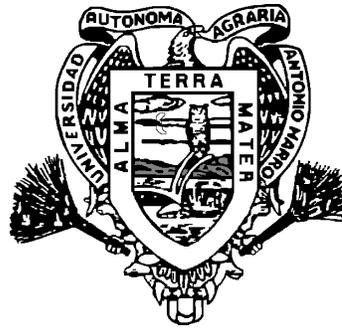


**Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"**

**División de Agronomía**

**Departamento Forestal**



**Determinación del volumen óptimo de riego en una plantación comercial de árboles de navidad en Saltillo, Coahuila**

**P o r :**

José Francisco Calvillo Ramírez

**T e s i s**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**Ingeniero Forestal**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2001

**Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"**  
**División de Agronomía**  
**Departamento Forestal**

Determinación del volumen óptimo de riego en una plantación comercial de árboles de navidad en Saltillo, Coahuila

**Tesis**

**Por**

**José Francisco Calvillo Ramírez**

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

**Ingeniero Forestal**

**Comité Asesor**

**Asesor principal:**

\_\_\_\_\_   
Dr. José Luis Oviedo Ruiz

**Asesor:**

\_\_\_\_\_   
M. C. José Armando Nájera Castro

**Asesor:**

\_\_\_\_\_   
Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

\_\_\_\_\_   
M. C.. Reynaldo Alonso Velasco  
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre de 2001

## **DEDICATORIA**

### **A MI ESPOSA E HIJA:**

PATRICIA y ANA PATRICIA

A quienes Dios puso en mi camino para alentarme y compartir los momentos más felices y difíciles de la vida, como una pequeña muestra del gran amor y cariño que les tengo.

### **A MIS PADRES:**

JUAN (+) Y LORENZA

Con amor y gratitud, quienes sin escatimar esfuerzos alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme como hombre y profesionalista; por esto y más.... Gracias.

### **A MI HERMANO:**

JULIO RODRIGO

Por ser mi compañero y amigo durante la niñez y adolescencia, quien en los últimos momentos de mi carrera me apoyó para culminarla, en muestra de mi profundo agradecimiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme llegar al termino de mi carrera, así como la culminación de este trabajo.

A mi asesor principal Dr. José Luis Oviedo Ruiz por su dirección y apoyo incondicional para la realización del presente trabajo.

Al M. C. José Armando Nájera Castro por su apoyo en el procesamiento de los datos dentro de los programas estadísticos; así como por sus valiosas sugerencias en la revisión del documento.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga por sus sugerencias y comentarios para mejorar la calidad de este trabajo.

Al Ing. Rodolfo Hernández por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación.

A mi Alma Terra Mater y al Departamento Forestal por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

A mis compañeros y amigos de la generación XLIII del CECFOR No. 1 y de la generación LXXXVIII de la UAAAN con quienes conviví en aulas y prácticas de estudio.

A mis compañeros de trabajo del Instituto Coahuilense de Ecología encargados del área prioritaria de la Sierra de Arteaga Coahuila.

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

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
ÍNDICE DE CUADROS. . . . .	<i>vii</i>
. . . . .	
ÍNDICE DE FIGURAS . . . . .	<i>viii</i>
RESUMEN . . . . .	<i>ix</i>
I INTRODUCCIÓN . . . . .	<i>1</i>
. . . . .	
Objetivo. . . . .	<i>3</i>
Hipótesis . . . . .	<i>3</i>
Justificación . . . . .	<i>3</i>
II REVISIÓN DE LITERATURA . . . . .	<i>4</i>
Caracterización de las especies . . . . .	<i>4</i>
<i>Pinus ayacahuite</i> Var. <i>brachyptera</i> Shaw. . . . .	<i>4</i>
<i>Pinus cembroides</i> Zucc. . . . .	<i>5</i>
<i>Pinus eldarica</i> Medw. . . . .	<i>7</i>
Producción de árboles de navidad . . . . .	<i>8</i>
Establecimiento de plantaciones de árboles de navidad . .	<i>8</i>
Características y calidad del árbol de navidad . . . . .	<i>11</i>

