	28
6	Crecimiento por tratamiento en la localidad de San Antonio de las Alazanas.....	30
7	Crecimiento por tratamiento en la localidad de Rancho el Edén	32
8	Comparación de medias de Tukey en diámetro basal, por tratamiento de las tres localidades.....	32
9	Variables de crecimiento de las tres localidades.....	34
10	Comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$), para las tres localidades	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Crecimientos de las variables evaluadas, por tratamiento en la localidad de Buenavista.....	29
2	Crecimientos de las variables evaluadas, por tratamiento en la localidad de San Antonio de las Alazanas.....	31
3	Crecimientos de las variables evaluadas, por tratamiento en la localidad de Rancho el Edén.....	33
4	Crecimientos de las variables evaluadas por localidades.....	35

RESUMEN

En el presente estudio se evalúa la respuesta del crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. en plantaciones de árboles de navidad en tres localidades del noreste de México, las cuales son: Buenavista, Saltillo, San Antonio de las Alazanas, Arteaga, ambas en Coahuila y Rancho el Edén, Santiago, Nuevo León. Las plantaciones estuvieron sujetas a régimen de fertilización. El trabajo se desarrolló bajo un diseño completamente al azar para cada una de las localidades como experimentos individuales y con arreglo factorial para el análisis entre las tres localidades. Los tratamientos aplicados fueron: T1 igual a (10 gr. por litro de agua de 0-44-0 NPK de Lobi*44 fertilizante foliar); T2 igual a (15 gr. por litro de agua de 0-44-0 NPK de Lobi*44 fertilizante foliar), y T3 (una tableta de 21 gr. por cada cm de diámetro por árbol de 20-10-5 NPK Agriform, fertilizante de liberación controlada), y T4 (Testigo sin fertilización). El número total de tratamientos fueron cuatro; la unidad experimental fue de tres árboles y se utilizó un número variable de repeticiones por tratamiento.

Las variables evaluadas fueron crecimiento en diámetro basal, crecimiento en altura y crecimiento en diámetro de copa. Se realizaron dos evaluaciones de campo; en la primera se midieron las variables mencionadas al momento de aplicar los tratamientos. La segunda evaluación se hizo a los ocho meses de aplicados los tratamientos.

Los valores de crecimientos observados se sometieron a un análisis de varianza y su correspondiente prueba de comparación de medias de Tukey. Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, para la variable crecimiento en diámetro basal en las tres localidades. El tratamiento que mostró el mejor desempeño en las tres localidades fue el T1 (Dosis menor de urea foliar) el mayor crecimiento se observó en el rancho el Edén con 4.48 mm. El tratamiento T3

(Fertilizante de liberación controlada Agriform), arrojó el mayor valor de crecimiento en la localidad de San Antonio de las Alazanas para la misma variable.

Para las variables crecimiento en altura y crecimiento en diámetro de copa no se encontraron diferencias estadísticas en ninguna de las localidades.

En el análisis de varianza entre localidades se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, para las variables crecimiento en diámetro basal, crecimiento en altura y crecimiento en diámetro de copa, a los ocho meses que duró el experimento.

La localidad San Antonio de las Alazanas presentó los mayores crecimientos en las variables evaluadas. Rancho el Edén presentó el valor más bajo en crecimiento en altura y la localidad de Buenavista presentó los valores más bajos en las variables crecimiento en diámetro basal y crecimiento en diámetro de copa, probablemente a la poca humedad disponible del suelo, ya que presenta la menor precipitación pluvial.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países llamados megadiversos con una amplia diversidad no sólo a nivel de plantas herbáceas, sino también de arbustos y árboles; se reconocen alrededor de 50 especies del género *Pinus* (Rzedowski 1991; Soberón 1994).

La mayoría de la gente no piensa en los árboles de navidad hasta octubre, noviembre y diciembre, cuando salen a buscar ese árbol perfecto para la familia, ya sea en una tienda comercial, o en una plantación establecida o en un bosque natural (McCullough y Koelling, 1996).

El uso de los árboles de navidad para el adorno de los hogares durante la temporada decembrina, tuvo su origen en el oeste de Alemania cerca del año 1500. Pronto esta tradición se generalizó en Europa, siendo introducida más tarde en Norteamérica, en el año de 1804 (Chapa, 1976).

Si este agronegocio se organizará debidamente en México, traería como resultado grandes beneficios económicos, ya que en nuestro país aún se importa cada año de los Estados Unidos y Canadá alrededor de un millón de los un millón seiscientos mil árboles de navidad que se comercializan cada época decembrina, y con ello se origina una importante fuga de divisas (SEMARNAP, 1999).

El establecimiento y manejo de plantaciones es la etapa final del proceso de reforestación, sin duda, resulta ser la etapa de mayor duración y en donde se refleja la eficiencia de las etapas anteriores (Torres, 1994).

Para el caso de México, 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 para el productor y del mismo modo para el país ya que permitiría reducir las importaciones de este producto (Torres *et al.*, 1990).

Adicionalmente esta actividad forestal se está convirtiendo en una estrategia efectiva para detener el avance de la mancha urbana y la erosión o la desertificación, que está dando buenos resultados en las áreas donde se ha hecho este tipo de plantación para la producción de árboles de navidad se ha convertido en una alternativa de uso del suelo más rentable que el propio uso urbano y que la agricultura a base de cultivos anuales de temporal (Monreal, 2004).

El árbol de navidad es un artículo de jardinería, ya que su cultivo requiere de podas anuales de conformación, y además de riegos de auxilios ya que es elemental para el crecimiento, de tal manera también se puede aplicar fertilizantes para una buena coloración del follaje, claro esto debe ser muy cuidadosas, para que el producto final reúna todas las características deseables que el consumidor exige (SEMARNAP, 1999).

Por esto 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, se hace en un periodo de 15 años y además una conformación no muy adecuada para el consumidor.

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 de NPK, y en diversas formulaciones, combinados con la aplicaciones de podas y riego de auxilio para el rápido crecimiento y mejor calidad del producto final.

Objetivo

Evaluar el efecto de tres tratamientos de fertilización, sobre el crecimiento en altura, diámetro basal y diámetro de copa en plantaciones de *Pinus cembroides* Zucc. en tres localidades del noreste de México.

Hipótesis

La hipótesis nula (H_0) que se propone para este trabajo es la siguiente:

H_0 : No existen diferencias significativas en el efecto de la fertilización sobre el crecimiento en altura, diámetro de copa y diámetro basal en plantaciones de árboles de navidad de *Pinus cembroides* Zucc.

Justificación

Debido a la existencia de áreas degradadas en noreste de México, y la presencia de suelos erosionados, una alternativa para reconversión de estas áreas es el establecimiento de plantaciones de árboles de navidad. Ante esta situación se seleccionaron tres localidades (Buenavista, San Antonio de las Alazanas, Rancho el Edén) para establecer este tipo de plantaciones y a la vez de constituir una forma de ingresos complementarios para los habitantes del medio rural. La especie propuesta en esta investigación, para producción de árboles de navidad (*Pinus cembroides*), se ha utilizado en plantaciones con diversos propósitos y en pequeña escala, para la producción de árboles de navidad, sin embargo no se ha evaluado en forma conjunta e integral el efecto de tratamientos de fertilización.

En el caso de *Pinus cembroides*, debido a su lento crecimiento que se presenta en condiciones naturales, con escaso o ningún cultivo, se requiere de largos periodos (15 años o más), para que el árbol alcance la altura mínima para ser utilizado 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 siete años y además de determinar la dosis óptima de fertilización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Caracterización de la especie

***Pinus cembroides* Zucc.**

Nombre común: Pino piñonero, Nut Pine.

Árbol de 5 a 15 metros, el tronco suele ser corto y el ramaje ralo, sobre todo en terrenos muy secos, de copa redondeada o piramidal. Las ramas grandes comienzan desde poca altura y son extendidas y en su mayoría verticiladas o irregularmente dispuestas. La corteza es cenicienta, delgada, agrietada y dividida en placas cortas e irregulares. Las ramillas son grisáceas y ásperas, mostrando bien marcadas las huellas que dejan las hojas al caer. Las hojas están en grupos de tres, pero varios fascículos tienen dos y a veces cuatro y aún cinco. Miden de 2.5 a 7 cm. Son rígidas y generalmente encorvadas, con estomas en las tres caras. Su color es verde oscuro, algo azulado pálido, a veces amarillento y frecuentemente glaucas en las caras internas, son brillantes y de bordes enteros. Las vainas son de color café claro y caen pronto dejando en la base del fascículo una diminuta roseta. Las yemas son cilíndricas, largas y amarillentas. Los conillos son globulosos, de color moreno rojizo, con gruesas escamas. Los conos son suboblongos, de cinco a seis cm de diámetro y se presentan aislados o en grupos hasta de cinco; caedizos y casi sésiles, de color moreno naranjado o rojizo. Tienen umbo dorsal, transversalmente aquillado y apófisis gruesa y piramidal con una pequeña punta caediza. Las semillas están colocadas en depresiones de las escamas y son subcilíndricas y vagamente triangulares sin ala, de unos 10 mm de largo, morenas o negruzcas, abultadas en la parte superior y adelgazadas hacia la base. Son comestibles y de buena calidad, llamándose vulgarmente piñones (Martínez, 1948).

