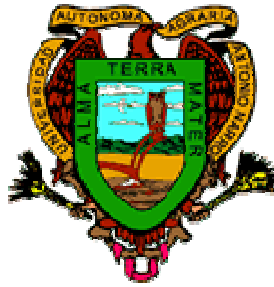


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO "**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**



**Crecimiento Inicial en una Plantación de Árboles de Navidad Tratada con 7 Tipos de Fertilizantes en Saltillo, Coahuila**

**Por:**

**ÁNGEL SALVADOR CORTES PARDO**

**TESIS**

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

**Ingeniero Forestal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2010.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO "**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Crecimiento Inicial en una Plantación de Árboles de Navidad Tratada  
con 7 Tipos de Fertilizante en Saltillo, Coahuila**

**Por:**

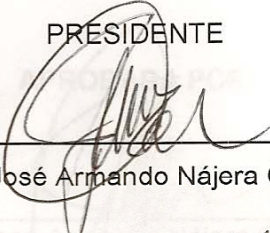
**ÁNGEL SALVADOR CORTES PARDO**

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador, como requisito  
parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

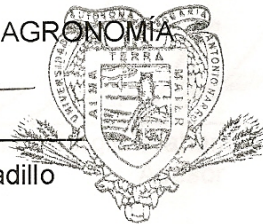
APROBADA

PRÉSIDENTE

  
M.C. José Armando Nájera Castro

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

  
Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo



Coordinación  
División de Agronomía

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2010.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO "**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Crecimiento Inicial en una Plantación de Árboles de Navidad Tratada  
con 7 Tipos de Fertilizante en Saltillo, Coahuila**

**Por:**

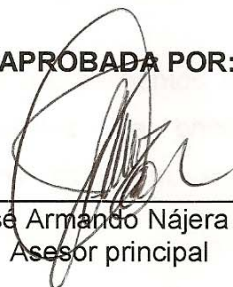
**ÁNGEL SALVADOR CORTES PARDO**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADA POR:**



MC. José Armando Nájera Castro  
Asesor principal



MC. Jorge David Flores Flores  
Asesor



Ing. Sergio Braham Sabag  
Asesor

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2010.**

## **DEDICATORIA**

### **A MI ESPOSA E HIJOS:**

MARTHA ELENA, LEZLY Y SALVADOR

A quien dios puso en mi vida para alentarme y apoyarme en los momentos más felices y difíciles y es una forma de demostrarles el gran cariño y amor que les tengo; además son el principal motivo de mi superación profesional con la presentación de este trabajo.

### **A MIS PADRES:**

ANGEL (+) Y EMMA

Por darme la vida y en especial a mi madre por el esfuerzo que ha hecho por el bienestar, educación y formación como hombre y profesionista y por su gran valentía que tiene de ser madre y padre; por esto y más gracias.

### **A MIS HERMANOS:**

ANGEL Y LUCIA

Quienes compartieron los momentos difíciles y felices de nuestra niñez adolescencia, y quienes me brindaron su apoyo moral y económicamente durante mi formación, en muestra de mi profundo agradecimiento.

### **A MIS ABUELOS:**

PEDRO (+) Y (+) MARIA DE JESÚS

Con amor y gratitud quienes siempre brindaron su apoyo desde mi niñez, de padre y madre, y siempre estuvieron presentes cuando los necesité y también formaron parte directa de mi educación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme salud y permitirme llegar al término de mi carrera, así como la terminación de este trabajo.

A mi asesor principal M.C. José Armando Nájera Castro por su dirección, apoyo y más que nada paciencia para la realización y culminación de este trabajo.

Al Ing. Jorge David Flores Flores por sus sugerencias valiosas en la revisión del documento para mejorar la calidad de este trabajo.

A MC. Luis Morales Quiñones (+) por sus sugerencias y comentarios que fueron fundamentales para el desarrollo del documento.

A Ing. Sergio Braham Sabag por sus valiosas sugerencias y comentarios para la integración del documento.

A mi Alma Tierra Mater, mis maestros de carrera y al Departamento Forestal por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

A mi suegra Anselma Pineda Ramos, quien siempre me ha brindado su apoyo en los momentos más difíciles que se me han presentado y que formo parte de la etapa final para la terminación de este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la generación LXXXVIII de la UAAAN con quienes conviví y formaron parte de mi formación en aulas y prácticas de estudio, y en especial a José Luis Sánchez Montesinos por su gran amistad que me ha brindado y apoyo para la culminación de este trabajo.

## RESUMEN

Durante siete meses se llevó a cabo un experimento en una plantación comercial de árboles de navidad, de tres especies de pino, *Pinus cembroides*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus eldarica*, donde se probaron siete tipos de fertilizantes con la finalidad de evaluar el efecto en el crecimiento inicial del árbol.

El experimento se llevó a cabo en el predio particular denominado San Alberto, municipio de Saltillo, Coahuila, y se analizó bajo el diseño experimental completamente al azar.

Las variables bajo estudio fueron: Diámetro basal, Diámetro de copa y Altura de árbol, teniendo como resultado los incrementos de los mismos.

Los tratamientos evaluados fueron:

1. Química foliar (8 gramos por planta), mediante una aplicación en pastilla, directa al suelo removido.
2. Poliquel (1 cm<sup>3</sup> por planta), tres aplicaciones, en polvo disuelto en agua, se aplicó con una mochila aspersora.
3. Fertisoil (200 gramos por planta), una aplicación directamente en los cajetes de las plántulas.
4. Western fol 66 plus (0.5 gramos por planta), una aplicación foliar en polvo disuelta en agua a través de una mochila aspersora.
5. Triple 17 (12 gramos de i.a por planta), una aplicación, directa al suelo en forma granulada.
6. Triple 17 + Poliquel (2 gramos de i.a + 1 cm<sup>3</sup> por planta),
7. Foltron plus (0.75 m<sup>3</sup> por planta), fue una aplicación en polvo disuelta en agua por medio de una mochila aspersora.
8. Testigo (ninguna aplicación).

Los resultados obtenidos arrojaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ), para las variables bajo estudio, por el efecto de la aplicación de los fertilizantes, como se menciona continuación:

En *Pinus cembroides* y *Pinus eldarica* en las tres variables evaluadas como son Incremento en Diámetro Basal (IDB), Incremento en Diámetro de Copa (IDC) e Incremento en altura del Árbol (IAA), se observó mayor respuesta a la aplicación de los tratamientos y en *Pinus ayacahuite* si se obtuvieron resultados favorables en las variables, Incremento en Diámetro Basal (IDB) e Incremento en altura del Árbol (IAA) ya que en el Incremento en Diámetro de Copa (IDC) se mostró menor vigor en el desarrollo del follaje.

Con respecto a los tratamientos aplicados, los que mostraron los mayores resultado en los incremento, en orden decreciente fueron el T4 (Western fol 66 plus 0.5 gramos/planta una sola aplicación); T1 (Química foliar con una aplicación de 8 gramos/planta, con una sola aplicación); T2 (Poliquel 1cm<sup>3</sup>/planta disuelta en agua con tres aplicaciones). Los tratamientos que presentaron los menores valores fueron T6 (Triple 17 + Poliquel 2 gramos de i.a + 1 cm<sup>3</sup> por planta con una aplicación); T7 (Foltron plus 0.75 m<sup>3</sup> por planta con una aplicación) y el T8 (Testigo sin ninguna aplicación).

El tratamiento T4 (0.5 gramos por planta en una aplicación foliar, disuelta en agua) fue el de mejor resultado, para las tres especies bajo estudio y en las tres variables medidas y evaluadas seguido por los tratamientos T1 (con una aplicación en pastilla de 8 gramos/planta), T2 (1 cm<sup>3</sup> por planta disuelta en agua con tres aplicaciones), T3 (200 gramos por planta en una aplicación) y T5 (12 gramos de i.a. por planta en una aplicación directa al suelo en forma granulada). El menos favorable para las tres especies fue el T8 (Testigo sin ninguna aplicación).

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Uso de árboles de navidad.....	4
2.2 Características de los árboles de navidad.....	4
2.3 Especies importantes.....	5
2.4 Producción de árboles de navidad en México y en el mundo.....	5
2.5 Precios de árboles de navidad.....	6
2.6 Técnicas de Producción.....	6
2.6.1 Plantación.....	6
2.6.2 Manejo de plantación.....	8
Deshierbe.....	8
Poda de conformación.....	9
Fertilización.....	10
2.7 Manejo de nutrición en especies forestales.....	11
2.8 Efectos negativos de la fertilización.....	12
2.9 Selección de las especies.....	13
Características deseables que debe tener un árbol de navidad.....	13
2.10 Descripción de las especies seleccionadas.....	14
<i>Pinus cembroides</i> .....	14
<i>Pinus ayacahuite</i> .....	15
<i>Pinus eldarica</i> .....	16
2.11 Trabajos afines.....	17
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Localización del área.....	19
Ubicación.....	20
Clima.....	20
Hidrología.....	21



Suelo y geología.....	21
Vegetación.....	21
Fauna.....	22
3.2 plantación.....	22
Sistema de plantación.....	22
3.3 Metodología.....	23
Especies utilizadas.....	24
Diseño experimental.....	24
Tratamientos de nutrición.....	24
Descripción de los fertilizantes.....	25
Parámetros evaluados.....	26
Establecimiento del experimento.....	26
Variables a Evaluar.....	27
3.3 Tratamiento de la información.....	27
Análisis estadístico.....	27
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 <i>Pinus cembroides</i> .....	28
Diámetro basal.....	28
Diámetro de copa.....	29
Altura del árbol.....	29
4.2 <i>Pinus ayacahuite</i> .....	31
Diámetro basal.....	31
Diámetro de copa.....	31
Altura del árbol.....	32
4.3 <i>Pinus eldarica</i> .....	33
Diámetro basal.....	33
Diámetro de copa.....	34
Altura del árbol.....	35
V CONCLUSIONES.....	37
VI RECOMENDACIONES.....	38
VII LITERATURA CITADA.....	39
APÉNDICE.....	43

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus cembroides</i> por tratamiento en la variable diámetro basal (IDB).....	28
Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus cembroides</i> por tratamiento en la variable diámetro de copa (IDC).....	29
Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus cembroides</i> por tratamiento en la variable en altura del árbol (AAB).....	30
Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus ayacahuite</i> por tratamiento en la variable diámetro basal (IDB).....	31
Cuadro 5. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus ayacahuite</i> por tratamiento en la variable diámetro de copa (IDC).....	32
Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus ayacahuite</i> por tratamiento en la variable altura del árbol (AAB).....	32
Cuadro 7. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus eldarica</i> por tratamiento en la variable diámetro basal (IDB).....	34
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus eldarica</i> en diámetro de copa (IDC).....	34
Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Tukey de la respuesta de incremento en <i>Pinus eldarica</i> en altura del árbol (AAB).....	35

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incrementos totales en diámetro basal (IDB), diámetro de copa (IDC) y altura de árbol (IAA) por tratamiento en <i>Pinus cembroides</i> .....	30
Figura 2. Incrementos totales en diámetro basal (IDB), diámetro de copa (IDC) y altura de árbol (IAA) por tratamiento en <i>Pinus ayacahuite</i> .....	33
Figura 3. Incrementos totales en diámetro basal (IDB), diámetro de copa (IDC) y altura de árbol (IAA) por tratamiento en <i>Pinus eldarica</i> .....	36

## I. INTRODUCCIÓN

En México se utilizan tradicionalmente en la época decembrina especies forestales como adornos navideños. Esta tradición es una costumbre que ha perdurado a través de los años. El árbol de navidad generalmente es un producto de importación, dada la escasa producción nacional, por lo que siempre se encuentra al alcance de todas las clases sociales. Una alternativa para la producción de árboles de navidad es establecer plantaciones comerciales (Rubio, 1973).