Técnicas culturales de conformación . . . . .	12
Labores culturales . . . . .	15
Cosecha . . . . .	17
Manejo hídrico . . . . .	18
Riego en plantaciones . . . . .	18
Sistema de riego por goteo . . . . .	19
Investigaciones afines . . . . .	21
III MATERIALES Y MÉTODOS . . . . .	24
Descripción del área de estudio . . . . .	24
Localización . . . . .	24
Clima . . . . .	25
Región hidrológica . . . . .	25
Geología y suelos . . . . .	26
Vegetación . . . . .	26
Fauna silvestre . . . . .	27
Características de la plantación . . . . .	27
Establecimiento del estudio . . . . .	28
Aplicación de los tratamientos de riego . . . . .	29
Labores culturales . . . . .	29
Diseño experimental . . . . .	30

Parámetros de evaluación .....	30
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
<i>Pinus ayacahuite</i> .....	32
<i>Pinus cembroides</i> .....	40
<i>Pinus eldarica</i> .....	44
Discusión general .....	48
V CONCLUSIONES .....	50
VI RECOMENDACIONES .....	52
VII LITERATURA CITADA .....	54
APÉNDICE .....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Número		Página
2.1	Espaciamientos más comunes (sistema de “marco real”) en plantaciones de árboles de navidad en Estados Unidos. ....	10
3.1	Especies y procedencias utilizadas en la plantación comercial de árboles de navidad. ....	27
3.2	Asignación de los tratamientos de riego para <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>P. cembroides</i> y <i>P. eldarica</i> . ....	28
3.3	Distribución de los tratamientos de riego en <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>P. cembroides</i> y <i>P. eldarica</i> . ....	29
3.4	Evaluaciones realizadas durante el año 1999 y 2000. ....	31
4.1	Variables de crecimiento e incremento en <i>Pinus ayacahuite</i> por tratamiento. . . . .	32
4.2	Análisis de varianza para las respuestas de crecimiento e incremento en <i>Pinus ayacahuite</i> por tratamiento. ....	33
4.3	Comparación de medias de las respuestas de crecimiento e incremento en <i>Pinus ayacahuite</i> por tratamiento. ....	34
4.4	Variables de crecimiento e incremento en <i>Pinus cembroides</i> por tratamiento. ....	40
4.5	Análisis de varianza para las respuestas de crecimiento e incremento en <i>Pinus cembroides</i> por tratamiento. ....	41
4.6	Variables de crecimiento e incremento en <i>Pinus eldarica</i> por tratamiento. . . . .	44
4.7	Análisis de varianza para las respuestas de crecimiento e incremento en <i>Pinus eldarica</i> por tratamiento. ....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Número		Página
3.1	Localización geográfica de la plantación forestal comercial de árboles de navidad. . . . .	24
4.1	Crecimientos finales en altura total (ATF), diámetro basal (DBF) y diámetro de copa (DCF) por efecto de tratamientos de riego para <i>Pinus ayacahuite</i> . . . . .	35
4.2	Incrementos totales en altura (ITA), diámetro basal (ITDB) y diámetro de copa (ITDC) por efecto de tratamientos de riego para <i>Pinus ayacahuite</i> . . . . .	35
4.3	Crecimientos finales en altura total (ATF), diámetro basal (DBF) y diámetro de copa (DCF) por efecto de tratamientos de riego para <i>Pinus cembroides</i> . . . . .	42
4.4	Incrementos totales en altura (ITA), diámetro basal (ITDB) y diámetro de copa (ITDC) por efecto de tratamientos de riego para <i>Pinus cembroides</i> . . . . .	42
4.5	Crecimientos finales en altura total (ATF), diámetro basal (DBF) y diámetro de copa (DCF) por efecto de tratamientos de riego para <i>Pinus eldarica</i> . . . . .	46
4.6	Incrementos totales en altura (ITA), diámetro basal (ITDB) y diámetro de copa (ITDC) por efecto de tratamientos de riego para <i>Pinus eldarica</i> . . . . .	46