Distribución

En México es la especie de más amplia distribución de este grupo de piñoneros, que se extiende por casi todo el Norte y centro de la Republica Mexicana, formando bosques más o menos definidos y caracterizados por el tamaño reducido de las hojas (Rzedowski, 1978). Su área de vegetación en la Sierra Madre Occidental se encuentra en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango y Aguascalientes. En la Sierra Madre Oriental su distribución se ubica en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas e Hidalgo. También se localiza en el Sistema Montañoso de Baja California y su distribución se localiza en los estados de Baja California Norte y Sur. En el Altiplano Mexicano se localiza en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí. Y también se localiza en el Eje Neovolcanico Transversal en los estados de Puebla, Tlaxcala, Querétaro y Jalisco (Martínez, 1948). Debido a su rango de distribución también se encuentra en los Estados Unidos, es en el sureste de Nuevo México, sureste de Arizona y sur de Texas (Mirov, 1967, citado por Robert, 1977).

Autoecología

Esta especie prospera en lugares húmedos y en sitios donde la precipitación media anual de 350 mm y se adapta a climas semiáridos, y se encuentra asociado con pastizales, matorrales o xerofilos o encinares arbustivos. El rango altitudinal de esta especie va de 1500 a 3000 msnm. Su hábitat esta sobre exposiciones secas, laderas calizas (Rzedowski, 1978). Y también se presenta en rocas: calcáreas y con alto contenido de yeso e ígneas, además tiene gran capacidad de adaptarse y resistir a condiciones climáticas difíciles. En la Sierra Madre Occidental, *Pinus cembroides* crece sobre rocas volcánicas o sobre rocas metamórficas (Robert, 1977). Por lo general *Pinus cembroides* esta formado por bosques bajos y abiertos, y que está ampliamente asociado con los géneros *Juniperus*, *Quercus*, *Agave*, *Yucca* y *Dasyilirion* (Rzedowski, 1978).

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 la forma cónica, follaje abundante y de olor agradable, retención de follaje hasta por unos meses después de ser cortado (Merlín y Prieto, 2002). También es utilizado en el estado de Coahuila como árbol de navidad y producido en plantaciones (SEMARNAT, 2000). También es cultivado para árboles de navidad en la región central del país en los estados de México, Puebla, Morelos y Distrito federal, en plantaciones especializadas (SEMARNAP, 1999).

Producción de árboles de navidad

Importancia del cultivo de árboles de navidad

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 y rentabilidad, también capturan carbono a través de la fotosíntesis, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático global y a la disminución del efecto de invernadero, a su vez permite desalentar la extracción clandestina de árboles pequeños de los bosques. 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 (Monreal, 2004).

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 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 (Monreal, 2004).

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. También los árboles de navidad permiten dar un uso sustentable y productivo al suelo, generando con ellos polos de desarrollo rural regional. Del mismo modo 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 (Monreal, 2004).

Ensayo de adaptación en plantaciones forestales

En un ensayo de adaptación en dos estaciones de plantación y tres especies en la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, donde se evaluó la adaptación se encontró que después de 22 meses de evaluación, *Pinus cembroides* mostró ser superior con el 50% a *P. pinceana* Gord. con tan sólo del 42.5% y *P. nelsonii* Shaw, con la más baja del 10.8%, en cuanto a sobrevivencia y que además no hubo diferencias en las estaciones de plantación, ya que fue igual en invierno y verano (Hernández y Aldrete, 1991).

En un experimento de adaptación de una plantación de cinco especies en la Sierra de Arteaga, Coahuila. En donde se encontró que después de tres meses de evaluación, resultó que *Pinus nelsonii*, mostró ser mejor a *P. halepensis* Miller, *P. maximartinezii* Rzedoski, *P. cembroides* y *P. pinceana*, esto es en cuanto a la sobrevivencia. Además se encontró que *P. halepensis* fue superior en el incremento en altura, seguido por *P. maximartinezii*, *P. nelsonii*, *P. pinceana* y *P. cembroides* tuvieron los valores más bajos en incremento en diámetro, *P. halepensis* mostró ser

superior a las demás especies ya que tuvieron el peor desempeño en crecimiento (Torres *et al.*, 1991)

Establecimiento de plantaciones de árboles de navidad

En un experimento en el Campo Forestal Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán, donde se observaron *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mart., *P. ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, *P. patula* Schl et Cham, *P. maximartinezii*, *P. rzedowski* Madrigal et Caballero, *Cupressus lindleyi* Klotsch, *C. arizonica* Greene y *Abies religiosa* (H.B.K) Schl et Cham. Los resultados observados, a los 37 meses de establecida la plantación, fueron: *Pinus strobus* y *P. ayacahuite*, mostraron las mejores características para ser utilizadas como árboles de navidad, además de que alcanzaron a los tres años la altura comercial para el mercado. *Cupressus lindleyi* presentó el mayor incremento en altura y la mayor tasa de sobrevivencia, tiene en su contra el tipo de copa, así como la baja retención de las hojas a poco tiempo de cortado el árbol y el follaje es áspero; *P. patula* tiene una alta sobrevivencia, tipo de copa normal, con la desventaja en lo caedizo y la apariencia seca del follaje a los pocos días de cortado. *Cupressus arizonica* presentó una alta sobrevivencia, el tipo de copa normal, con la desventaja en que después de cortado se mostró caedizo y de apariencia seca. *Abies religiosa* mostró el más bajo desarrollo en altura, así como las más baja sobrevivencia después de un mes de cortado, se mantuvo persistente y verde. *P. rzedowski*, y *P. maximartinezii* no se recomiendan para árboles de navidad, más las características que se presentan son deseables para producir ornamentales (Lara, 1994).

En una plantación para la validación de módulos de producción para árboles de navidad, se evaluó la sobrevivencia, y se encontró que *Pinus brutia* var. *eldarica* presentó una sobrevivencia del 54.5% y *Pinus greggii* var. *austrialis* presentó una sobrevivencia del 76.67%. Se concluyó que la variedad *austrialis* tiene mayores posibilidades de adaptación (Perales *et al.*, 2005).

En el establecimiento de plantaciones de árboles de navidad en Estados Unidos la producción satisface el consumo interno, mismo que asciende a 36 millones de árboles por año, con una superficie plantada de 500 mil hectáreas que además les permite exportar a México y Centro América (SEMARNAP,1999).

El establecimiento de plantaciones con fines de producción de árboles de navidad, en México, comprende una superficie dedicada hasta este momento al cultivo de árboles de navidad, entre viveros especializados y plantaciones forestales comerciales, apenas supera las mil hectáreas, de las cuales está en producción únicamente el 25%; el resto se encuentra aún en desarrollo y entrarían en producción del año 2008 en adelante. La producción anual promedio es de un poco más de 600 mil unidades y no abastece la demanda nacional (SEMARNAP, 1999).

Espaciamiento en plantaciones de árboles de navidad

El espaciamiento de plantación es la distancia que existe entre árbol y árbol y que dependerá del tiempo en que se programe obtener dicho producto final. (Flores *et al.*, 2001).

Algunas especies requieren para un buen desarrollo, un mayor espaciamiento que otras, en parte por su arquitectura natural como resultado de distintos niveles de tolerancia a la sombra o luz. A nivel de género, los pinos requieren de mayores espaciamientos que los del género *Abies* o *Pseudotsuga*. De esta forma, los pinos son más susceptibles a daños por sombra manifestándose el efecto en las ramas laterales las cuales tienden a tornarse delgadas o deformes, las hojas también tienden tornarse amarillentas y se desprenden con facilidad (Flores *et al.*, 2001).

La mayoría de los productores deben de producir árboles que tengan un índice de proporción de disminución cónico del 40 al 90%, que es donde se forman los árboles de navidad de alta calidad (Dost, 1969, citado por Monárrez, 2000).

Para calcular el número de árboles requeridos se debe definir previamente la separación o espaciamiento entre ellos y el diseño de plantación a emplear. Al respecto, el método de tres bolillo es recomendado para terrenos con pendientes mayores al cinco por ciento (Rojas y Torres, 1989).

Con base a experiencias sobre espaciamientos en plantaciones de árboles navidad por parte del INIFAP, en el Campo Experimental Valle de México, existe una ventaja al utilizar marco real, debido a que el trabajo de trazo en campo es más fácil de realizar, ya que implica trazos en cuadros de igual forma y distancia. Y para el caso del método tres bolillo implica trazos en triángulos y es más tedioso (Flores *et al.*, 2001).