Por falta de información, hay quienes piensan que para proteger a los bosques, debería favorecerse la producción de árboles de navidad artificiales y prohibir al mismo tiempo la venta de árboles naturales; nada tan falso como eso. La mejor manera de proteger a los bosques consiste en estimular el cultivo de árboles de navidad en todos los sitios ecológicamente propicios para su desarrollo comercial. Esto es cuestión de lógica, pero desafortunadamente, mucha gente aun no está convencida de ello (SEMARNAP, 1992).

México cuenta con las características fisiográficas y climáticas óptimas para el cultivo de árboles de navidad, por lo cual, este tipo de proyectos tienen amplias posibilidades de éxito, y además, su desarrollo es necesario para evitar que el país siga gastando divisas en la importación de este producto natural.

El fomento al establecimiento de plantaciones forestales comerciales para la producción de árboles de navidad, permite la reincorporación al uso forestal de terrenos que actualmente carecen de cubierta arbórea, así como la captura de carbono a través de la fotosíntesis, y a su vez evita la extracción clandestina de árboles pequeños en los bosques naturales.

El éxito de las plantaciones forestales, está en función de una serie de factores de carácter ambiental, entre los que destacan la disponibilidad de nutrientes en el sitio de plantación. Este factor se da en forma natural, sin embargo el hombre puede modificar su forma y su contenido a través de un procedimiento clásico en las actividades silvoagropecuarias, como lo es la fertilización.

El poco interés que se ha prestado al aspecto de fertilización es muy común en México, debido a las actividades que se requieren para el manejo de las plantaciones y por la falta de información que se tiene de los beneficios que genera la nutrición forestal (Binkley, 1993).

Este trabajo plantea la evaluación productiva de una plantación forestal comercial de especies adaptadas a la región, mediante la aplicación de fertilizantes, utilizados en los procesos tradicionales de siembra y plantaciones forestales.

El estudio se realizó en el predio particular San Alberto, localizando en el municipio de Saltillo, Coahuila, con el propósito de probar varias especies del genero *Pinus*, usando diferentes fertilizantes en la producción de árboles de navidad.

**PALABRAS CLAVE:** Árboles De Navidad, Plantación, Especies De Pinos, Fertilizantes, Crecimiento

## 1.1 Objetivos

Los objetivos planteados para el presente trabajo de investigación son:

### Objetivo general

Evaluar el efecto de varios tipos de fertilizante en el desarrollo inicial de una plantación de árboles de navidad, de *Pinus cembroides*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus eldarica*.

### Objetivos específicos

1. Determinar si existe efecto y diferencias en el crecimiento en altura, diámetro basal y cobertura de copa de los árboles, con la aplicación de varios tipos de fertilizantes.
2. Determinar si la fertilización al suelo, foliar y combinada tiene efecto significativo en el desarrollo inicial de los árboles.

## 1.2 Hipótesis

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

Ho: Todos los fertilizantes promueven en forma similar el crecimiento en altura, diámetro basal y cobertura de copa, de las especies estudiadas.

Ha: Al menos un fertilizante promueve los crecimientos en forma diferente en alguna de las especies estudiadas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Uso de árboles de navidad

El uso de los árboles naturales para adornos de los hogares durante la temporada de navidad, tuvo su origen en Alemania alrededor del año 1500; esta costumbre pronto se generalizó en Europa, siendo introducida más tarde en Norteamérica, probablemente por inmigrantes alemanes, en el 1804. El cultivo en escala comercial se origino en los Estados Unidos y varios autores se refieren a su introducción al mercado Norteamericano en el año 1840 (Solís, 1962 citado por Chapa, 1976).

En México empezó la importación en 1952, procedente de Estados Unidos y Canadá (SEMARNAP, 1999). Al inicio de los años 70” el poder ejecutivo declaró de interés público el establecimiento y funcionamiento de viveros para la producción y multiplicación de pináceas a nivel nacional, a fin de satisfacer las demandas anuales para los llamados árboles de navidad y evitar la fuga de divisas que la importación trae consigo (Chapa, 1976).

### 2.2 Características de los árboles

Las características del producto final deben estar en función a lo que exija el mercado, es decir, por lo regular se exige un árbol de copa cónica perfecta y un follaje tupido (SEMARNAP, 1999).

Los árboles de navidad se clasifican de acuerdo a las categorías siguientes:

*Premium:* Árbol de navidad perfecto, frondoso, de follaje por las cuatro caras sin defecto alguno.

*Numero 1:* Árbol de densidad media a abundante, con follaje frondoso por

tres caras.

4

*Regular:* Follaje de densidad ligera a mediana con pequeñas imperfecciones.

*Económico:* Árbol de navidad de menor calidad al mejor precio posible.

## 2.3 Especies importantes

Las especies forestales más importantes que se utilizan a nivel nacional para la producción y comercialización de árboles de navidad son: *Pinus ayacahuite* (Pino vikingo), *Abies religiosa* (Oyamel), *Cupressus lindleyi* (Cedro blanco), *Pinus cembroides* (Pino piñonero), *Thuja spp* (Tuya), *Chamaecyparis spp*, *Pinus greggii*, *Pinus brutia var. Eldarica*, *Abies guatemalensis*, *Cupressus arizonica*, *Pinus halapensis*, *Pinus patula*, *Pinus radiata*, y *Psuedotsuga menziessi* (SEMARNAP, 1999; Solís, 1962).

Las especies más importantes que se utilizan en Estados Unidos son: *Abies balsamea*, *Pseudotsuga menziessi*, *Abies fraseri*, *Abies nobilis*, *Pinus silvestris* y *Pinus virginiana*, (SEMARNAP, 1999).

## 2.4 Producción de árboles de navidad en México y en el Mundo

En México actualmente existen alrededor de 560 productores de árboles de Navidad registrados, de los cuales unos 470 los cultivan en viveros especializados y el resto en plantaciones forestales comerciales (SEMARNAP, 1999).

La superficie total dedicada al cultivo de árboles de navidad es aún pequeña, ya que apenas supera 1,900 hectáreas. La producción anual promedio es de 600,000 unidades, por lo que todavía se debe importar hasta un millón de árboles de Navidad por año, dependiendo de la demanda (SEMARNAP, 1999).

Se tienen más de 94 plantaciones a nivel nacional que cubren una superficie aproximada de 699 hectáreas en once estados.



Los estados con superficie cultivada con árboles de navidad son, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz (SEMARNAP, 1999).

En el mundo existen alrededor de 1500 productores de árboles de navidad y más de 100,000 personas empleadas de tiempo completo o parcial por esta industria; existen aproximadamente 12,000 fincas en Estados Unidos y Canadá en donde se puede escoger directamente del árbol que la persona desea (Creteplan, 2001).

En América del Norte se venden aproximadamente 33 millones de árboles de navidad cada año, los cuales son producidos en 55 estados y provincias de Estados Unidos y Canadá; existen alrededor de un millón de acres (400,000 hectáreas) plantadas con este fin. Los estados con mayor producción en Estados Unidos son: Oregón, Carolina del Norte, Pensilvania, Michigan, Washington y Wisconsin; en Canadá: la Provincia de Quebec que produce más del 50% del país (Creteplan, 2001).

## **2.5 Precio de los árboles de navidad**

Los precios de los árboles de navidad varían de acuerdo a la especie, región y calidad de los árboles. Así, para el sistema “escoger y cortar por usted mismo su árbol en la zona de Amecameca, estado de México, el precio de los árboles para Diciembre de 1999 fue de \$ 350 por árbol, incluyendo las especies más, comunes *Pinus ayacahuite var. veitchii* y *Pseudotsuga macrolepis*.

En cambio en la zona Río frío en este mismo estado el precio varió entre \$ 200 y \$ 250. Para la región del Valle de Guadiana en el estado de Durango y la especie de *Pinus greggii*, los árboles se vendieron entre \$ 100 y \$ 150 por árbol, de acuerdo a la calidad y tamaño (SEMARNAP, 1999).

## 2.6 Técnicas de producción

### Plantación

La densidad de las plantaciones está en función a la relación entre los objetivos silvícolas y los de organización. Por ejemplo, puede ser deseable el hacer una plantación a corta distancia para lograr lo antes posible el cierre de la cubierta de copa con la supresión consiguiente de malas hierbas y la realización del período de deshierbe, pero si la humedad del suelo es un factor limitante en cierta época del año, puede ser necesario un espaciamiento mayor para evitar que la plantación se paralice debido a una falta de humedad (Chapman, 1978).

La densidad dependerá de los proyectos que se tengan para aprovechar los árboles en menor o mayor tiempo.

Si se desea cortar o extraer con raíz entre los tres y cinco años, se pueden colocar a distancias cortas, pero para dejarlos desarrollar hasta que tomen la forma adecuada, lo que requiere de 8 – 10 años por lo menos, se necesita una distancia amplia.

La práctica nos ha mostrado que una distancia de 1.50 es buena para tener los arbolitos hasta de 9 años, y que su forma no sufre si se hacen las podas de conformación en forma regular (Solís, 1962).

Las densidades de las plantaciones están en función a los objetivos que se tengan para la producción de buenos árboles, e influye el espaciamiento entre árboles.