## RESUMEN

El presente estudio se realizó sobre una plantación forestal de árboles de navidad ubicada en el predio particular San Alberto, Municipio de Saltillo, Coahuila, de noviembre de 1998 a marzo de 2000, estableciendo el experimento después de dos meses de haberse realizado la plantación. Se trabajó con tres especies de *Pinus* bajo un diseño completamente al azar. Estas especies fueron: *P. ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. eldarica*, siendo las dos primeras de procedencias regionales y la tercera desconocida. Se aplicaron ocho riegos semanales sobre cada especie, que oscilaron entre 5 y 40 litros de agua por árbol más el testigo sin aplicación de riego. Los parámetros evaluados para las tres especies fueron: crecimiento inicial y final de diámetro basal, diámetro de copa y altura, así como incremento total en cada uno de los parámetros, obteniendo los crecimientos iniciales a los siete meses de iniciado el riego y los finales a un año. El *P. ayacahuite* respondió mejor al riego semanal de 15 litros de agua con relación al resto de las intensidades de riego (testigo, 5, 10, 20, 25, 30, 35 y 40 litros de agua), mostrando mayores valores en las variables de crecimiento final en diámetro basal y de copa, así como para los incrementos de estos mismos; sin embargo, no se lograron diferencias significativas en el crecimiento final e incremento en altura, así como en los crecimientos iniciales de diámetro basal, copa y altura. Los resultados obtenidos para *P. cembroides* y *P. eldarica* no presentaron diferencias significativas en las variables evaluadas de crecimientos iniciales y finales, así como en los incrementos, como respuesta a los riegos; no obstante, en función de los resultados obtenidos para ambas especies se considera que son las que presentan mejores características como árboles de navidad, debido a que son las más vigorosas en cuanto a crecimiento, desarrollo y conformación.

## I INTRODUCCIÓN

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

El suministro de agua afecta directa o indirectamente a la mayoría de los procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas, o bien al crecimiento y desarrollo de los árboles (Kramer, 1969; Bidwell, 1993). Así, el objetivo básico del riego es aumentar la humedad del suelo cuando ésta es insuficiente, con el propósito de asegurar cosechas aceptables, por lo tanto, el riego puede considerarse como un aporte de agua que compensa la insuficiencia de lluvia (Dávila, 1990). Por lo anterior, es frecuente aplicar riegos en plantaciones comerciales jóvenes para su establecimiento y desarrollo inicial, sobre todo cuando se presentan sequías prolongadas, considerando la justificación de esta práctica en áreas áridas o semiáridas, donde la precipitación es menor a 350 milímetros y con acentuada escasez de producción de madera y severos problemas de erosión (Chapman y Ellan, 1978).

Asimismo, se debe estar consciente de la importancia del buen uso del agua dulce, la cual apenas constituye el uno por ciento del agua total mundial, tratando de no desperdiciarla y contaminarla, a través de un uso racional y eficiente. Se estima que para el año 2025, dos terceras partes de la población mundial se verán afectadas, principalmente en el ramo de la agricultura, por la escasez del agua, la cual se acentúa en México a causa de la explosión demográfica, así como del desarrollo tecnológico, productivo y social (Borgo, 1998).

En el predio particular "San Alberto", aledaño al ejido Derramadero, Municipio de Saltillo, Coahuila, actualmente se extrae tan solo un 10 por ciento

de agua de los acuíferos subterráneos con relación a lo que se extraía 10 años atrás, provocando sobre el área una reducción de las “fronteras verdes” de nogal, pues las exigencias hídricas de este frutal no son cubiertas con la disponibilidad hídrica actual, debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos para el abastecimiento urbano e industrial del municipio (comunicación personal del propietario del predio).