La densidad de la plantación depende de varios factores, tales como la cobertura final que tendrán los árboles al terminar el turno, el agua disponible y las necesidades de espacio para el cultivo y la cosecha. Debido a los espacios limitados de las casa habitación, generalmente la altura de un árbol fluctúa entre 1.5 y 1.8 m. 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 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 (Merlín y Prieto 2002).

La disponibilidad de agua influye, en el crecimiento y este será mayor y por lo tanto la cantidad de plantas por unidad de superficie debe de ser menor; en cambio, con poca agua para riego, el crecimiento será escaso y la densidad debe ser mayor. Por lo general se recomienda densidades de 1,852 hasta 3,333 árboles por hectárea; con separaciones de 1.2 a 1.8 m entre plantas en una misma fila y de 2 a 3 m entre hileras (Cuadro 1), (Merlín y Prieto 2002).

En base a experiencias sobre densidad, en plantaciones de árboles navidad por parte del INIFAP, en el Campo Experimental Valle de México, se recomienda

plantar con el método de marco real con espaciamentos de 2 x 2 m entre líneas de plantación. De tal manera que la densidad de dicha plantación será equivalente a 2,500 árboles por ha (Flores *et al.*, 2001).

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

Distancia entre plantas	Distancia entre hileras	Árboles por hectárea
(m)	(m)	
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

Riego en la plantación

Las características más significativas para el crecimiento de las plantaciones forestales son: el volumen disponible de suelo para exploración radical y su capacidad de almacenamiento de agua (Coile, 1952).

En un estudio para determinar el efecto de los tratamientos de acondicionamiento y riego sobre cinco especies de género *Pinus*, se encontró que las plantas acondicionadas y que se sometieron a estrés hídrico obtuvieron los mayores incrementos en altura, con relación a las que no fueron acondicionadas, y que también fueron sometidas a estrés hídrico. Así mismo las plantas no acondicionadas y sometidas a riego presentaron los mayores incrementos en altura. En el caso de *Pinus ayacahuite* Ehr, y *P. cembroides* los valores de incremento en

diámetro basal y altura, disminuyeron bajo condiciones de no acondicionamiento y sin riego, con relación a las no acondicionadas y sometidas a riego (Gómez, 1990).

En un experimento de riego realizado en una plantación comercial de árboles de navidad, en Saltillo, Coahuila, se encontró que en la aplicación de 15 litros de agua por semana por árbol favoreció el crecimiento en altura y diámetro de copa en *Pinus ayacahuite*, en tanto que no se obtuvo respuesta al riego en *P. cembroides* y *P. eldarica* Medw debido a que no sólo se evaluó un periodo de crecimiento a partir del establecimiento de la plantación, por lo tanto que los resultados todavía no son concluyentes (Calvillo, 2001).

En una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. en donde se probó el efecto del riego. Y se evaluó la sobrevivencia, crecimiento en altura y en diámetro, a través de dos factores de riego y dos niveles de riego, de dos y tres litros de agua en el riego al establecimiento de la plantación y, cero y dos litros en el riego en periodo crítico. Donde no se encontraron diferencias en las tres variables, y por lo tanto se concluye que se puede regar con dos litros de agua tanto para el establecimiento y en periodo crítico (Satelices *et al.*, 1995).

Efectos de Fertilización

Los recursos para el crecimiento vegetal son factores del medio que directamente son consumidos por las plantas; éstos incluyen: luz, agua, nutrientes y gases necesarios para la fotosíntesis y la respiración. Por otra parte, las condiciones del medio, son factores que influyen la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas, pero no son directamente consumidos por ellas, éstos son: temperatura, compactación, aireación y penetrabilidad del suelo, entre otros. La conjugación de estos elementos conforma el microambiente de desarrollo de las plantas (Radosevich y Osteryoung, 1987).

En ensayos efectuados desde 1965 en Pointe Noire sobre *Pinus caribea* var. hondurensis (Sénecl) Barr. et Golf., y bahamensis, *P. oocarpa* Shiede, *P. greggii* Engelm, *P. kesiya* Royle ex Gordon, *P. insularis* Endl, y *P. cubensis* Grisebach, se obtuvieron resultados que indican que sólo los abonos completos son verdaderamente eficaces y deben aplicarse junto con las cepas antes de dicha plantación; también se dice que la mejor formula fue de 10-10-10, con la cual se registraron incrementos en la altura de 15 a 25%. Y la dosis óptima fue de 150 g/hoyo (Martín y Bartoli 1974).

La fertilidad del suelo es un factor factible de ser controlado por el hombre para entregar elementos nutricionales en cantidades, formas y proporciones requeridas para lograr un máximo crecimiento de las plantas vía aplicación de fertilizantes (Hausenbuiller, 1984).

Las razones del uso de los fertilizantes han sido presentadas por (Boosma y Hunter, 1990); éstas incluyen:

1. Aumentar los niveles naturales de fertilidad del suelo y permitir un balance entre los nutrientes
2. Proveer cantidades de nutrientes que permitan producir tasas de crecimiento aceptables predeterminadas.
3. Mantener tasas de crecimiento aceptables en el corto y largo plazo.

Por otra parte, la respuesta a la fertilización puede ser bien explicada como un proceso que acelera el crecimiento, conduciendo a una reducción de la edad de rotación de la plantación (Miller, 1981).

De acuerdo con (Jones y Broerman, 1991), las ventajas de la fertilización en forma específica al establecimiento son:

1. Corrección de deficiencias nutricionales inherentes que mejoran el crecimiento durante toda la rotación. Al respecto, que la falta de fertilización al establecimiento, en sitios con deficiencias importantes, impide la obtención de máxima productividad del sitio en el largo plazo.

2. En muchos casos la sobrevivencia inicial es mejorada significativamente.

3. Los costos de aplicación son mínimos si se realiza en conjunto con la preparación de suelo.

4. Si se aplica durante la formación de camellones se permite una incorporación total del fertilizante en el suelo donde éste se encuentra más accesible al sistema radical de la planta.

Los criterios de diagnóstico para la selección de sitios que presenten respuestas biológicas a la adición de fertilizantes, incluyen: características del perfil de suelo, posición topográfica, provincia fisiográfica, niveles de fertilidad del suelo, concentraciones foliares, clase de sitio y densidad del rodal o plantación (Allen, 1987).

Las decisiones de cuando aplicar fertilizantes deberían considerar además experiencias pasadas y conocimiento local de los fertilizantes (Will, 1985). Y además, la respuesta a la fertilización, expresada en términos biológicos, requiere de la capacidad de analizar áreas físicas de respuesta más probable y de referir la respuesta a términos económicos (González, 1985).

La fertilización corresponde a un apoyo nutricional, cuyo objetivo es proporcionar elementos de rápida solubilidad, todo esto con la finalidad de contribuir a la formación del aparato fotosintético de la planta (Toro, 1995).

La fertilización es una importante técnica silvícola que permite contribuir a la obtención de plantaciones altamente productivas, siempre que la fertilidad natural, sea el único factor que influya substancialmente en el crecimiento, y los demás

factores como las propiedades físicas del suelo se encuentren en condiciones favorables (Toro, 1995).

Los elementos nitrógeno y fósforo son los importantes, siendo el primero la unidad básica del crecimiento foliar, mientras que el fósforo juega un rol importante en el metabolismo de la planta sobre todo en el desarrollo de las raíces, particularmente las raicillas laterales (Schlatter, 1991).

Según, la duración de la respuesta a la fertilización varía dependiendo: del sitio, de la técnica de preparación de sitio, de los tratamientos intermedios, y del patrón de crecimiento de las especies. Ha demostrado que el crecimiento y la capacidad de absorción de nutrientes están relacionados al genotipo (Allen, 1987).

La respuesta a la fertilización en sitios de baja precipitación o donde esta es incierta, no puede ser asegurada debido a las condiciones críticas de humedad que no permiten una adquisición del fertilizante por parte de las plantas (Ballard, 1984; McMurtrie *et al.*, 1990).

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

Con una adecuada profundidad de enraizamiento y capacidad de almacenamiento de agua, la respuesta a la fertilización es seguramente positiva en una variedad de condiciones de sitio. Del mismo modo la estructura del sistema radical es influenciada por la fertilización y las diferencias de fertilidad de los suelos (Donald *et al.* 1987)

En una plantación de *Pinus cembroides*, y *P. halepensis*, para árboles de navidad, se utilizó un diseño completamente al azar, para probar tres aplicaciones de

fertilizantes en un periodo de seis meses, con las siguientes proporciones, 75 gr. de triple 17 por árbol más riego, 107 gr. de osmocote (14-14-14), más riego, por árbol y 150 gr. de NPK por árbol más riego, y dos testigos, testigo uno sin tratamiento, testigo dos sólo riego. *Pinus halepensis* respondió mejor, mostrando mejores resultados en diámetro de copa, diámetro basal y altura; seguido del tratamiento 107 gr. de osmocote 14-14-14, más riego, y seguido por 150 gr. de triple 17, más riego, y *Pinus cembroides* no presenta una respuesta inmediata en cuanto a crecimiento y desarrollo, con respecto a la fertilización en poco tiempo (Mendoza, 2004).