Patiño (1994), menciona que el espaciamiento mayor tiene más influencia en el desarrollo en diámetro que en el crecimiento en altura de los árboles; el aumento en

diámetro, en función del aumento en el espaciamiento entre los árboles, ha sido comprobado por numerosos trabajos experimentales. 7

Solís (1962), utilizó con buenos resultados los espaciamientos para "árboles de Navidad" señalado en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Espaciamientos utilizados en producción de árboles de navidad.

<b>Distancia en metros</b>	<b>Número de árboles por ha.</b>
0.90 x 0.90	11,954
1.20 x 1.20	6,723
1.50 x 1.50	4,297
1.80 x 1.80	2,998
2.10 x 2.10	2,198
2.40 x 2.40	1,697

### Manejo de la plantación

El manejo de las plantaciones, necesario para crear condiciones favorables para la supervivencia de las plantas después de la plantación, y para estimular un crecimiento sano y vigoroso hasta que la plantación quede bien establecida, incluye diversas actividades culturales (Chapman, 1978), que se describen a continuación:

#### Deshierbe

Casi terminada la temporada de lluvias, aproximado por el mes de octubre, es cuando se requiere más la limpieza de la plantación por la propagación de innumerables hierbas y plantas silvestres; si se deja crecer libremente, los arbolitos son dominados; se requiere unos tres años para que los árboles, una vez que estén bien establecidas las raíces en el terreno, empiecen a crecer en forma notable en su parte aérea y alcancen unos 30 a 35 cm. de altura.

El arbolito desarrollará su tronco principal a partir de los 3 a 5 años. A partir del 6º año, el crecimiento en altura varía entre los 50 y 70 cm, pero el aspecto del árbol será pobre por la falta de ramas laterales y por lo tanto será poco apreciado en el mercado.

Debido a esto se ideó la forma de detener el excesivo crecimiento en altura y buscar mayor desarrollo de copa a través de las llamadas podas de conformación.

#### Poda de conformación

Consiste en recortar la yema terminal del arbolito y conformar la copa dándole una forma cónica bien recortada; esta labor de cultivo es una de las más necesarias en la producción de árboles de navidad.

A partir del cuarto año, cuando los arbolitos han alcanzado una altura de 90 cm. debe iniciarse la poda de conformación que les dará la forma definitiva. Se hace cortando la yema terminal cuando esta presenta una longitud mayor de 25 cm del crecimiento anterior. Esto suspende el crecimiento en altura, y si al mismo tiempo se cortan las ramas laterales, entonces el crecimiento se intensificara en estas ramas, y las primarias que existan, engrosarán y darán mejor aspecto al árbol. Al siguiente año se repite la poda, cortando los brotes nacidos alrededor de la yema terminal dejando solamente uno pero limitando su longitud a unos 25 – 30 cm y se vuelve a cortar las puntas de las ramas buscando la forma armoniosa del arbolito (Solís, 1962).

Las ventajas que se tienen con esta actividad son:

- Permite conformar los árboles según la preferencia de los mercados.
- La poda hace que el árbol produzca más ramas primarias y secundarias a lo largo del tronco principal y sean más fuertes.

- Las ramas se distribuyen mejor a lo largo del tallo principal.

Solís (1962), recomienda que la poda debe iniciarse unos días antes de que inicie la primavera.

La época más recomendable para la poda (Montoya, 1996), es la del reposo vegetativo invernal, respetando los periodos de fuertes heladas donde ramas y corteza se vuelven quebradizas (Montoya, 1996).

### Fertilización

Los árboles requieren que el suelo contenga en cantidades suficientes los trece elementos que son esenciales para un crecimiento sano y vigoroso. Estos elementos son los macronutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Calcio y Azufre; los micronutrientes son: Boro, Cobre, Hierro, Zinc, Manganeso, Cloro y Molibdeno (Tisdale, 1982).

Es necesario efectuar aplicación de fertilizantes con el tipo de elemento nutritivo apropiado, en dosis congruentes con las necesidades de cada una de las especies, con la finalidad de reducir el tiempo de producción y proporcionar las características de vigor y resistencia al ataque de plagas y enfermedades (García 1985).

Esta actividad de aplicación de fertilizantes es de suma importancia y la razón es que hace posible el desarrollo de los árboles elegidos en estaciones en que no se logra el crecimiento adecuado de los árboles debido a una falta general de fertilidad de los suelos. Así también acelera el ritmo de crecimiento de los árboles después de la plantación, aumentando las posibilidades de supervivencia y acorta la fase de establecimiento de la misma (Chapman, 1978).

Se debe usar fertilizantes, por ejemplo cuando la deficiencia de Nitrógeno causa que el árbol sea incapaz de desarrollar las agujas verdes, más pesadas y más oscuras

y un aumento notable de brotes, obteniendo un árbol de color verde fuerte (Landgrend, 1983).

10

La fertilización se debe practicar cuando las plantas ya miden 10 cm de altura. Con esto se logra la formación de un mayor sistema aéreo (Cozzo, 1976).

## **2.7 Manejo de la nutrición en especies forestales**

En algunos terrenos cultivados existen suficientes nutrientes para el desarrollo y crecimiento de los árboles de navidad, sin embargo las hojas cloróticas, los brotes ralos y un crecimiento excesivamente bajo ocurren en las plantaciones con deficiencias nutricionales, por ello es la recomendación de fertilización de elementos esenciales (Baule, 1981).

La función de los elementos principales se describe a continuación.

**Nitrógeno:** Es esencial en todos los tejidos vegetales, da un color verde oscuro y las hace más suculentas, fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación del follaje verde oscuro de buena calidad, facilitando la producción de carbohidratos, ayudando a la succulencia, y a un aumento notable de brotes, y obteniéndose un árbol de color verde fuerte. La fertilización con Nitrógeno incrementa la capacidad de intercambio de cationes de la raíz de la planta, y por consiguiente, hace que sea más eficaz para la absorción de otros nutrientes, y da un intenso color verde a las hojas (Tamhane, 1978).

**Fósforo:** El efecto más evidente del fósforo se observa sobre el sistema de raíces de la planta; fomenta la formación de raíces laterales y fibrosas, lo que aumenta la absorción de nutrientes de la superficie; aumenta la resistencia a las enfermedades de las plantas; favorece a la fotosíntesis y respiración de la planta; da un color verde a las hojas, y mayor crecimiento; las raíces proliferan extensamente en el área (Tamhane, 1978).

**Potasio:** Incrementa la eficacia de la hoja para elaborar azúcares y almidón; ayuda a mantener la permeabilidad de la célula y ayuda el traslado del lugar de los carbohidratos, aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades: mejora la

calidad de la planta; fomenta la formación del follaje de buena calidad y mantiene más adecuadas las cantidades de agua en las plantas (Tamhane, 1978).

11

**Azufre:** Propicia un mayor crecimiento de las raíces de los árboles y juega un papel importante en la respiración de las plantas. La ausencia de este elemento retarda el crecimiento de la planta (Pritchett, 1990).

**Calcio:** Es un elemento requerido por todas las plantas superiores; estimula el desarrollo de los brotes, así como en los tejidos apicales de las raíces; estimula la emergencia y desarrollo de nuevas hojas (Pritchett, 1990).

**Magnesio:** La ausencia de este elemento impide a las plantas verdes autótrofas llevar a cabo la fotosíntesis; es un elemento móvil y se traslada rápidamente de las partes viejas a las jóvenes en caso de deficiencia; esta se muestra como una clorosis entre los nervios de las hojas, en el cual los nervios solamente, permanecen verdes (Landis, 1997).

**Boro:** La ausencia de este mineral causa el cese del crecimiento del brote terminal, seguido de la muerte de las hojas jóvenes; las plantas se vuelven de color verde pálido, perdiendo más color en la base que en el ápice; las hojas se retuercen y mueren (Landis, 1997).

**Cobre:** La respuesta en los árboles a la ausencia de este elemento se nota como alteración de las ramas terminales y principales laterales, a menudo seguido por la defoliación y necrosis; las ramas nuevas de algunas especies son suaves y pueden curvarse en forma de S (Pritchett, 1990).

## **2.8 Efectos negativos de la fertilización**

Una cantidad inadecuada de los elementos esenciales de las plantas disminuye el crecimiento y pone al cultivo en condiciones indeseables, tales como incremento en enfermedades, rompimiento de tallo y susceptibilidad a otras condiciones de estrés (Potash Phosphate Institute, 1988).

Los fertilizantes pueden estimular una competencia excesiva entre otras especies nativas y de árboles jóvenes (Pritchett, 1990).

12

Las dosis altas de fertilización pueden ser causantes de crecimiento desmedido en la parte aérea y/o toxicidad de la planta, así como inhibición del desarrollo micorrícico. También la aplicación excesiva de fertilizantes, restringe el desarrollo radical en plántulas de *Pinus*, encontrándose también un efecto negativo de la alta concentración de nutrientes sobre la micorrización con inoculo artificial. Provoca también una prolongación del estado suculento de los tejidos, ocasionando la producción tardía de ramillas y una reducción en la capacidad de sobrevivencia y crecimiento de la planta en campo (Iglesias, 1992).

## **2.9 Selección de las Especies**

Características deseables que debe tener un árbol de navidad:

1. Retención de las hojas desde el tiempo de corta, hasta el final de las fiestas de navidad, por lo que deben durar cuando menos un mes sin caerse.
2. Forma regular y simétrica, preferentemente cónica.
3. Ramas bien distribuidas a lo largo del tronco principal, sin huecos en el follaje y muy resistentes, adecuadas para soportar diferentes adornos e instalaciones eléctricas.
4. Suficiente follaje no espinoso.
5. Olor fragante.
6. No debe tener ramillas secas, ser de un color verde uniforme y que puedan ser amarradas compactamente para su envío, sin romperse y recuperar su forma cuando se desempaque (Chapa, 1976).



## 2.10 Descripción de las especies seleccionadas

*Pinus cembroides*

Taxonomía

Reino : Metaphyta

División : Spermatophyta

Clase : Pinophyta

Orden : Pinales

Familia : Pinaceae

Género : *Pinus*

Especie : *cembroides*

Origen: Es una especie nativa del centro y norte de México, y del Sur de Estados Unidos.