Por otra parte, la superficie forestal arbórea nacional actual es de 56.8 millones de hectáreas, bastante menor con relación a la existente en la época de la conquista (se contaba con más de 90 millones de hectáreas); situación debida, entre otras causas, al cambio de uso del suelo y a los incendios forestales, principalmente (SEMARNAP, 2000).

Ante esta situación, el establecimiento de las plantaciones forestales comerciales se considera una interesante alternativa para tener una producción de árboles de navidad bajo un sistema de riego con menor cantidad de agua, con relación a los cultivos frutícolas como es el caso del nogal; asimismo, para la estabilización de los suelos en áreas desforestadas. Actualmente en el predio se utilizan más de 4 000 litros de agua anuales por nogal; con este volumen es posible mantener una producción de 8 árboles de navidad, a razón de 500 litros de agua anuales por árbol. Debido al desconocimiento de la exigencia hídrica para producir este tipo de árboles con un apropiado nivel de calidad que permita su adecuada comercialización, a través de esta investigación se pretende determinar el volumen óptimo de riego semanal y con ello optimizar la producción de árboles de navidad, aumentando así la oferta de este importante producto y substituyendo parcialmente su importación de Canadá y Estados Unidos, esperando un incremento en el ingreso económico del productor interesado en aplicar la posible tecnología generada a partir de este proyecto, por efecto de la posible comercialización de este importante producto.

## *Objetivo*

Determinar el volumen óptimo de riego en el cultivo de árboles de navidad, a través del crecimiento e incremento de altura, diámetro basal y de copa, de las especies forestales utilizadas (*Pinus cembroides*, *P. ayacahuite* y *P. eldarica*).

## *Hipótesis*

La hipótesis nula (Ho) que se plantea para esta investigación se presenta a continuación:

No existen diferencias en cuanto al efecto de las diversas intensidades de riego sobre el crecimiento e incremento de altura, diámetro basal y de copa, en una plantación comercial de árboles de navidad.

## **Justificación**

El presente trabajo se realizó a solicitud de un pequeño productor de nuez de la región de Derramadero, Coahuila, que padece la problemática de la escasez de agua al igual que muchos productores frutícolas vecinos, previendo la necesidad de sustituir este cultivo por otro que requiera menos cantidad de agua y que a la vez sea redituable. Con este trabajo se pretende desarrollar un plan de manejo que considere distintos niveles de riego sobre una plantación de árboles de navidad en la región, utilizando diversas especies forestales de coníferas.

## *II REVISIÓN DE LITERATURA*

## *Caracterización de las Especies*

### ***Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera* Shaw.**

Es un árbol de unos 30 metros de altura, con copa cónica y aguda, así como corteza morena grisácea. Hojas en grupos de cinco, generalmente delgadas, en fascículos espaciados de color verde intenso, azulado, triangulares, glaucas en sus caras internas, de bordes aserrados, con los denticillos separados y pequeños. Las vainas como todos los *ayacahuites*, son pajizas y desaparecen pronto. Los conillos son subcilíndricos con pedúnculos de 25 milímetros, colocados por pares o en grupos de tres. Conos duros, subcilíndricos, atenuados con abundante resina amarilla, con frecuencia algo encorvados; y su color es amarillento con tinte anaranjado o ligeramente rojizo, en ocasiones ocre lustroso. Su tamaño es de aproximadamente 15 a 25 centímetros de largo, sobre pedúnculos fuertes de 20 a 25 milímetros. La semilla mide entre 12 y 15 milímetros de longitud. La madera es suave, blanca, de textura fina y uniforme, utilizada para la construcción y muebles (Martínez, 1948; Perry, 1991).