Una plantación experimental, de cuatro especies forestales bajo riego y fertilización, en donde se evaluó la sobrevivencia y el crecimiento bajo un diseño experimental de un arreglo de parcelas subdivididas. Se encontró que *Roseodendron donnell-smithii* Miranda presentó una sobrevivencia del 100%, 20 cm en diámetro promedio y 12.5 m en altura promedio. Y el tratamiento R1-F2 fue el que mostró mejor desarrollo en cuanto a la altura promedio mejor desarrollo en cuanto a la altura promedio de 17.5 m, con respecto a los demás ya que *Cedrela odorata* L. tuvo una sobrevivencia del 94%, el diámetro promedio de 18 cm, pero con una altura de 9.8 m, *Swietenia macrophylla* G. King presentó una sobrevivencia de 85%, el diámetro promedio de 16 cm, y la altura con sólo de 7.5 m. Mientras que *Tabebuia rosae* Bertol mostró una baja sobrevivencia del 32%, pero con un diámetro promedio de 19.5 cm y una altura de 9 m. Por lo tanto los tratamientos de riego y fertilización no presentaron diferencias (Forte *et al.*, 2005).

En una plantación de *Pinus halepensis*, *P. cembroides* y *P. eldarica*, se evaluó el crecimiento a 93 meses de ser establecida y se encontró que *P. halepensis* mostró mayores incrementos en cuanto a altura y diámetro. Mientras que *P. cembroides*, *P. eldarica* mostraron resultados inferiores (Trujillo, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Localización

La investigación se realizó en tres localidades. La primera se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, dentro de los terrenos del vivero del Departamento Forestal en el municipio de Saltillo, Coahuila, que se encuentran en la Sierra de Zapalinamé, la cual se localizan en las coordenadas geográficas 25° 23' de latitud Norte y 100° 02' de longitud Oeste, a una altitud de 1743 msnm (CETENAL, 1975a).

La segunda área de investigación se ubicó en las faldas de la Sierra San Antonio que se encuentra en la parte Noreste del Ejido San Antonio de las Alazanas, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, en el municipio de Arteaga, Coahuila; la cual se ubica aproximadamente a 80 Km al Suroeste de la ciudad de Saltillo, entre las coordenadas geográficas 25° 17' 41.3'' de latitud Norte y 100° 34' 20.2'' de longitud Oeste, a una altitud de 2190 msnm (CETENAL, 1979).

La tercer área experimental se encuentra localizada dentro de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, y esta dentro del Cañon de San José de las Boquillas, y la Sierra Potrero de Abrego, dentro del municipio de Santiago, Nuevo León. La cual se localizan en las coordenadas geográficas 25° 22' 06.7'' de latitud Norte y 100° 25' 18.6'' de longitud Oeste, a una altitud de 1940 msnm (CETENAL, 1979).

Clima

De acuerdo con la estación meteorológica de la UAAAN, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, que es la más próxima a la primer plantación; el clima corresponde a la fórmula climática de BSoK x' (w) (e), pertenece al tipo semiárido, la temperatura media anual es de 17.8 °C, con temperaturas extremas, máxima de 35 °C y la mínima de -7 °C y una precipitación media anual de 450 mm (CETENAL, 1975).

En San Antonio de las Alazanas, el clima es semifrío con el verano fresco y largo y una temperatura media anual de 13.3 °C; la temperatura media del mes más frío es de 9°C y la del mes más caliente es de 16.1 °C; la precipitación media anual es de 498 mm, siendo julio el mes más lluvioso, el régimen de lluvias es de verano por lo que la fórmula climática del área de estudio es Cb (x') (wo) (e)g (García, 1987).

En Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León, la estación más próxima a la tercera plantación, el clima corresponde a la fórmula climática de Cb (w1) (i') e, pertenece al tipo semifrío con el verano fresco largo; la temperatura media anual es de 14.2 °C, con temperaturas extremas, máxima 39 °C y la mínima de -8 °C, siendo junio el mes más caliente, y una precipitación media anual de 659.6 mm, siendo septiembre el mes más lluvioso, el régimen de lluvias es de verano (García, 1987).

Suelos

De acuerdo a la carta edafológica G14-C33 de Saltillo, el suelo del área experimental consiste en una rendzina con fase petrocálcica. Que de acuerdo a la clasificación de la FAO/UNESCO, se caracterizan por ser poco profundos y pegajosos que se encuentran sobre rocas calizas, se presentan en climas calidos 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 se presente, y su susceptibilidad a la erosión es moderada (CETENAL, 1975b).

La segunda área de estudio presenta un tipo de suelo de feozem calcárico que proviene de rocas sedimentarias de calizas, lutita y arenisca, se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes y a demás por presentar cal en todos sus horizontes, de igual manera se tiene un castañozem haplico, que se caracteriza por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo. Todos estos suelos presentan una textura fina, y a demás estos suelos se encuentran limitados por una fase física, petrócalcica o lítica (CETENAL, 1977a).

El tipo de suelo que se presenta para la tercer área experimental, proviene de rocas sedimentarias de calizas, lutita y arenisca, de origen aluvial y que consiste en un castañozem haplico, que se caracteriza por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo, así mismo con feozem calcárico que se caracteriza por tener cal en todos sus horizontes, y con una clase textural media y se encuentran con una fase física gravosa o pedregosa. (CETENAL, 1977a).

Vegetación

De acuerdo con la carta de uso del suelo G14-C33 de Saltillo, se reporta para el área un pastizal natural con matorral subinermes. Sin embargo se ha reforestado con especies *Pinus halepensis*, *P. cembroides*, *Cupressus arizonica* Greene, *C. sempervirens* L., *Melia azedarach* L. y *Fraxinus* sp. La vegetación asociada con estas especies es de gramíneas tales como *Aristida curvifolia* Fourn, *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr N. P., *B. gracilis* (H. B. K) Lag. ex Steud N. P., *B. hirsuta* Lag N. P., *Eragrostis* sp., *Erioneuron pilosum* Buckl N. P., *Hilaria berlandieri*, *Leptochloa dubia* (H. B. K) Nees N. P., *Muhlenbergia* sp., *Panicum hallii* Vasey, *P. obtusum* H. B. K. N. P., *Sporobolus tiroides* Torr, *S. tenuísima*; entre las herbáceas se encuentran *Croton dioicus*, *Desmanthus* sp., *Dyssodia setifolia*, *Gnapholium* sp., *Solanum eleagnifolium* Cav, *Xanthocephalum* sp, y *Zinnia acerosa*; las especies arbustivas son, *Berberis trifolialata*, *B. veronicaefolia*, *Buddleja scordiodes* H. B. K, *Condalia warnockii*, *Dalea lanata*, *Mimosa biuncifera* Benth, *Opuntia imbricata* Haw, *Rhus microphylla*, *Ziziphus obtusifolia*; se localizan también individuos de *Acacia farnesiana* (L.) Willd, *Tecota stans* L. H. B. K y *Prosopis glandulosa* Torr (CETENAL, 1975c; Villarreal, 1983).

De acuerdo con la carta de uso del suelo G14-C35 de San Antonio de las Alazanas, la vegetación que se presenta para la segunda área de estudio, está compuesta por un bosque de pino, asociado con matorral de coníferas y chaparral, y para el área se identificaron especies como: *Pinus cembroides*, en el estrato arbóreo y el estrato arbustivo está constituido por *Juniperus* spp *Quercus* spp, también se encuentran especies de *Agave* sp, *Yuca* sp. El estrato herbáceo lo constituyen *Bromus* sp., *Bouteloua curtipendula* y *Eneapogon* sp. (CETENAL, 1977b).

De acuerdo con la carta de uso del suelo G14-C35 de San Antonio de las Alazanas, la vegetación que corresponde para la tercera área de estudio, es de un bosque de pino-encino, asociado con un tipo de vegetación de chaparral, en donde se identificaron especies como: *Pinus cembroides* en el estrato arbóreo y el estrato

arbustivo está constituido por *Juniperus spp*, *Quercus sp*, también se encuentra *Dasyllirion palmeri* Trel, *Agave sp.*, el estrato herbáceo lo constituyen principalmente algunas gramíneas. (CETENAL, 1977b).

Características de la plantación

La plantación se estableció en el mes de junio del 2002, con *Pinus cembroides*, para la producción de árboles de navidad, con 108 árboles por cada localidad de Buenavista; 72 árboles para San Antonio de las Alazanas; y 36 árboles en el Rancho el Edén, sujetas a régimen de fertilización, con la aplicación de 10 y 15 gr. por litro de agua de 0-44-0 NPK de Lobi*44 fertilizante foliar (Urea), por árbol equivalente a 200 litros/ha y una tableta de (21 gr.) por cada cm de diámetro por árbol de 20-10-5 NPK Agriform fertilizante de liberación controlada. Y se estableció un testigo, los cuales se presentan en el (Cuadro 2). Por cada localidad y la especie en donde se plantaron bajo el diseño de plantación de marco real, teniendo una equidistancia de 1.8 m, con líneas de plantación orientadas de este a oeste.