Características fenotípicas: Árbol de 5 a 15 metros de altura, de tronco corto y ramaje ralo sobre todo en terrenos muy secos, las ramas comienzan desde muy poca altura y son muy extendidas, delgadas agrietadas y divididas en placas, las ramillas son grisáceas y ásperas, las hojas se encuentran en grupos de 3 a 4, miden de 2.5 – 7 cm. de largo, de color verde oscuro, algo azulado pálido, a veces amarillento y frecuentemente glauco en las caras internas (Martínez, 1948).

Características especiales: Tienen gran potencial de adaptación y resistencia a condiciones climáticas extremas, como son: gran amplitud térmica, heladas, precipitación anual variable, periodos de sequía prolongadas, se desarrollan en áreas de clima templado seco o semiseco, se desarrollan en laderas y planicies (Roberts, 1971).

Distribución: Se distribuye en Baja California, Sonora, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, Durango, Jalisco, Querétaro, Hidalgo, Puebla Tlaxcala y Coahuila (García, 1998).

*Pinus ayacahuite*

14

#### Taxonomía

Reino : Metaphyta

División : Spermatophyta

Clase : Pinophyta

Orden : Pinales

Familia : Pinaceae

Género : *Pinus*

Especie : *ayacahuite*

Origen: Es una especie nativa de la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur de México.

Características fenotípicas: Árbol de unos 30 metros de altura, corteza morena rojiza, hojas en grupos de 5, por lo general delgadas, en fascículos espaciados; de color verde intenso, azulado triangulares, glaucas en sus caras internas, de bordes aserrados, con dientecillos separados, vaina caediza; de copa cónica y aguda, conos subcilíndricos, con abundante resina amarilla, algo encorvado de color amarillento con tintes anaranjados o ligeramente rojizo o levemente ocre, lustrosos conservando su brillo en la vejez, de 15 a 25 cm. de largo sobre pedúnculos fuertes de 20 a 25 cm (Martínez, 1948).

Características especiales: Común en cañadas y laderas húmeda, de exposición al norte o al oeste especialmente; tienen un alto valor estético y es una especie del gran potencial adaptativo (García, 1998).

Distribución: Es una especie común en el centro y sur de México, se le encuentra en Chihuahua, Durango, Nuevo León, Zacatecas, Sinaloa, Jalisco, en altitudes que van de los 1000 a 2833 msnm (Martínez, 1948).

15

*Pinus eldarica*

Taxonomía

Reino : Metaphyta

División : Spermatophyta

Clase : Pinophyta

Orden : Pinales

Familia : Pinaceae

Género : *Pinus*

Especie : *eldarica*

Origen: Es originario de áreas semidesérticas de Georgia, en la región Transcaucásia.

Características fenotípicas: Árbol de una altura de 15 a 20 metros, con un diámetro de copa de 8 a 12 metros, follaje denso con una coloración verde oscura, de hojas en grupos, de 8 a 15 cm de largo y 1 a 1.5 mm de ancho, algo retorcidas de color verde intenso. Árbol de copa piramidal redondeada, corteza del tronco y ramas de color café amarillento muy pálido, casi lisa.

Características especiales: Es una especie tolerante a los más variados tipos de suelo, con un pH de 6.5 – 8.5; esta especie ya establecida soporta condiciones drásticas de sequía, es de rápido crecimiento y responde a la fertilización adecuada bajo condiciones óptimas, es tolerante a grandes cantidades de plagas y enfermedades, principalmente a los hongos del suelo (García, 1998).

Distribución: Se localiza en el sureste de Tbilisi, Georgia, Afganistán (Mirov, 1967).

16

## 2.11 Trabajos a fines

Rubio (1973), realizó un estudio en el Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, donde se observaron las especies *Pinus strobus* var. *chiapanesis*, *Pinus ayacahuite* var. *Veitchii*, *Pinus patula*, *Pinus maximartinezii*, *Pinus rzedowski*, *Cupressus lindleyi*, *Cupressu arizonica* y *Abies religiosa*, con el fin de analizar adaptabilidad, desarrollo y forma de copa, color de follaje, y encontró que a los tres años de establecida la plantación las especies *Pinus strobus* var. *chiapanesis* y *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, presentaron las mejores características para ser recomendadas como árboles de navidad.

García (1985), en un experimento realizado sobre *Pinus elliotii* y *Araucaria angustiflora*, determinó que una sola fertilización proporcionó más de 10 cm de altura en 30 días, con lo que se pudo llegar a 25 cm de altura en el momento de plantar en el campo. Sin embargo, Enríquez (1994), señala las dosis 125-75-75 de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, en partes por millón utilizadas para fertilizar *Cupressus sp* disuelta en agua de riego aplicadas cada 15 días, promovieron más del doble de crecimiento en altura, en comparación con las plantas testigos y duplicando la dosis anterior 250-150-150 de NPK, se obtuvo un menor crecimiento en altura pero, más crecimiento que el testigo.

Bara (1986), realizó una fertilización con Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio sobre plantas de *Pinus radiata*, empleando 200 kg por ha de superfosfato amónico; 300 kg por ha de superfosfato; 250 kg. por hectárea de cloruro de potasio y 2500 de

dolomita. Las plantas fertilizadas tuvieron un apreciable incremento en altura y logran triplicar el volumen de biomasa con respecto a las plantas no fertilizadas.

Saldivar (1982) en un ensayo de fertilización en una plantación de cinco especies forestales en San Miguel Coatichan, estado de México, las cuales fueron, *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lindleyi*, *Pinus greggii* y *Pinus michoacana*, probaron 11 tratamientos y un testigo, aplicando diferentes dosis de NPK como son, 1: 40-0-0; 2: 0-30-0; 3: 40-30-00; 4: 80-30-0; 5: 40-60-0; 6: 80-60-0; 7: 120-60-0; 8: 80-90-0; 9: 80-60-50; 10: 80-60-0 más 4.5 kg de composta; 11: 0-0-0 más 4.5 kg de composta y testigo 0-0-0 estudiando la variable incremento en altura, obtuvo los siguientes resultados: En *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lindleyi*, los 11 tratamientos que se probaron propiciaron un mayor incremento en altura respecto al testigo, pero este fue mayor en la dosis alta de N para *Pinus greggii* y *Pinus michoacana*; los mejores incrementos se registraron en el tratamiento que tuvo solo composta.

Bruns (1973), en un estudio realizado dio a conocer respuestas favorables a la fertilización en plantaciones de *Abies balsamea*, con aplicación de 45 gr de Nitrógeno, 50 gr de Fósforo y 55 gr de Potasio, por árbol obteniéndose aumento en el crecimiento de las puntas entre un 45 y un 70 %, desde casi 15 cm por año hasta 22 a 26 cm por año. La fertilización no redujo la calidad estética de los árboles, ya que también aumentó el número de ramificaciones y yemas internodales. Los árboles que no fueron fertilizados produjeron 0.51 yemas por centímetro de la punta, mientras que los que se fertilizaron produjeron 0.56 yemas por centímetro. El mismo autor también observó que la fertilización mejoró el color de las acículas, aumentando aún más el valor estético de los árboles.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización del área**

La presente investigación se llevó a cabo en una plantación comercial de árboles de navidad ubicada en el predio particular denominado “San Alberto”, localizado en el Municipio de Saltillo, Coahuila.

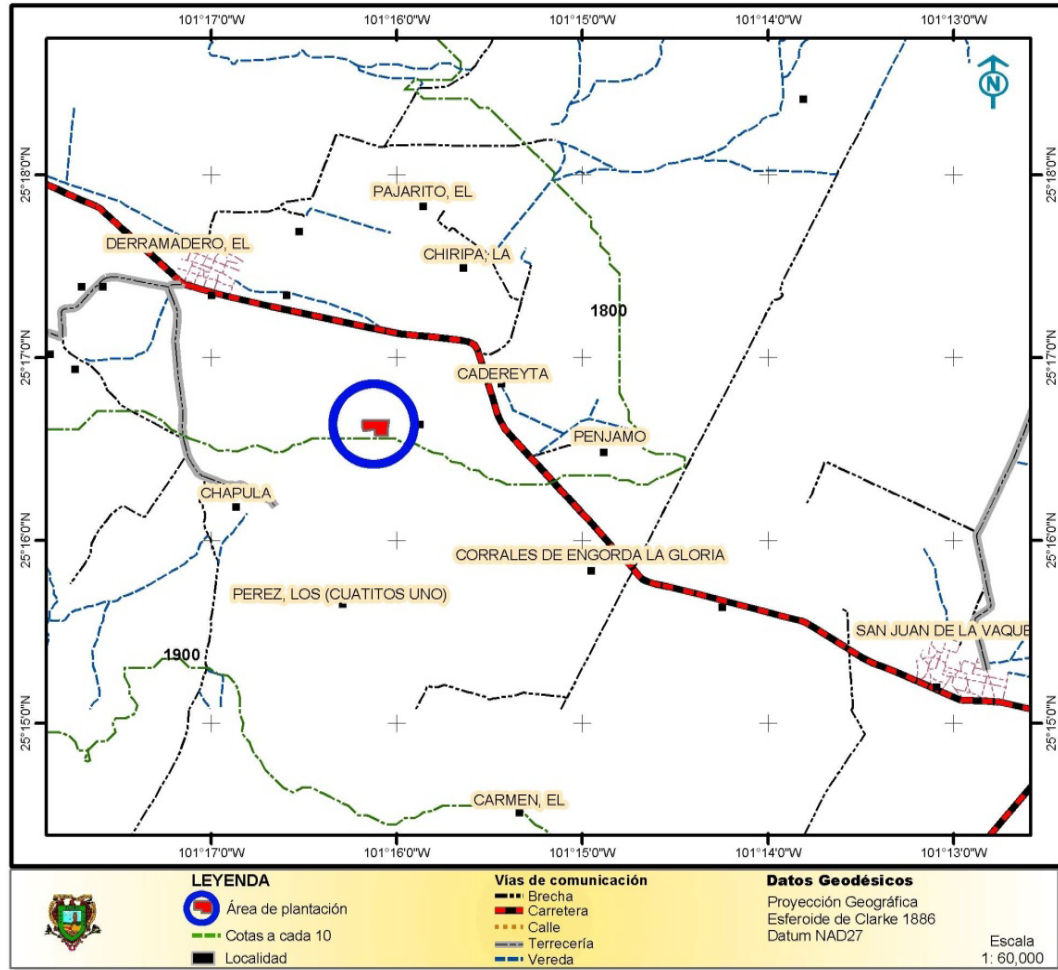


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

## Ubicación

El área de estudio se ubica entre los paralelos  $25^{\circ}16'35''$  y  $25^{\circ}17'00''$  de latitud norte, y entre los meridianos  $101^{\circ}15'50''$  y  $101^{\circ}16'10''$  de longitud Oeste, a una altitud de 1800 metros sobre el nivel del mar y está enclavada en la Sierra Madre Oriental. El predio se encuentra en una zona clasificada como planicie en el denominado Cañón de Derramadero; colindando al norte con La Sierra Huachichila y al sur con la Sierra “La Casita” (CETENAL, 1975a).