*Distribución.* Se distribuye en las montañas centrales de México y hacia el norte de las cordilleras de la Sierra Madre Oriental y Occidental. En la Sierra Madre Oriental se encuentra sobre las montañas de Nuevo León y Coahuila. Sobre la Sierra Madre Occidental se sitúa en los estados de Chihuahua, Sonora, Durango y

*Sinaloa. En el centro de México se localiza en las montañas altas de Jalisco, Michoacán y Colima (Perry, 1991). Además en los estados de San Luis Potosí y Zacatecas (Martínez, 1948).*

*Autoecología. Su hábitat generalmente ocurre como pequeños grupos de árboles, así como individuos esparcidos y mezclados con otros pinos y oyameles, en altitudes de 2000 a 3500 metros. Éstos crecen mejor en las exposiciones húmedas y sombrías de barrancos profundos, no adaptándose a un ambiente cálido o seco. Se puede encontrar asociado con *Pinus hartweggi*, *P. rudis*, *P. strobiformis* y *P. culminicola* (Perry, 1991), requiriendo de suelos húmedos y profundos (Martínez, 1948).*

*Utilización como árbol de navidad. En plantaciones especializadas, el *P. ayacahuite* se produce como árbol de navidad (SEMARNAP, 1997), teniendo buenas características para este fin, tales como su rápido crecimiento, tipo de copa normal y follaje persistente de apariencia verde, siendo por lo tanto, una de las especies idóneas como árbol de navidad (Lara, 1994).*

***Pinus cembroides Zucc.***

Es un árbol de 5 a 15 metros de altura; el tronco suele ser corto y el ramaje ralo, sobre todo en terrenos secos. De copa redondeada o piramidal, las ramas grandes comienzan a poca altura, verticiladas y dispuestas irregularmente. La corteza es delgada, agrietada, cenicienta y divididas en placas cortas e irregulares. Las hojas están en grupos de tres, pero varios fascículos tienen de dos a cuatro e incluso hasta cinco. Miden de 2.5 a 7 centímetros, son rígidas y generalmente encorvadas con estomas en las tres caras, su color es verde oscuro y un tanto azulado pálido y en ocasiones amarillento, frecuentemente glaucas en las caras internas, brillantes y de bordes enteros. Las vainas son de color café claro y caen pronto, dejando en la base del fascículo una diminuta roseta. Las yemas son cilíndricas, largas y amarillentas. Los conillos son globulosos de color moreno rojizo y con gruesas escamas. Los conos son subglobosos de cinco a seis centímetros de diámetro y se presentan aislados o en grupos de hasta cinco, casi sésiles, de color moreno anaranjado o rojizo. Las semillas son comestibles y de buena calidad, llamándose comúnmente “piñones”. La madera es suave, ligeramente resinosa, con médula de color amarillo pálido, utilizada localmente para la construcción de minas, pequeñas casas, cobertizos, puertas, postas y para leña (Martínez, 1948; Perry, 1991).

*Distribución.* Se distribuye ampliamente en casi todo el norte y centro de México (Rzedowski, 1994). En la Sierra Madre Occidental se encuentra en los Estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco, extendiéndose al oeste de los Estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro y Hidalgo. Sobre la Sierra Madre Oriental su distribución es en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Perry, 1991). También sobre Baja

*California, Sonora, Tlaxcala y Puebla (Martínez, 1948). Además, concordando con Mirov (1948), su distribución en los Estados Unidos ocurre en el suroeste de Nuevo México y sureste de Arizona.*