Establecimiento del estudio

El trabajo se inicio a finales del 2004 y finalizó en el mes de diciembre del 2005 y con esto se pretende encontrar respuestas en las variables dasométricas: altura, diámetro basal y diámetro de copa con la especie bajo experimento y de las tres localidades. Cada localidad fue considerada como un experimento y sobre cada una se aplicaron tres dosis de fertilizantes y un testigo.

La razón por la que se consideraron experimentos separados, se debió a la diferencia entre cada localidad y demás factores ambientales, así como para observar claramente el comportamiento de éstas y de las variables evaluadas de acuerdo con las dosis de fertilizantes.

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 2. Asignación de los tratamientos de fertilización.

Tratamiento	Descripción
T1	10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta.
T2	15 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta.
T3	1 tableta (21 gr.) por cada cm de diámetro por planta de 20-10-5 NPK Agriform fertilizante de liberación controlada
T4	Testigo Sin fertilización

Aplicación de los tratamientos de fertilización

La medición de los fertilizantes se realizó con una báscula de precisión, tomando la medida en gramos y con un vaso graduado se suministró las dosis de fertilizantes y con la ayuda de una persona y un aspersor se aplicó por cada árbol, (cuadro 3).

Cuadro 3. Fechas de aplicación de fertilizantes en las localidades.

Aplicación de Lobi*44 en las dos dosis de fertilización			
Localidad	1^a	2^a	3^a
Buenavista	13/abril/2005	09/junio/2005	11/agosto/2005
San Antonio de las Alazanas	11/Marzo/2005	22/abril/2005	31/agosto/2005
Rancho el Edén	11/Marzo/2005	22/abril/2005	19/agosto/2005

La tableta de Agriform de (21 gr.) por cada cm. de diámetro por árbol de 20-10-5 NPK fertilizante de liberación controlada, se aplicó el 25 de febrero del 2005 en las tres localidades.

Labores culturales

Las labores culturales que se realizaron durante el experimento, consistieron en la aplicación de fertilizantes, deshierbes manuales y apertura de cajetes cada tres meses y aplicación de riegos de auxilio en épocas críticas.

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 3 x 4 (tres localidades y cuatro tratamientos), procesando los datos mediante el siguiente modelo estadístico.

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

y_{ij} = Observación j -ésima correspondiente al i -ésimo tratamiento.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental en la j -ésima repetición.

El número de tratamientos fue igual a cuatro para las tres localidades, para Buenavista el número de repeticiones fue igual a nueve para un total de 36 unidades experimentales, para San Antonio de las Alazanas, el número de repeticiones fue igual a seis, para un total de 24 unidades experimentales. Y para la localidad de

Rancho el Edén sólo se trabajo con tres repeticiones. Considerando que cada unidad experimental consistió en tres árboles y fue similar para las tres localidades.

Variables a evaluar

Las variables a evaluados se consideraron a partir de la importancia que tiene la escasa nutrición, los pocos estudios realizados para esta región, y a demás 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 las variables se realizó, en un lapso de ocho meses una evaluación inicial y la otra final, con el objetivo de cubrir un ciclo de crecimiento de los árboles, para así analizar el efecto de los niveles de fertilización en las tres localidades (Cuadro 4).

Cuadro 4. Evaluaciones realizadas durante el experimento.

Evaluación	Inicial	Final
Localidad		
Buenavista	18/febrero/ 2005	01/diciembre/2005
San Antonio de las Alazanas	11/marzo/2005	02/diciembre/2005
Rancho el Edén	01/marzo/2005	02/diciembre/2005

En cada evaluación se contemplaron los siguientes variables, a fin de observar la respuesta de la especie y de las tres localidades con la aplicación de las dosis y tipos de los fertilizantes:

Diámetro basal: Mediante la utilización de un vernier se midió 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.

Diámetro de copa: Se midió el diámetro de la copa en centímetros, utilizando un promedio de dos mediciones, diámetro mayor y menor.

Altura: Se consideró 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 prueba de medias para cada una de las variables (Steel y Torrie, 1990; SAS, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en la presente investigación se presentan primero en forma separada para cada localidad, ya que fueron analizados como experimentos individuales. Posteriormente se presentaran los resultados del análisis general de todas las localidades, realizado mediante un análisis de varianza completamente al azar con arreglo factorial.

Localidad Buenavista

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Apéndice 1) indicaron que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos en la variable crecimiento en diámetro basal ($Pr>F= 0.0023$), resultando con el mayor crecimiento el testigo, lo que indica que los tratamientos de fertilización no tuvieron efecto sobre el crecimiento en diámetro. El tratamiento T3 (Fertilizante de liberación controlada Agriform), mostró crecimientos similares al testigo, en tanto que el tratamiento que arrojó el menor crecimiento fue el T2 (dosis mayor de urea foliar), con un 47.55% del crecimiento presentado por el testigo; el tratamiento T1 (dosis menor de urea foliar), mostró crecimiento ligeramente mayor que el T2, que equivale al 57.68% del testigo (Cuadro 5, 8 y Figura 1). El anterior comportamiento indica que la aplicación de fertilizante bajo condiciones de escasa humedad disponible, como es el caso de esta localidad no tiene efecto sobre el crecimiento en diámetro ya que favorece mayormente al desarrollo foliar del árbol.

Con relación al crecimiento en altura, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Apéndice 1), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($Pr>F= 0.5932$). El tratamiento que presentó el mayor crecimiento fue el T1 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta), con un valor de 13.27 cm, seguido por el tratamiento T2 (15 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta). El

testigo arrojó el valor más bajo, con 10.91 cm, que equivale al 82.21 % del crecimiento del T1 (Cuadro 5 y Figura 1).

Cuadro 5. Crecimiento por tratamiento en la localidad de Buenavista.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Diámetro de copa (cm)
T1	13.27	1.71	2.73
T2	12.21	1.41	4.75
T3	11.88	2.23	3.92
T4	10.91	2.96	4.17

La aplicación de una dosis baja de urea foliar (T1), indica que aún cuando no existan diferencias estadísticas en el crecimiento en altura, las diferencias numéricas muestran que se puede promover un crecimiento en altura de 21.63 % superior que el que se obtiene en árboles no fertilizados

Para la variable crecimiento en diámetro de copa el ANVA (Apéndice 1), no arrojó diferencias significativas entre tratamientos ($Pr > F = 0.2377$). El tratamiento T2 presentó el valor más alto con 4.75 cm, seguido por el testigo y el tratamiento T3; el menor valor correspondió al tratamiento T1 (Cuadro 5 y Figura 1). Este resultado es algo inconsistente y probablemente se deba a efectos enmascarados de otros factores tales como la humedad disponible en el suelo y a las condiciones del suelo donde se ubicaron las unidades, por lo que no hay resultados concluyentes.

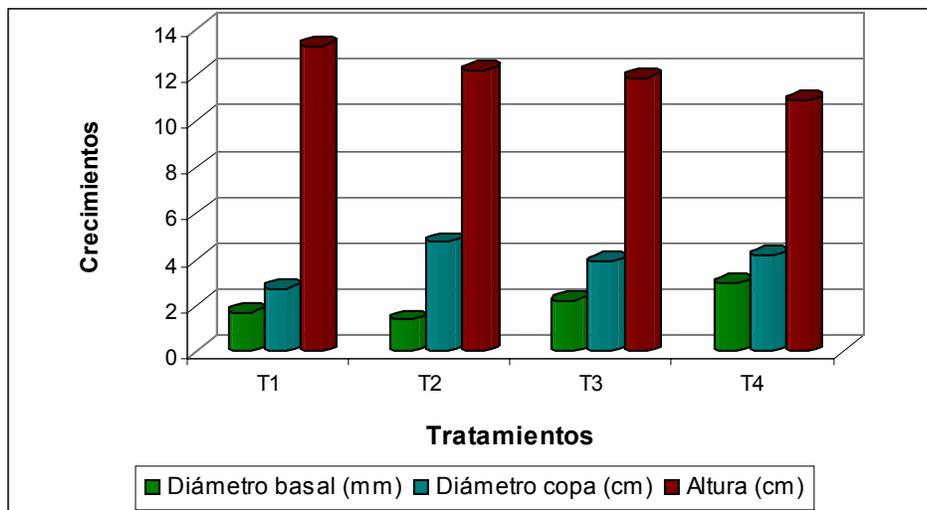


Figura 1. Crecimientos de las variables evaluadas, por tratamiento en la localidad de Buenavista.