El predio " San Alberto " colinda hacia al Norte con el Ejido Derramadero, al Sur con el Ejido Chapula, al Este con el Ejido San Juan de la Vaquería y al Oeste con el Ejido San Blas (Figura 1).

## Clima

De acuerdo a la información de la estación meteorológica de San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila, que está localizada seis Kilómetros de la plantación; el clima pertenece al tipo B W hw'' (e): seco semicálido; con inviernos frescos. La temperatura media anual es de 18 a 22 grados centígrados, y la del mes más frío menor de 18°; el régimen de lluvia se presenta en los meses de verano y es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia del mes más húmedo de la época lluviosa del año, que la del mes más seco; un porcentaje de lluvia invernal de entre 5 y 10.2 %; extremoso, con oscilaciones entre 7 y 14 grados centígrados.

La precipitación que se presenta en el área de estudio es de 325 a 400 milímetros, acentuándose la mayor proporción durante los meses de mayo a octubre y además se presentan lluvias en los meses de diciembre y enero. Los vientos predominantes tienen una dirección sur, con velocidades de 8 a 15 Kilómetros por hora.

20

Las heladas inician en el mes de noviembre y finalizan en febrero, en ocasiones se adelantan o se atrasan, empezando los primeros días de octubre. Éstas dañan los cultivos de maíz, frijol y trigo. La temperatura en ocasiones llega a descender hasta los 10 grados centígrados bajo cero.

## Hidrología



El área de estudio forma parte de la región hidrológica RH-37 “El Salado”, en la cuenca hidrológica RH-37-C y subcuenca RH-37-C-b.

## Suelo y Geología

Se encuentran rocas de tipo sedimentario correspondiente al grupo lutita-arenisca y el tipo de suelo que se localiza en el área de estudio, según la clasificación de FAO/UNESCO, modificada por CETENAL (1977b), pertenece al grupo de las rendzinas de textura media y castañozem de textura fina, presentándose un suelo aluvial con una profundidad de 66 centímetros. Según los análisis físicos del suelo realizados en el laboratorio de Pedología y Mineralogía de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, el suelo presenta una textura de tipo migajón arcilloso (arena 31.8; limo 34.55 y arcilla 33.65 por ciento), con una densidad aparente de 1.2; pH de 7.5 (suelo ligeramente alcalino); contenido de materia orgánica de 2.67 por ciento (medianamente rico); nitrógeno total de 0.1335 por ciento (medianamente pobre); con una conductividad eléctrica de 1.58 milímojos (suelo no salino); capacidad de intercambio cationico de 22.17 miliequivalente/100 gramos; contenido de carbonatos totales de 1.88 por ciento; cloruros, 138.75 miliequivalente/litro; sulfatos, 26.56 miliequivalente/litro; calcio, 6.46 miliequivalente/100 gramos; magnesio, 7.83 miliequivalente/100 gramos.

## Vegetación

La vegetación natural predominante es del tipo matorral subinermes, chaparral, izotal y mezquital, con especies predominantes como *Larrea tridentata* (gobernadora), *Berberis trifoliolata* (palo amarillo), *Yucca carnerosana* (palma samandoca), *Juniperus flacida* (táscate) y *Mimosa pringley* (gatuño) (CETENAL, 1977).

Así mismo, los pastos que más se encuentran son: *Muhlenbergia sp*, *Stipa sp*, *Bouteloua curtipendula* (Zacate banderita), *Buchloe dactyloides*, *Aristida glauca* (zacate tres barbas). En las partes bajas se puede encontrar vegetación inducida y cultivada, como *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (Frijol), *Carya illinoensis* (nogal) y *Prunus persicae* (durazno) (CETENAL, 1977).

## Fauna

Los géneros más comunes de fauna en la región son: *Peromyscus sp.* (Ratón), *Lepus sp.* (Liebre), *Sylvilagus floridanus* (conejo serrano), *Canis latrans* (coyote), *Callipepla squamata* (codorniz escamosa), *Zenaida macroura* (hUILota), *Falcón sparverius* (gavilán) y *Buteo sp.* (Aguililla), (Moganck y Carrera, 1981).

## 3.2 Plantación

La plantación donde se realizó la prueba de fertilización fue establecida en Junio y Julio de 1998, la cual se hizo de la siguiente forma:

### Sistema de plantación

Como primer paso se seleccionó el terreno donde se realizó la plantación en una superficie de 2 ha. Las labores culturales al suelo fueron un paso de rastra con el tractor, para así eliminar las malas hierbas.

22

La alineación de las cepas se hizo con hilo, para darle espaciamento uniforme a la plantación, posteriormente con los picos y palas se procedió a hacer los pozos en forma cúbica de 30x30x30 cm; el sistema de plantación fue de " Cepa común".

La cantidad de árboles plantados fue de 4500 en una superficie de 2 ha, la cual se realizó en los meses de Junio y Julio, utilizando las siguientes especies.

- *Pinus cembroides* (Pino piñonero) = 3100 árboles
- *Pinus ayacahuite* (Pino) = 700 árboles
- *Pinus eldarica* (Pino) = 700 árboles

La plantación se estableció con un sistema de riego por goteo; al momento de hacer la plantación, las plantas de *Pinus cembroides* tenía una altura media 25 cm; las de *Pinus ayacahuite* 30 cm, y las de *Pinus eldarica*, 40 cm de altura promedio.

El *Pinus cembroides* se plantó en " Marco Real " a una distancia de 1.5 m, mientras que el *Pinus ayacahuite* y el *Pinus eldarica* se plantaron a 2 metros en Marco Real.

Antes de comenzar a plantar se anegaron las cepas con el fin de humedecer lo suficiente el medio donde se establecieron los individuos; posteriormente cuando el agua se había filtrado totalmente se procedió a establecer las plantas de pinos, aplicándoles a cada uno un riego de auxilio de 40 litros dentro de su microcuencia.

A partir de la plantación, ésta se sometió a un régimen de riego por goteo, a razón de 30 litros semanales.

Una vez establecidos los árboles se procedió aplicar los fertilizantes. Los fertilizantes al suelo se aplicaron en el último tercio comprendido entre el pie del árbol, hacia el límite de la " zona de goteo ", con una profundidad de colocación de un tercio de la profundidad de la raíz. La aplicación de los fertilizantes para el *Pinus ayacahuite* y *Pinus cembroides*, fue el 16 de Julio y para el *Pinus eldarica* fue el 21 de Julio.

### **3.3 Metodología**

Primero se realizó un recorrido por el área de interés para tener un claro panorama de las condiciones del terreno y el plan de trabajo a desarrollar. Posteriormente se procedió a ubicar las unidades experimentales de acuerdo a los tratamientos utilizados.

## Especies utilizadas

Las especies forestales que se utilizaron para la realización de este experimento fueron las siguientes: *Pinus ayacahuite*, *Pinus cembroides* y *Pinus eldarica*.

## Diseño Experimental

El diseño experimental, que se eligió fue el Diseño Completamente al Azar, procesando los datos mediante el siguiente modelo estadístico (Steel y Torrie, 1990).

$$Y_{ijk} = M + T_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

$M$  = Media general

$T_{ij}$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Error experimental en la  $j$ -ésima repetición

La unidad experimental fue de tres plantas por especie, con 3 repeticiones por; tratamiento las especies fueron tres, con ocho tratamientos (incluyendo al testigo), o sea en total 72 individuos considerados para la evaluación.

24

## Tratamientos de Nutrición Forestal

Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes fertilizantes comerciales, los cuales fueron los siguientes:

1. **Química foliar:** 8 gramos por planta con una aplicación en pastillas, su aplicación fue directa al suelo removiéndolo previamente.

2. **Poliquel:** 1 cm<sup>3</sup> por planta disuelta en agua con tres aplicaciones; se aplicó con mochila aspersora.
3. **Fertisoil:** 200 gramos por planta en una aplicación; se aplicó directamente en los cajetes de las plantas.
4. **Western fol 66 plus:** 0.5 gramos por planta en una aplicación foliar, disuelta en agua, utilizando una mochila aspersora.
5. **Triple 17:** 12 gramos de i.a. por planta en una aplicación directa al suelo en forma granulada
6. **Triple 17 + Poliquel:** 12 gramos de ingrediente activo + 1 cm<sup>3</sup> por planta, respectivamente.
7. **Foltron plus:** 0.75 cm<sup>3</sup> por planta disuelto en agua; fue una sola aplicación por medio de mochila aspersora.
8. **Testigo:** ninguna aplicación.

#### Descripción de los fertilizantes

**Poliquel:** Es un fertilizante líquido quelatado de muy alta concentración, indicado para usarse en cultivos hortícola, frutales, extensivos forrajeros y ornamentales como preventivos o correctivos de deficiencias nutricionales; sirve para balancear la nutrición foliar de elementos como hierro 3%, zinc 4%, magnesio 1%, azufre 4% entre otros.

**Química foliar:** Es un fertilizante de acción prolongada su suministro de nutrientes es por vía radicular, se coloca directamente a la raíz; proporcionan en forma efectiva, continua y por periodos hasta de un año, nitrógeno 25% , fosforo 12%, potasio, 7% zinc 1000 ppm, azufre 1200 ppm, calcio 0.8%, magnesio 0.7%, fierro 1000 ppm y carbono 16%.

**Fertisol:** Se trata de un fertilizante formulado para estimular el desarrollo radicular en las primeras etapas del crecimiento sobre todo en cultivos que son trasplantados después de haber estado en vivero o almácigos, su composición es de nitrógeno 16%, fósforo 30%, potasio 16%, magnesio 16 g/l, zinc 6 g/l y boro 5 g/l.

Western fol 66 plus: Fertilizante foliar completo formulado con macronutrientes, micronutrientes y ácidos fúlvicos, con una concentración de fierro 0.6%, nitrógeno 9%, fosforo 35%, potasio 7%, hierro 0.6%, zinc 0.6%, magnesio 0.5%, manganeso 0.5%, boro 0.01%, cobre 0.10%, molibdeno 0.0012%, fierro 0.60%.