***Autoecología.** Su hábitat ocurre sobre exposiciones secas y colinas rocosas, no prefiere en particular ningún tipo de suelo. La humedad y la altitud son los factores ecológicos más importantes en su distribución. Su amplitud altitudinal es aproximadamente de 1500 a 2800 metros y en latitudes entre los 20 y 30 grados norte. Sobre la Sierra Madre Oriental y Occidental se encuentra en zonas de transición entre el desierto árido y las áreas húmedas, tolerando una precipitación promedio de 400 milímetros con ocho meses de estación seca, la amplitud de temperatura va de los 0 a 20 grados centígrados; los meses más fríos son diciembre, enero y los más calientes son mayo, junio y julio. Las especies asociadas en la Sierra Madre Occidental son *Pinus chihuahuana*, *P. engelmanni*, *Juniperus spp.* y *Quercus spp.* y en la Sierra Madre Oriental se asocia con *P. arizonica var. stormiae*, *P. nelsoni*, *P. teocote*, *P. remota*, *Juniperus spp.* y *Quercus spp.* (Perry, 1991). Por lo general ocurre en bosques bajos y abiertos, asociadas con los géneros: *Juniperus*, *Quercus*, *Agave*, *Yucca*, y *Dasylirium* (Rzedowski,*

1994). *Este árbol se adapta con facilidad a los lugares secos (Martínez, 1948). Además, Russell (1969) menciona que se distribuye en terrenos con pendientes y mesetas.*

*Utilización como árbol de navidad. El Pinus cembroides ha sido subutilizado debido al bajo potencial maderable, sin embargo se utiliza como árbol de navidad en la época decembrina en los estados de Nuevo León y Durango, ya que se le han encontrado características deseables, como una conformación más o menos cónica, follaje abundante y de olor agradable, retención de hojas hasta por un mes después de ser cortado (Limonés, 1994). Además, por su arquitectura se recomienda como planta de ornato y sombra en regiones de clima seco (Niembro, 1986). También presenta un follaje de color verde oscuro o azul pálido, siendo utilizado además en el estado de Coahuila como árbol de navidad. Asimismo, SEMARNAT (1997) señala que es producido para este fin en plantaciones y viveros especializados de México.*

#### ***Pinus eldarica* Medw.**

**Es un árbol que alcanza una altura de 15 a 20 metros, follaje denso con una coloración verde oscura, hojas verdes y grandes en la madurez**

(Sen et al., 1994 ). Es considerado como un pino raro, además como un relictos (Mirov, 1948).

Distribución. Su hábitat natural se localiza en el sureste de Tbilisi, Georgia, Rusia; ocupando un área total de 550 hectáreas, de las cuales 110 están ocupadas por una masa pura (Mirov, 1948). También en Azerbaijón e Irán, cerca del desierto de Eldar en el macizo de Eller Oukhl (Nahal, 1983). Crece a lo largo del lado sur del río Iori (Mirov, 1948).

Autoecología. Es de crecimiento rápido, mejor adaptado a zonas áridas y semiáridas, tolerante a los más variados suelos con un pH de 6.5 a 8.5; ya establecida la especie puede soportar condiciones drásticas de sequía, es resistente a gran cantidad de plagas y enfermedades, principalmente a hongos del suelo. Tiene una amplitud altitudinal de 1500 a 2000 metros (Sen et al., 1994 ).

*Utilización como árbol de navidad. En Estados Unidos el Pinus eldarica es una especie de valor económico porque es utilizado como árbol de navidad, siendo manejado bajo rotaciones cortas de dos a cuatro años para su cosecha (Sen et al., 1994). Sin embargo Walterscheidt et al. (s/f), señala que el tiempo para alcanzar la altura comercial es de tres a cinco años, adoptando un color verde oscuro en diciembre y usualmente no requiere ser esquilado intensivamente como el “pino virginia”. La retención de hojas es excelente, tiende a crecer recto y rápido, después de dos años es alto*

*pero no muy ancho. Reporta SEMARNAP (1997), que es una especie que se importa a México de Estados Unidos.*

## **Producción de Árboles de Navidad**

### *Establecimiento de plantaciones de árboles de navidad*

El árbol de navidad generalmente es un producto de importación dada la escasa producción nacional, por lo que no siempre se presenta al alcance de todas las clases sociales. Una alternativa para la producción de este producto, es establecer plantaciones con especies adecuadas para este fin, lo que crearía fuentes de ingreso adicionales para un amplio sector de la comunidad rural (Lara, 1994).