Localidad San Antonio de las Alazanas

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Apéndice 2), indicaron que si existen diferencias altamente significativas entre tratamientos en la variable crecimiento en diámetro basal ($Pr > F = 0.0011$), resultando con el mayor crecimiento el Testigo, lo que muestra que los tratamientos de fertilización no tuvieron efecto sobre el crecimiento en diámetro basal. El tratamiento T1 (Dosis menor de urea foliar), mostró crecimientos similares al testigo, en tanto que el tratamiento que arrojó el menor crecimiento fue el T2 (Dosis mayor de urea foliar), con un 59.0 % del crecimiento presentado por el testigo; el tratamiento T3 (Fertilizante de liberación controlada Agriform), mostró un crecimiento ligeramente mayor que el tratamiento T2, que equivale al 59.96 % del testigo (Cuadro 6, 8 y Figura 2).

El anterior comportamiento indica que la aplicación de fertilizante bajo condiciones de escasa humedad disponible, como es el caso de esta localidad no tiene ningún efecto sobre el crecimiento en diámetro basal ya que favorece mayormente al desarrollo foliar del árbol.

Cuadro 6. Crecimiento por tratamiento en la localidad de San Antonio de las Alazanas.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Diámetro de copa (cm)
T1	18.39	4.16	13.50
T2	16.50	3.39	11.94
T3	15.78	3.44	13.03
T4	14.33	5.74	8.67

Con relación al crecimiento en altura, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Apéndice 2), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($Pr>F= 0.1329$). El tratamiento que presentó el mayor crecimiento fue el T1 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta), con un valor de 18.39 cm, seguido por el tratamiento T2 (15 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta). El testigo arrojó el valor más bajo, con 14.33 cm, que equivale al 77.94 % del crecimiento del tratamiento T1 (Cuadro 6 y Figura 2).

La aplicación de una dosis baja de urea foliar (T1), indica que aún cuando no existan diferencias estadísticas en el crecimiento en altura, las diferencias numéricas muestran que se puede promover un crecimiento en altura de 28.30 % superior que el que se obtiene en árboles no fertilizados.

Para la variable crecimiento en diámetro de copa, y de acuerdo con los resultados obtenidos en el ANVA (Apéndice 2), no arrojó diferencias significativas entre tratamientos ($Pr>F= 0.1007$). El tratamiento que mejor respondió a los fertilizantes aplicados fue el T1 que presentó el valor más alto con 13.50 cm, seguido por el tratamiento T3 y el tratamiento T2; y el menor valor correspondió al tratamiento T4 (Testigo), (Cuadro 6 y Figura 2). Con respecto a estos resultados obtenidos muestran diferencias numéricas en cuanto a los árboles fertilizados y no fertilizados, esto es debido a la humedad disponible en el suelo y la rápida absorción del fertilizante foliar por los árboles.

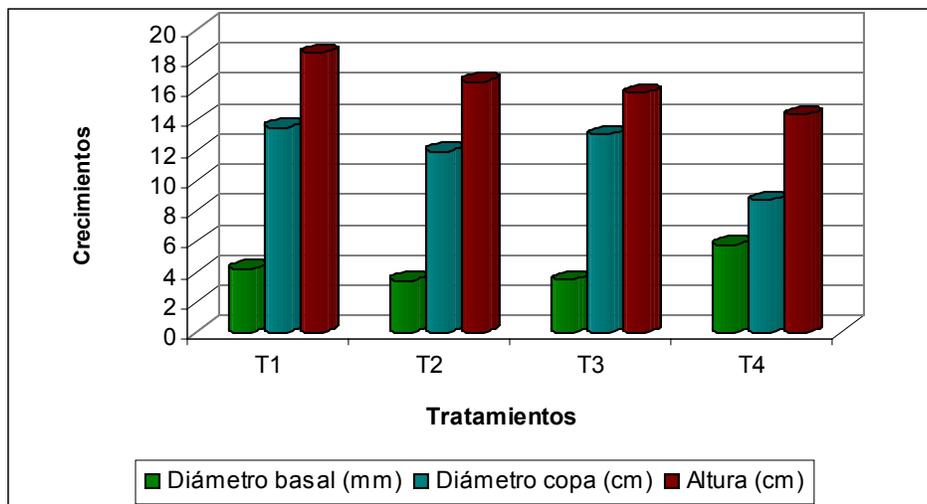


Figura 2. Crecimientos de las variables evaluadas, por tratamiento en la localidad de San Antonio de las Alazanas.

Localidad Rancho el Edén

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Apéndice 3), mostraron que existen diferencias significativas entre tratamientos en la variable crecimiento en diámetro basal ($P > F = 0.0352$), resultando con el mayor crecimiento el tratamiento T1, lo que muestra que los tratamientos de fertilización si tuvieron efecto sobre el crecimiento en diámetro basal. El tratamiento T2 (Dosis mayor de urea foliar), mostró crecimientos similares al tratamiento T1, en tanto que el tratamiento que arrojó el menor crecimiento fue el T3 (Fertilizante de liberación controlada Agriform), con un 32.96 % del crecimiento presentado por el T1; el tratamiento T4 (Testigo) mostró un crecimiento ligeramente mayor que el T3 que equivale al 66.77 % del T1 (Cuadro 7, 8 y Figura 3). El anterior comportamiento indica que la aplicación de fertilizante foliar bajo condiciones de humedad disponible como es el caso de esta localidad si tiene efecto sobre el crecimiento en diámetro basal ya que no favorece mayormente al desarrollo foliar del árbol.

Cuadro 7. Crecimiento por tratamiento en la localidad de Rancho el Edén.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Diámetro de copa (cm)
T1	13.25	4.48	5.44
T2	13.57	3.89	6.36
T3	8.86	1.48	3.88
T4	12.13	2.99	5.38

Cuadro 8. Comparación de medias de Tukey en diámetro basal, por tratamiento de las tres localidades.

Trat. Buenavista	Trat. San Antonio de las Alazanas	Trat. Rancho el Edén
T4 2.96 a	T4 5.74 a	T1 4.48 a
T3 2.23 ab	T1 4.16 ab	T2 3.89 ab
T1 1.71 b	T3 3.44 b	T4 2.99 b
T2 1.41 b	T2 3.39 b	T3 1.48 b

Trat. = Tratamiento

NOTA: Las letras diferentes indican diferencias estadísticas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos.

Con relación al crecimiento en altura, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Apéndice 3), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($Pr > F = 0.3290$). El tratamiento que presentó el mayor crecimiento fue el T2 (15 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta), con un valor de 13.57 cm, seguido por el tratamiento T1 (10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta). El tratamiento T3 arrojó el valor más bajo, con 8.88 cm, que equivale al 65.40 % del crecimiento del tratamiento T2 (Cuadro 7 y Figura 3).

La aplicación de una dosis alta de urea foliar (T2), indica que aún no existan diferencias estadísticas en el crecimiento en altura, las diferencias numéricas muestran que se puede promover un crecimiento en altura de 11.93 % superior que el que se obtiene en árboles no fertilizados.

Para la variable crecimiento en diámetro de copa el ANVA (Apéndice 3), no arrojó diferencias significativas entre tratamientos ($Pr > F = 0.7993$). El tratamiento T2 presentó el valor más alto con 6.36 cm, seguido por el tratamiento T1 y el testigo; el

valor más bajo correspondió al tratamiento T3, con 3.88 cm (Cuadro 7 y Figura 3). De acuerdo a estos resultados se muestran diferencias numéricas esto es debido a la humedad disponible en el suelo y la rápida absorción y asimilación del fertilizante foliar por los árboles.

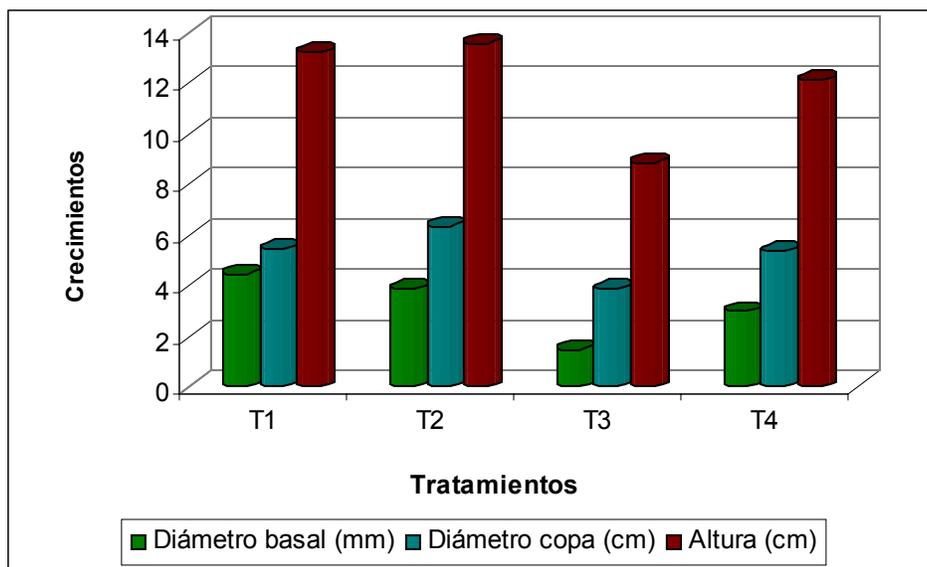


Figura 3. Crecimientos de las variables evaluadas, por tratamiento en la localidad de Rancho el Edén.