Triple 17: Es un fertilizante granulado de fórmula compleja; esto quiere decir que sus componentes están integrados en cada gránulo de manera homogénea y balanceada. Contiene el 17% de Nitrógeno, 17% de Fosforo y 17% de Potasio.

Foltron plus: Es un fertilizante foliar líquido de alta concentración, suplemento adicional al programa normal de fertilización; corrige deficiencias nutricionales en las plantas y en la caída de botones, flores y frutos, con una formulación de nitrógeno 10%, fósforo 2%, potasio 5%, magnesio 100 ppm, manganeso 100 ppm, boro 80 ppm, cobre 50 ppm, molibdeno 2 ppm, giberelinas 30 ppm, fulcisteinas 2,700 ppm y ácidos húmicos 7,800 ppm.

#### Variables de evaluación

Las variables que se consideraron fueron los incrementos en los siguientes componentes de los árboles:

- a) Altura del árbol: La altura se tomó desde la base del tallo hasta la yema apical, utilizando para ello una cinta métrica.
- b) Diámetro basal: Esta variable se estimó por medio de un Vernier de alta precisión, midiendo el cuello de la planta (base del cuello).
- c) Diámetro de copa: Este diámetro se obtuvo midiendo el diámetro mayor y diámetro menor de la copa, promediando los dos para cada individuo, usando una cinta métrica.

26

#### Establecimiento del experimento

Para la realización del experimento, se distribuyeron de manera aleatoria tanto los tratamientos como las repeticiones, procediendo a etiquetar los árboles con etiquetas de aluminio con las características: tratamiento, repetición y árbol.

## **Evaluaciones**

Las mediciones se realizaron de acuerdo con las variables ya mencionadas anteriormente, las evaluaciones se realizaron en las siguientes fechas:

1. Primera evaluación, se realizó el 13 de febrero de 1999
2. Segunda evaluación, fue el 16 de Abril de 1999
3. La tercer medición, se realizó el día 18 de Junio de 1999
4. Cuarta evaluación, se realizó el día 17 de Agosto de 1999

### 3.4 Manejo de la información

#### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete SAS (Statistical Analysis System) practicando análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey para cada una de las variables evaluadas, utilizando los procedimientos indicados por Steel y Torrie, (1990).

## **IV. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos se presentan en tres partes, a manera de experimentos individuales (por especie); lo anterior para tener una mejor comprensión y discusión de los mismos, tomando en cuenta las tres variables consideradas en este experimento, como son, incremento en diámetro basal (IDB), incremento en diámetro de copa (IDC) e incremento en altura del árbol (IAA).

#### 4.1 *Pinus cembroides*

##### Incremento en diámetro basa (IDB)

En esta variable, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ( $P > F = 0.0196$ ) (Apéndice 1), y a su vez en la prueba de Tukey se encontró que el tratamiento T2, T1, T4, T3, T7, T5, T6 son estadísticamente iguales y diferentes al T8 (sin fertilizar), pero registrándose el mayor valor en el T2 (Poliquel), con 10.543 mm, seguido por el T1 (Química foliar), con 10.177 mm; ambos mostraron resultados por arriba de los demás tratamientos; el T8 (sin fertilizar) obtuvo el menor valor con 5.237 mm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de la variable incremento en diámetro basal (IDB) y agrupación Tukey en *Pinus cembroides*.

Tratamiento	Medias IDB (mm)	Agrupación Tukey
2. Poliquel	10.543	A
1. Química foliar	10.177	A
4. Western fol 66 plus	10.023	BA
3. Fertisoil	8.310	BA
7. Foltron plus	7.437	BA
5. Triple 17	7.343	BA
6. Triple 17 + Poliquel	7.083	BA
8. Testigo	5.237	BA

##### Incremento en diámetro de copa (IDC)

En esta variable, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos ( $P > F = 0.0003$ ) (Apéndice 1).y a su vez en la prueba de Tukey, se encontró que los tratamientos T1, T4, T2, T3 son estadísticamente iguales y diferentes al T7, T8 y T5, pero registrándose el mayor valor



en el tratamiento T1 (Química foliar), con 11.667 cm; el T5 (Triple 17) obtuvo el menor valor con 3.333 cm (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de la variable incremento en diámetro de copa (IDC) y agrupación Tukey en *Pinus cembroides*.

Tratamiento	Media de IDC (cm)	Agrupación Tukey
1. Química foliar	11.667	A
4. Western fol 66 plus	10.443	B A
2. Poliquel	7.890	B A C
3. Fertisoil	6.000	B A C
6. Triple 17 + Poliquel	5.557	B C
7. Foltron plus	4.337	C
8. Testigo	3.667	C
5. Triple 17	3.333	C

#### Incremento en altura del árbol (IAA)

En esta variable el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas ( $P > F = 0.0092$ ) (Apéndice 1); y a su vez en la prueba de Tukey se encontró, que los tratamientos T4, T1, T2 y T5 son estadísticamente iguales y los de mayor valor en incremento en altura, destacando el T4 (Western fol 66 plus) con 25.220 cm; el T8 (Sin fertilizar), obtuvo el menor valor con 9.777 cm (Cuadro 4).

29

Cuadro 4. Medias de la variable incremento en altura del árbol (IAA) y agrupación Tukey en *Pinus cembroides*.

Tratamiento	Media de IAA (cm)	Agrupación Tukey
-------------	-------------------	------------------

4. Western fol 66 plus	25.220	A
1. Química foliar	18.443	BA
2. Poliquel	14.443	BA
5. Triple 17	13.333	BA
6. Triple 17 + Poliquel	12.557	B
3. Fertisol	10.670	B
7. Foltron plus	10.330	B
8. Testigo	9.777	B

Para una mayor apreciación del comportamiento de los incrementos, en la Figura 2 se observa que existen fluctuaciones significativas en las variables evaluadas en la especie *Pinus cembroides*, observándose que en la variable IDB el tratamiento T4 (Western fol 66 plus con una aplicación de 0.5 gramos por planta), resultó con el mayor incremento, siendo también favorable para la variable IAA; así mismo, en IDC dio mejor resultado la aplicación del tratamiento T1 (Química foliar con una aplicación de 8 gramos por planta).

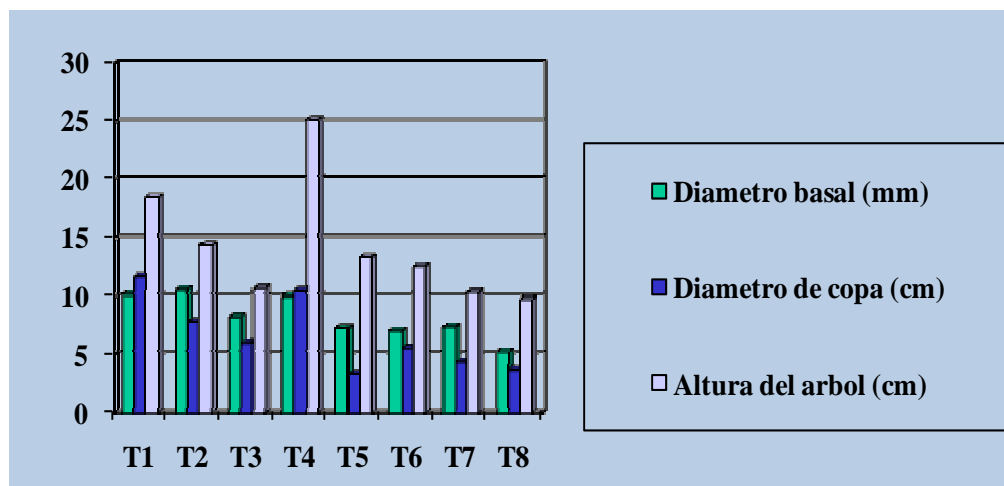


Figura 2. Incrementos totales en diámetro basal (IDB), diámetro de copa (IDC) y altura (IAA) por tratamiento en *Pinus cembroides*.

#### 4.2 *Pinus ayacahuite*

##### Incremento en diámetro basal (IDB)

En esta variable el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Apéndice 2), y a su vez en la prueba de Tukey se encontró que los tratamientos T4, T7, T2, T5, T6, T1, T3, son estadísticamente iguales y diferentes al T8 (sin fertilizar), pero registrándose el mayor valor en el tratamiento T4 (Western fol 66 plus), con 6.780 mm (Cuadro 5).

Cuadro 5. Medias de la variable incremento en diámetro basal basal (IDB) y agrupación Tukey en *Pinus ayacahuite*.

Tratamiento	Media de IDB (mm)	Agrupación Tukey
4. Western fol 66 plus	6.780	A
7. Foltron plus	5.797	A
2. Poliquel	5.267	A
5. Triple 17	5.147	A
6. Triple 17 + Poliquel	5.143	A
1. Química foliar	4.727	BA
3. Fertisol	4.523	BA
8. Testigo	2.177	B

### Incremento en diámetro de copa (IDC)

En esta variable, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas ( $P > F = 0.1405$ ) (Apéndice 2). y a su vez en la prueba de Tukey se encontró que todos los tratamientos son estadísticamente iguales; el valor más alto se observó en el T1 (Química foliar), con 12.220 cm, seguido por T4 (Western fol 66 plus), con 10.890 cm; ambos mostraron resultados por arriba de los demás tratamientos, (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de la variable incremento diámetro de copa (IDC) y agrupación Tukey en *Pinus ayacahuite*.

Tratamiento	Media de IDC (cm)	Agrupación Tukey
-------------	-------------------	------------------

Tratamiento	Media en IDC (cm)	Agrupación Tukey
1. Química foliar	12.220	A
4. Western fol 66 plus	10.890	A
2. Poliquel	9.337	A
3. Fertisol	8.557	A
7. Foltron plus	8.060	A
6. Triple 17 + Poliquel	6.997	A
5. Triple 17	6.837	A
8. Testigo	5.893	A

### Incremento altura del árbol (IAA)

En esta variable el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ( $P > F = 0.0216$ ) (apéndice 3), y a su vez en la prueba de Tukey se encontró que el tratamiento T1, T3, T7, T5, T2, T4 son estadísticamente iguales y diferentes al T6 y T8, registrándose de mayor valor el T4 (Western fol 66 plus), con 19.006 cm (Cuadro 7).

Cuadro 7. Medias de la variable incremento en altura del árbol (IAA) y agrupación Tukey en *Pinus ayacahuite*.