Análisis entre localidades

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza (Apéndice 4), indicaron que existen diferencias altamente significativas entre localidades en la variable crecimiento en diámetro basal ($Pr > F = 0.0001$). La localidad que presentó el mayor crecimiento fue San Antonio de las Alazanas, con un valor de 3.96 cm, seguido por la localidad de Rancho el Edén. Y la localidad de Buenavista fue el que arrojó el valor más bajo, con 2.06 cm, que equivale al 52.02 % del crecimiento presentado por la localidad de San Antonio de las Alazanas (Cuadro 9, 10 y Figura 4).

Cuadro 9. Variables de crecimiento de las tres localidades.

Localidad	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Diámetro de copa (cm)
BB	12.10	2.06	3.87
SA	16.52	3.96	12.23
RE	11.90	3.18	5.23

SA = San Antonio de las Alazanas; BB = Buenavista; RE = Rancho el Edén

Cuadro 10. Comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$), para las tres localidades.

Loc.	Altura (cm)	Loc.	Diámetro basal (mm)	Loc.	Diámetro de copa (cm)
SA	16.52 a	SA	3.96 a	SA	12.23 a
BB	12.10 b	RE	3.18 a	RE	5.23 b
RE	11.90 b	BB	2.06 b	BB	3.87 b

Loc. = Localidad; SA = San Antonio de las Alazanas; BB = Buenavista; RE = Rancho el Edén

NOTA: Las letras diferentes indican diferencias estadísticas ($\alpha = 0.05$) entre localidades para cada una de las variables evaluadas.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Apéndice 4), indicaron que existen diferencias altamente significativas entre localidades en la variable crecimiento en altura ($Pr > F = 0.0002$). La localidad que presentó el mayor crecimiento y diferente de los demás fue San Antonio de las Alazanas, con un valor de 16.52 cm, seguido por la localidad de Buenavista. Y la localidad de Rancho el Edén fue el que mostró el valor más bajo, con 11.90 cm, que equivale al 72.03 % del crecimiento presentado por la localidad de San Antonio de las Alazanas (Cuadro 9,10 y Figura 4).

Con relación al crecimiento en diámetro de copa, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Apéndice 4), mostraron que existen diferencias altamente significativas entre localidades ($Pr > F = 0.0001$). La localidad que presentó el mayor crecimiento y diferente de los demás fue San Antonio de las Alazanas, con un valor de 12.23 cm, seguido por la localidad de Rancho el Edén, con un valor de 5.23 cm. Y la localidad de Buenavista fue el que arrojó el valor más bajo, con 3.87 cm, que equivale al 31.64 % del crecimiento presentado por la localidad de San Antonio de las Alazanas (Cuadro 9,10 y Figura 4).

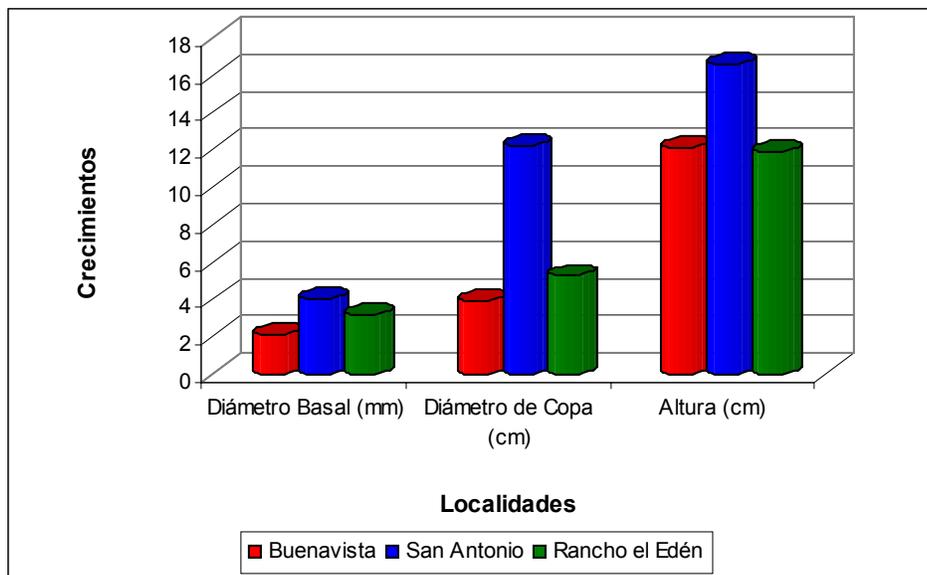


Figura 4. Crecimientos de las variables evaluadas por localidades.

Discusión general

De acuerdo a los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de fertilizantes foliares y de liberación lenta produjeron crecimientos favorables, para las tres localidades bajo estudio, lo que se puede considerar de manera objetiva que se logró cumplir con los objetivos propuestos en la presente investigación.

De acuerdo al presente trabajo, la mejor localidad en respuesta a los tratamientos propuestos resultó ser San Antonio de las Alazanas en la variable crecimiento en diámetro basal, resultando el mejor tratamiento el T4 (Testigo); sin embargo para la variable crecimiento en altura, y para la variable crecimiento en diámetro de copa, el mejor tratamiento para ambos casos en estas variables resultó el T1 (Dosis menor de urea foliar), (Cuadro 6).

Mientras que para la localidad Rancho el Edén, respondió favorablemente a la fertilización durante los ocho meses que duró el experimento, y arrojó la siguiente información: que para la variable diámetro basal, el mejor tratamiento fue el T1

(Dosis menor de urea foliar); por lo tanto para la variable altura y diámetro de copa, el mejor tratamiento para ambos casos en estas variables resultó el T2 (Dosis mayor de urea foliar), (Cuadro 7).

Y por lo último se tiene que para la localidad de Buenavista, no respondió favorablemente a la fertilización durante el experimento, pero para la variable diámetro basal, el mejor tratamiento fue el T4 (Testigo); sin embargo para la variable altura, resultó mejor tratamiento el T1 (Dosis menor de urea foliar); y para la variable diámetro de copa, el mejor tratamiento resultó el T2 (Dosis mayor de urea foliar), (Cuadro 5).

La dosis de fertilizante de 10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por árbol, mostró un efecto superior en el caso de la localidad de Rancho el Edén, en relación a la variable crecimiento en diámetro basal.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la especie y las tres localidades estudiadas, y bajo las condiciones del experimento y a los ocho meses que duró el estudio en la plantación la aplicación de fertilizantes no se tradujo en mejoras en el crecimiento del *P. cembroides*. Se detectaron efectos negativos sobre el crecimiento en diámetro basal, para las dos primeras localidades. El impacto sobre el diámetro basal se hizo notable en la localidad de Rancho el Edén cuando se aplicó una dosis menor de urea foliar. Ya que se obtuvo diferencias significativas y manifestándose un efecto favorable en el crecimiento.

La localidad de San Antonio de las Alazanas respondió mejor al tratamiento de 10 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta, respecto al crecimiento en altura y diámetro de copa, mostrando los valores más altos de todas las localidades.

Para la localidad de Rancho el Edén respondió mejor a la fertilización con la dosis menor de urea foliar para el crecimiento en diámetro basal, mostrando el valor más alto respecto a los tratamientos fertilizados. Y también respondió mejor con la dosis mayor de urea foliar, en el crecimiento en altura y diámetro de copa.

La localidad de Buenavista resultó con los resultados más bajos, solo un poco mayor que Rancho el Edén respecto al crecimiento en altura, con la dosis menor de urea foliar, respecto a los no fertilizados; en tanto que para la variable diámetro de copa, el tratamiento que respondió mejor fue la de dosis mayor de urea foliar.

En relación a la urea foliar la dosis óptima encontrada entre todos los tratamientos probados es la de los tratamientos T1 y T2 (10 y 15 gr. por litro de agua de Lobi*44 por planta). Según los resultados alcanzados se observó crecimientos superiores al tratamiento T3 (Fertilizante de liberación controlada Agriform).

La baja respuesta a la fertilización durante el experimento pudo haberse debido a baja temperatura y escasa humedad disponible en el suelo, lo que dificultó el correcto funcionamiento del fertilizante de liberación controlada.

LITERATURA CITADA

Allen, H. 1897. Forest fertilizers. *Journal of Forestry* 85(2):37-46

Ballard, R. 1984. Fertilization of plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science* 8(1):71-104

Boomsma, D. and Hunter, I. 1990. Effects of water, nutrients and their interactions on tree growth and plantation forest management practices in Australasia: A review. *Forest Ecology and Management* 30:455-476

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. 52 p.

McCullough, D. G. y M. R. Koelling.1996. Manejo Integrado de Plagas para Producción de Árboles de Navidad. *In*: Radcliffe, E. B. y W. D. Hutchison (Eds.): Texto Mundial de MIP, <http://ipmworld.umn.edu>, Universidad de Minnesota, St. Paul, MN. (27 de abril de 2005).

CETENAL. 1975a. Carta topográfica. G14-C33. Escala 1:50,000. Saltillo, Coahuila.

CETENAL. 1975b. Carta geológica. G14-C33. Escala 1:50,000. Saltillo, Coahuila

CETENAL. 1975c. Carta de uso de suelos. G14-C33. Escala 1:50,000. Saltillo, Coahuila

CETENAL. 1977a. Carta edafológica. G14-C35. San Antonio de las Alazanas. Esc. 1:50,000. Arteaga, Coahuila.

CETENAL. 1977b. Carta edafológica. G14-C35. San Antonio de las Alazanas. Esc. 1:50,000. Arteaga, Coahuila.

CETENAL. 1979. Carta topográfica. G14-C35. San Antonio de las Alazanas. Esc. 1:50,000. Arteaga, Coahuila.

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.

Coile, T. 1952. Soil and the growth of forests. *Advances in Agronomy* 4:329-398

Donald, D., Lange, P., Schutz, C. and Morris, A. 1987. The application of fertilizers to pines in Southern Africa. *South African Forestry Journal* 141:53-62

Flores A., E., F. Carrillo A., M. Acosta M., E. Buendía R., M. Zamora M. y J. Islas G. 2004. Plantaciones forestales de árboles de navidad importancia del espaciamiento. INIFAP. Folleto No.1. Campo Experimental Valle de México. Texcoco, Edo. De México. 2p.

Forte C., R., J de D. Benavides S., A. Gallegos R. y A. Rueda S. 2005. Crecimiento de especies tropicales bajo riego y fertilización de una plantación en Tecomán, Colima. *In: Memorias de resúmenes "VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales"*. SOMEREFU-UACH. Chihuahua, Chih, México. Pp.486-487

García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de koppen. Cuarta edición. UNAM. México. 217 p.

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. 119 p.

González, G. 1985. Principios de la fertilización forestal. *In*: Primer taller sobre suelos y fertilización forestal. Chillán, Chile. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Mimeografiado 25 p.

Hausenbuiller, R. 1984. Fertilizers and fertilizer use. Cap. 15. p.390-415. *In*: Robert S. (Ed.). Soil Science: principles and practices. Wm. C. Brown. Washington. USA. 610 p.

Hernández P., V. M. y E. Aldrete M. 1991. Efecto de la estación y sistema de plantación en la adaptación *Pinus cembroides* Zucc., *P. nelsonii* Shaw y *P. pinceana* Gordón, Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. *In*: Memorias IV Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. COTACYT-UAT-UANL. C. Victoria, Tamaulipas, México. Pp. 51-56

Jones, B. and Broerman, F. 1991. The role of fertilization in intensive forest management. *Southern Journal of Applied Forestry* 15:34-37

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

Martín, B. y Bartoli, M. 1974. Ensayos de abonos de pinos tropicales de las sabanas litorales. *Revista de la Potasa*. Berna, Suiza. Sección 22 No. 11:11

Martínez, M. 1948. Los pinos Mexicanos. Segunda edición, Editorial Botas. México D. F. 361p

McMurtrie, R., Benson, M., Linder, S., Running, S., Talsma, T., Crane, W. and Myers, B. 1990. Water/nutrient interactions affecting the productivity of stands of *Pinus radiata*. *Forest Ecology and Management* (30):415-423

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

Mendoza M., J. 2004. Evaluación de una plantación de dos especies de *Pinus* para árboles de navidad, bajo régimen de fertilización en Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 63 p.

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 No.17. Campo experimental Valle de Guadiana. Durango. 26 p.

Monárrez, G. J. C. 2000. Guía para el establecimiento, manejo y comercialización de plantaciones especializadas de árboles de navidad. Tesis profesional. UACH. Texcoco, Edo. de México. 94 p.

Monreal R., S. B. 2004. Árboles naturales de navidad para México, una alternativa para el desarrollo sustentable. http://www.conafor.gob.mx/comunicación_social/Tema_semanal. (22 de mayo de 2005)

Miller, H. 1981. Forest fertilization: Some guiding concepts. *Forestry* 54(2):157-167

Perales de la C., M. A., H. R. Reyes P., J. F. Resendis M. y Ma. G. Ortiz M. 2005. Validación de módulos de producción de pino navideño en Aguascalientes. *In: Memoria de resúmenes. "VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales"*. SOMEREFU-UACH. Chihuahua, Chih, México. Pp. 608-609

Radosevich, S. and Ousteryoung, K. 1987. Principles governing plantenvironment interactions. Cap (5), pp. 105-156. *In: Forest Vegetation Management for Conifer Production*. Walstad J. and Kuch P. (Ed.). Wiley Interscience Publication. Wiley and Sons.

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

Rojas R., F. y G. Torres C. 1989. Árboles de navidad, establecimiento y manejo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie informativa No. 19. 47 p

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

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana. 14:3-21

Santelices R., J. C. Bobadilla., y S. Valenzuela. 1995. Efecto del riego en el establecimiento de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. realizada en primavera. Revista de Ciencias Forestales en Chile.10 (1-2): 15-24

Soberón M., J. 1994. La biodiversidad de México. *In*: Resúmenes IV reunión nacional de plantaciones forestales. SARH-INIFAP. México. Pp. 47

Schlatter, J. 1987. La fertilidad del suelo y el desarrollo de *Pinus radiata* D. Don. Revista Bosque 8(1):13-19

SEMARNAP.1999. La producción de árboles de navidad en México. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. Documento de información al público. 10 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/> (20 de mayo de 2005)

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

Torres E., L. M., A. Cano P., 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.

Torres E., L. M., A. Cano P., y E. Aldrete M. 1991. Adaptación de *Pinus cembroides* Zucc., *P. pinceana* Gordon Shaw, *P. maximartinezii* Rzedowski y *P. halepensis* Miller, en la Sierra de Arteaga, Coahuila. In: Memorias IV Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. COTACYT-UAT-UANL. C. Victoria, Tamaulipas, México. Pp. 51-56

Torres R., J. M. 1994. Establecimiento y manejo de plantaciones. In: Resúmenes IV reunión nacional de plantaciones forestales. SARH-INIFAP. México. Pp. 7

Toro, J. 1995. Avances en Fertilización en *Pinus radiata* Don. y *Eucalyptus* spp en Chile.

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

Villarreal Q., J. A. 1993. Malezas de Buenavista, Coahuila. Ed. México. UAAAN. 269. p.

Will, G. 1985. Nutrient deficiencies and fertilizer use in New Zealand exotic forest. FRI Bulletin No. 97. 53 p

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza para las variables medidas por tratamiento en la localidad de Buenavista.

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Altura	Modelo	3	69.439787	23.146596	0.64	0.5932
	error	94	3417.539805	36.356806		
	Total	97	3486.979592			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro basal	Modelo	3	32.7906756	10.930225	5.19	0.0023
	error	94	198.0819775	2.107255		
	Total	97	230.8726531			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro de copa	Modelo	3	54.515778	18.171926	1.43	0.2377
	error	94	1190.759732	12.667657		
	Total	97	1245.275510			

Apéndice 2. Análisis de varianza para las variables medidas por tratamiento en la localidad de San Antonio de las Alazanas.

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Altura	Modelo	3	115.825397	38.608466	1.94	0.1329
	error	59	1173.888889	19.896422		
	Total	62	1289.714286			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro basal	Modelo	3	40.0019048	13.333968	6.06	0.0011
	error	59	129.8688889	2.201167		
	Total	62	169.8707937			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro de copa	Modelo	3	156.232143	52.077381	2.17	0.1007
	error	59	1413.680556	23.960687		
	Total	62	1569.912698			

Apéndice 3. Análisis de varianza para las variables medidas por tratamiento en la localidad de Rancho el Edén.

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Altura	Modelo	3	107.7453917	35.91513	1.20	0.3290
	error	27	808.9642857	29.96164		
	Total	30	916.7096774			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro basal	Modelo	3	40.4546141	13.484871	3.30	0.0352
	error	27	110.1873214	4.081011		
	Total	30	150.6419355			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro de copa	Modelo	3	24.0934620	8.031154	0.34	0.7993
	error	27	645.1058929	23.892810		
	Total	30	669.1993548			

Apéndice 4. Análisis de varianza de las tres localidades por variable evaluada.

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Altura	Modelo	11	1139.523687	103.59306	3.45	0.0002
	error	180	5400.392980	30.00218		
	Total	191	6539.916667			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro basal	Modelo	11	255.2949372	23.208630	9.53	0.0001
	error	180	438.1381878	2.434101		
	Total	191	693.4331250			

Variable	Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	F cal.	Pr>F
Diámetro de copa	Modelo	11	3011.982517	273.81659	15.17	0.0001
	error	180	3249.546181	18.05303		
	Total	191	6261.528698			