Tratamiento	Media IAA (cm)	Agrupación Tukey
4. Western fol 66 plus	19.006	A
1. Química foliar	15.113	BA
3. Fertisol	13.667	BA
7. Foltron plus	11.667	BA
5. Triple 17	11.610	BA
2. Poliquel	9.997	BA
6. Triple 17 + Poliquel	8.890	B
8. Testigo	7.777	B

En la Figura 3 se muestra el comportamiento en incremento que resultó de la aplicación de los tratamientos en *Pinus ayacahuite*, y en donde se observa que la variable IDB presentó diferencias significativas entre los tratamientos, con el mayor

incremento en la aplicación del T4. Con respecto al IDC no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, ya que en esta especie se observó que la mayoría de los árboles presentaron las copas de muy bajo vigor, de follaje ralo y con pocas ramificaciones secundarias, que puede atribuirse a los rayos del sol directos por las condiciones del área; en IAA si se encontró diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, teniendo un mayor incremento con el tratamiento T4 (Western fol 66 plus).

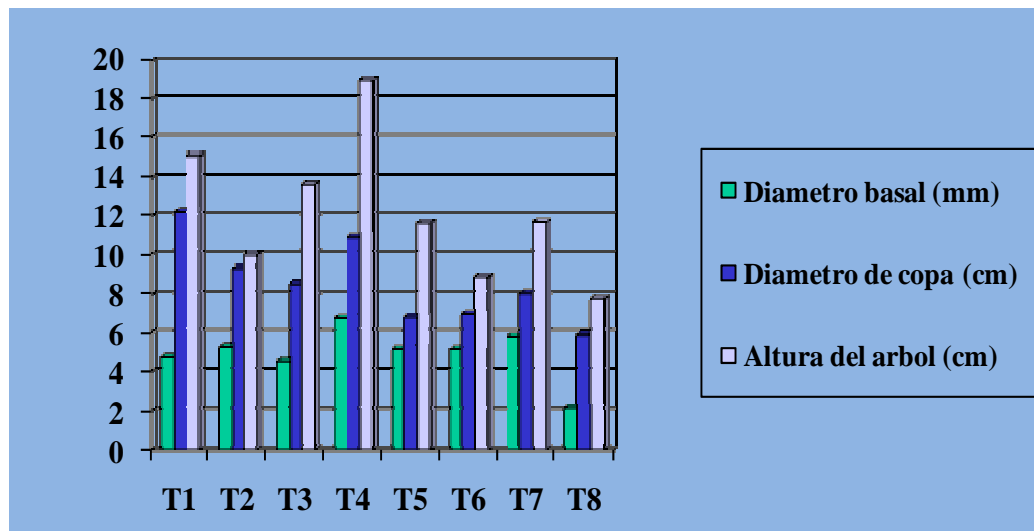


Figura 3. Incrementos totales en diámetro basal (IDB), diámetro de copa (IDC), altura (IAA) por tratamientos en *Pinus ayacahuite*.

### 4.3 *Pinus eldarica*

#### Incremento en diámetro basal (IDB)

En esta variable el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas ( $P > F = 0.0003$ ) (Apéndice 3), y a su vez en la prueba de Tukey se encontró que el tratamiento T3, y T2 son estadísticamente iguales y diferentes al T5, T7, T6, T8 ; pero registrándose el mayor valor en el T4 (Química foliar), con 14.377 cm, seguido por el T1 (Química foliar), con así 13.903 cm; ambos mostraron resultados por arriba de los demás tratamiento (Cuadro 8).

Cuadro 8. Medias de la variable incremento en diámetro basal (IDB) y agrupación Tukey en *Pinus eldarica*.

Tratamiento	Media de IDB (cm)	Agrupación Tukey
4. Western fol 66 plus	14.377	A
1. Química foliar	13.903	A
3. Fertisol	12.123	BA
2. Poliquel	11.017	BA
5. Triple 17	7.577	B
7. Foltron plus	7.510	B
6. Triple 17 + Poliquel	7.497	B
8. Testigo	7.433	B

### Incremento en diámetro de copa (IDC)

En esta variable, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ( $P > F = 0.0001$ ) (Apéndice 3), y a su vez en la prueba de Tukey se encontró que los tratamientos T1, T4 y T2 son superiores a los demás tratamientos; el segundo grupo lo forman los tratamientos T4, T2, T3, T6 y T5 que son iguales entre sí; el tercer grupo incluye los tratamientos T2, T3, T6, T5 y T8, y el último grupo corresponde a los tratamientos T6, T5, T8, T7. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias de la variable incremento en diámetro de copa (IDC) y prueba de Tukey en *Pinus eldarica*.

Tratamiento	Media de IDC (cm)	Agrupación Tukey
-------------	-------------------	------------------

---

1. Química foliar	26.553	A
4. Western fol 66 plus	20.557	BA
2. Poliquel	18.223	BAC
3. Fertisol	18.107	B C
6. Triple 17 + Poliquel	14.333	BDC
5. Triple 17	13.110	BDC
8. Testigo	11.333	DC
7. Foltron plus	8.110	D

---

### Incremento en altura del árbol (IAA)

En esta variable el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas con (  $P > F = 0.0001$  ) (Apéndice 3), y la prueba de Tukey mostró cuatro grupos; T1 y T4 que son iguales; otro grupo lo forman T4 ,T5, T3, T2 y T7; el T5, T3, T2, T7, T6 son iguales y forman el tercer grupo; el último está formado por T2, T7, T6 y T8; siendo de mayor valor del T1 y T4 que junto con T5 son superiores a los demás tratamientos; el menor valor lo arrojó el T8 (Testigo) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Medias de la variable incremento en altura del árbol (IAA) y prueba de Tukey en *Pinus eldarica*.

Tratamiento	Media de IAA (cm)	Agrupación Tukey
1. Química foliar	41.550	A
4. Western fol 66 plus	35.670	BA
5. Triple 17	24.443	BAC
3. Fertisol	19.223	B C
2. Poliquel	18.220	BDC
7. Foltron plus	18.220	BDC
6. Triple 17 + Poliquel	15.887	DC
8. Testigo	9.780	D

---

35

En esta especie, la aplicación de los tratamientos fue favorable para el crecimiento y desarrollo del arbolado ya que en las tres variables evaluadas hubo diferencias significativas entre los tratamientos los que se presenta gráficamente en la Figura 4.

Como se puede observar, en el IDB y el IDC tiene mejor resultado el T4 (Western fol 66 plus) y para IAA el tratamiento que dio mayor resultado fue T1 (Química foliar).

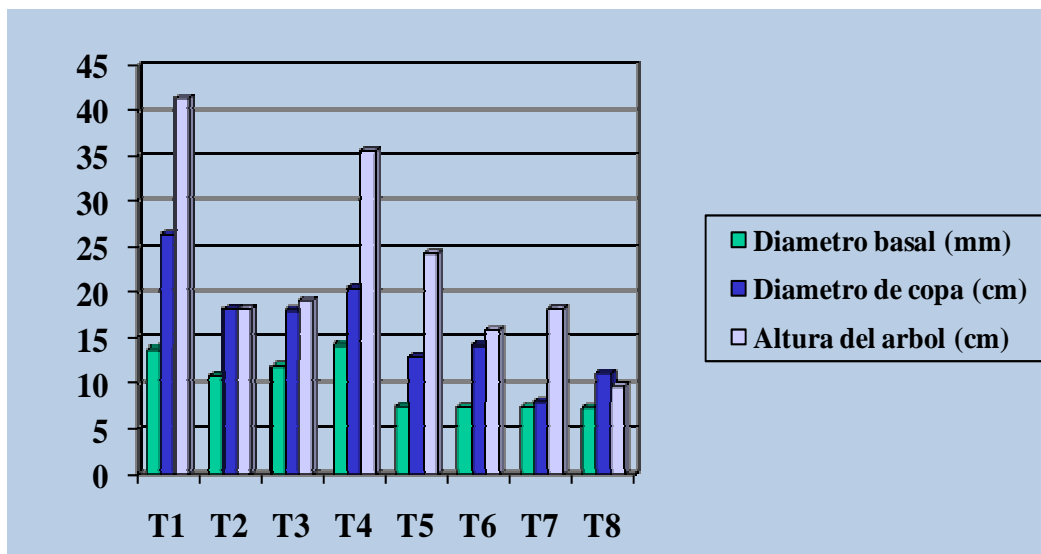


Figura 4. Incrementos totales en diámetro basal (IDB), diámetro de copa (IDC), altura (IAA) por tratamiento en *Pinus eldarica*.

## V. CONCLUSIONES

Durante las cuatro evaluaciones que se realizaron en estas tres especies se observó que si influye la aplicación de fertilizantes en el desarrollo de las plantas ya que



los análisis de varianza indicaron diferencias significativas en las variables evaluadas como son Incremento en Diámetro Basal (IDB), Incremento en Diámetro de Copa (IDC) e Incremento en altura del Árbol (IAA), excepto en *Pinus ayacahuite*, donde en la variable Diámetro de Copa (IDC) no se obtuvo diferencia entre los tratamientos, lo cual puede atribuirse a los rayos del sol directos por las condiciones del área y a que es una especie medianamente tolerante a la luz, que se desarrolla mejor donde se tiene mayor humedad; y además la baja humedad y altas temperaturas afectan el desarrollo foliar (producción de biomasa) debido a la baja tasa de fotosíntesis.

Con respecto a los tratamientos aplicados, de forma numérica el tratamiento T4 (Western fol 66 plus con una aplicación de 0.5 gramos por planta) fue el de mejor resultado para las tres especies bajo estudio y en las tres variables evaluadas, seguido por los tratamientos T1 (Química foliar con una aplicación de 8 gramos por planta, con una sola aplicación), T2 (Poliquel 1cm<sup>3</sup>/planta, tres aplicaciones) y el T3 (Fertisol con una sola aplicación de 200 gramos /planta). De menor resultado, pero de mayor valor que los tratamientos T6 (Triple 17+ Poliquel una aplicación de 12 gramos de ingrediente activo + 1 cm<sup>3</sup> por planta), T7 (Foltron plus 0.75 m<sup>3</sup> con una aplicación por planta) y T8 (Sin aplicación) es T5 (Triple 17 con una sola aplicación de 12 gramos de ingrediente activo por planta).

Como se puede observar aunque fue un periodo corto de investigación, debido al incremento que mostraron las plantas, si se pudo apreciar que con la aplicación de fertilizantes se puede acelerar el crecimiento de éstas y poder obtener en un corto plazo producción de árboles de navidad.

37

Se puede concluir que de las especies evaluadas para la producción de árboles de navidad, las mejores son *Pinus cembroides* y *Pinus eldarica*.

Cabe mencionar que es necesario darle seguimiento a esta investigación debido que aunque si hubo respuesta de los tratamientos es necesario que se realicen

investigaciones en ciclos más amplios, para poder tener una mejor y más completa evaluación de las especies y tratamientos aplicados.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos con la aplicación de los diferentes fertilizantes (tratamientos) sobre el arbolado en los parámetros evaluados (IDB, IDC y IAA) se recomienda:

- Aplicar los tratamientos T4 (Western fol 66 plus con una aplicación foliar de 0.5 gramos por planta), T1 (Química foliar con una aplicación en pastilla de 8 gramos por planta, T2 (Poliquel con tres aplicaciones de 1 cm<sup>3</sup> disuelta en agua por planta, T3 (Fertisol con una aplicación de 200 gramos por planta), que son los que tuvieron mejor respuesta favorable en las tres variables evaluadas.
- No realizar plantaciones para la producción de árboles de navidad con *Pinus ayacahuite*, en regiones con condiciones climáticas similares al área donde se desarrollo el estudio aunque en la variable IDB y IAA si hubo diferencias significativas entre los tratamientos siendo lo contrario en el IDC ya que el arbolado presentaba en la mayoría de los árboles las copas de muy bajo vigor, de follaje ralo y con pocas ramificaciones secundarias, que para un árbol de navidad no sería recomendado con estas características ya mencionadas; cabe mencionar que esta recomendación es aplicable en condiciones similares a esta plantación de que se estableció en exposición zenital, a una elevación de 1800 m.s.n.m. y con corrientes de aire fuerte, ya que en la literatura consultada se señala que la especie se distribuye en exposición norte, a mayor altitud y en clima templado húmedo.
- Darle seguimiento al experimento durante un tiempo mayor y aplicando otras dosis de fertilizantes ya que en algunos tratamientos solo se realizó una sola aplicación y así poder observar mejor la respuesta de las especies *Pinus cembroides* y *Pinus eldarica* que en este tipo de condiciones son las más adecuadas para la producción de árboles de navidad.

- Bara, T. S. 1986. Fertilización Forestal. Cancillería de Agricultura, Departamento Forestal de Zonas Húmedas. Lovirizan España. 143 p.
- Baule, H., Fricher, C. 1981. Estado Actual de la Fertilización Forestal en el Mundo y Tendencia Actual en el Futuro. MAS (supervivencia, crecimiento, vigor, floración, producción). Química Foliar S.A. de C.V.
- Binkley, D. 1993. Nutrición Forestal (Prácticas de Manejo). Editorial Limusa (Grupo Noriega Editores), México. 340 p.
- Bruns, P. E. 1973. Cultural Practices, Fertilizing and Foliar, Analysis of Balsam fir Christmas Tree. New Hampshire Agricultural Experiment Station Bulletin. pp 28-30.
- CETENAL 1975a. Carta de Topográfica. G14 C33 Saltillo Coahuila. Escala 1:50,000. SPP, INEGI, México.
- CETENAL 1997b. Carta de Uso de Suelo. G14 C33 Saltillo Coahuila. Escala 1:50,000. SPP, INEGI, México.
- Cozzo D. 1976. Tecnología de la Forestación en Argentina y América Latina Editorial Emisura Sur, Buenos Aires, Argentina. 610 p.
- Chapman, G.W. y Allan T.G. 1983. Técnicas de Establecimiento de Plantaciones Forestales. Dirección de Recursos Forestales Departamento de Montes FAO Roma Italia. 206 p.
- Chapa, B. 1976. Principales Técnicas de Cultivos para " Árboles de navidad". SAG. Subsecretaria Forestal y de la Fauna, INIF. México. 34 p.
- Creteplant. 2001. Plantaciones Forestales Comerciales para la Producción de árboles de navidad. Dirección de Internet: [Creteplant.com/spanish/trees.xhtml](http://Creteplant.com/spanish/trees.xhtml).
- Ediciones PLM, S.A. de C.V. 1999. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. México. pp 1058 – 1059.
- García, M. E, 1985. Estado Actual de Conocimiento de los Piñoneros. Primer Simposium Nacional sobre Pinos Piñoneros, Universidad Autónoma de Nuevo León, Unidad Linares. Nuevo León, México. 248 p.

- García, A. 1998. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. México. 175 p.
- Enríquez del V. J. y Fierros, G. , Aurelio M. 1994. Fertilización de Plántulas de

- Cupressus sp.* disuelta en Agua de riego en vivero. Simposium II Reunión Nacional de Silvicultura y Manejo de Recursos Forestales. Retos y Perspectivas. Colegio de Posgraduados Montecillo México. 28 p.
- Iglesias G. L. 1998. Establecimiento de un Huerto Navideño con *Pinus brutia* var. *eldarica* bajo Condición de Riego el Valle de Juárez Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y agropecuarias Proyecto Nacional de Árboles de Navidad. Informe 1998. pp. 45-57
- Iglesias G. L. 1987. Revista Forestal en México, Vol. 17 No. 71; Dosis y Frecuencias de la Fertilización en *Pinus radiata* los Avances de Investigación Forestal en el Estado de Chihuahua INIFAP-SARH. pp. 84-85.
- Langrend, G. Ch. And S. B. Douglas 1983. Deloping High Quality True Fir Christmas Trees. Washintong, EUA, PNW. 226 p.
- Landis, T. D. 1997. Secondary Mineral Nutrients Sulfur. Forest Nursery Notes. Departament of Agriculture Notes, Uniyes States, Forest Service. USA. pp. 13 – 16.
- Martínez M. 1948. Los Pinos Mexicanos, Segunda edición. Ediciones Botas. 361 p.
- Mirov, N. T, 1967. The Genus Pinus. The Ronald Press. New York. 602 p.
- Montoya, J. M. 1996. La Poda de los Árboles Forestales. Tercera Edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México 86 p.
- Moganck, R. y J. Carrera 1981. Plan de Manejo para el Uso Múltiple del cañón de San Lorenzo. UAAAN-OEA, Saltillo, Coahuila. 134 p.
- Patiño, V. J. 1994. El Espaciamiento en Plantaciones Forestales. Ciencias Forestales. vol. 20:77, pp. 45-53.
- Potash Phosphate Institute. 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. Narcross, Georgia, USA. 452 P.
- Pritchett, L. W. 1990, Suelos Forestales. Primera Edición. Limusa México. 634 p.
- Robert, M.F 1971 Notas sobre el Estudio Ecológico Fitogeográfico de los Bosques de *Pinus cembroides* Zucc en México. Ciencias Forestales. Vol. (10), pp. 49-58.

Rubio, M. E. 1973. Ensayo de ocho especies forestales para árboles de Navidad en el

- Campo Experimental Forestal Barranca del Cupatitzio. Ciencia Forestal. Vol. 9(75). INIFAP México, pp 77-88.
- SARH. 1971. Boletín Hidrológico No. 53, Región Hidrológica 24.
- Solís, S. S. 1962. La Industria de los Árboles de Navidad y su Importancia Económica. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A. C. Primera edición. 61 p.
- Saldivar C. J. D. 1982. Ensayo de Fertilización en Plantaciones de Cinco Especies Forestales en las Proximidades del Poblado de San Miguel Cuautitlán, Estado de México. UACH. México.
- SAS Institute Inc. 1992. SAS Technical report p-229 SAS/STAT. Software: Changes and enhancements. Release 6.07.
- SEMARNAP. 1999. La producción de árboles de Navidad en México. Subsecretaria de Recursos Naturales. Dirección General Forestal, Documento de Informe al Público. 10 p.
- SEMARNAP. 1992. Cultivo de Árboles de navidad en México.
- Tamhane. R. V. 1978. Suelos: Su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. Editorial Diana. México, 438 p.
- Tisdale, S.L y W Nelson L. 1982. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes, UTEHA. México 147 p.

Apéndice 1. Análisis de varianza para *Pinus cembroides*.

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro basal (IDB) en *Pinus cembroides*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	72.12491667	10.30355952	3.42	0.0196
Error	16	48.13986667	3.00874167		
Corrección Total	23	120.26478333			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.599718		20.97639	1.734572	8.26916667	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro de copa (IDC) en *Pinus cembroides*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	332.1758292	47.4536899	8.21	0.0003
Error	16	92.5008667	5.7813042		
Corrección Total	23	424.6766958			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.782185		19.42650	5.7813042	12.3770833	

Análisis de varianza para la variable incremento en altura del árbol (IAA) en *Pinus cembroides*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	569.3662000	81.3380286	4.11	0.0092
Error	16	316.8609333	19.8038083		
Corrección Total	23	886.2271333			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.642461		31.01868	4.450147	14.3466667	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro basal (IDB) en *Pinus ayacahuite*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	36.49553333	5.21364762	5.66	0.0020
Error	16	14.73546667	0.92096667		
Corrección Total	23	51.23100000			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.712372		19.40688	0.959670	4.94500000	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro de copa (IDC) en *Pinus ayacahuite*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	96.57212917	13.79601845	1.88	0.1405
Error	16	117.57753333	7.34859583		
Corrección Total	23	214.14966250			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.450956		31.52585	2.710829	8.59875000	

Análisis de varianza para la variable incremento en altura del árbol (IAA) en *Pinus ayacahuite*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	278.6580667	39.8082952	3.34	0.0216
Error	16	190.4217333	11.9013583		
Corrección Total	23	469.0798000			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.594053		28.24261	3.449835	12.2150000	



Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro basal (IDB) en *Pinus eldarica*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	193.8074292	27.6867756	8.13	0.0003
Error	16	54.4974667	3.4060917		
Corrección Total	23	248.3048958			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.780522		8.13002	1.845560	10.1795833	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro de copa (IDC) en *Pinus eldarica*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	708.0011833	101.1430262	11.38	0.0001
Error	16	142.1958000	8.8872375		
Corrección Total	23	850.1969833			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.832750		18.29954	2.981147	16.2908333	

Análisis de varianza para la variable incremento en altura del árbol (IAA) en *Pinus eldarica*.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	2375.747583	339.392512	13.79	0.0001
Error	16	393.792800	24.612050		
Corrección Total	23	2769.540383			
R-cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.857813		21.68845	4.961053	22.8741667	