El establecimiento de plantaciones con fines de árboles de navidad, permite obtener individuos con buenas características comerciales bajo un sistema intensivo de producción y empleando especies más adecuadas. Esta alternativa es de gran interés, ya que permite la utilización de tierras que a menudo carecen de algún interés económico (Torres *et al.*, 1990). Quizá el valor de un árbol de navidad puede ser más elevado del que tiene los árboles utilizados para otros productos madereros, ya que el tiempo de rotación es más corto que las especies madereras (McKinley *et al.*, 1996).

Las primeras plantaciones de árboles de navidad en México se iniciaron en la década de los sesentas. Las principales especies que México produce como árboles de navidad en viveros especializados son: *Cupressus lindleyi* (cedro blanco), *Thuja sp.* (tuya), *Chamaecyparis sp.* (chimas), *Cedrella sp.* (cedro navideño) y en plantaciones especializadas se produce *Pinus ayacahuite*

(pino vikingo), *P. cembroides* (pino piñonero) y *Abies religiosa* (oyamel). Durante 1997 se tuvo una producción y consumo de 1'188,772 árboles de navidad, lográndose cubrir mediante plantaciones comerciales nacionales un 16.30 % del consumo total, y los viveros especializados participaron con un 33.22 %, mientras que las importaciones cubrieron un 50.48 % del consumo nacional. Los estados productores más importantes son: Puebla, Veracruz, México, Nuevo León, Tlaxcala y Distrito Federal . Los que mayormente importan son: Baja California Sur y Norte, Distrito Federal, Nuevo León y Tamaulipas. Dentro de las especies que mayormente se importa de los Estados Unidos y Canadá se encuentran: *Pseudotsuga menziesii* (abeto duglas), *Abies balsamea* (abies balsámico), *Pinus sylvestris* (pino), *P. eldarica* (pino), *P. pinea* (pino) y *Chamaecyparis sp.* (chimas) (SEMARNAP, 1997).

**Para comenzar a planear o establecer una plantación de árboles de navidad se necesita considerar los factores que más influyen como: suelo, clima, topografía, localización, accesibilidad, protección, labores requeridas, financiamiento, tasa interna de retorno, regulación gubernamental, competencia, especies, cosecha y mercado (Proebsting et al., 1981). Para lograr el éxito de la plantación, es necesario analizar cada uno de los factores, verificando de esta forma la factibilidad de la plantación.**

Por lo tanto, el éxito de una plantación de árboles de navidad depende de las metas que se pretendan alcanzar, como cuántos árboles por hectárea se desea producir con relación al tiempo y sin descuidar la calidad del arbolado, tomando además otros criterios de gran importancia como la demanda y la oferta. Solís (1962) señala que la elección de la densidad y el espaciamiento del arbolado dependerá del proyecto y del tiempo a cosechar, si se desea cortar o extraer con raíz en turnos de tres a cinco años, el espaciamiento será menor. La práctica ha demostrado que un espaciamiento de 1.50 metros es bueno para obtener los arbolitos hasta los nueve años.

Cuadro 2.1. Espaciamientos más comunes (sistema de “marco real”) en plantaciones de árboles de navidad en Estados Unidos.

<i>Árboles por hectárea</i>		
<i>Espaciamiento (metros)</i>	<b>Árboles/hectárea</b>	<b>10 por ciento de reducción por caminos</b>
1.2 X 1.2	6944	6250
1.4 X 1.4	5102	4592
1.5 X 1.5	4444	3999
1.7 X 1.5	3921	3528
1.5 X 1.8	3636	3272
1.7 X 1.7	3460	3114
1.7 X 1.8	3267	2940
1.8 X 1.8	3086	2977

Ajustando los espaciamientos se pueden tener árboles extraordinariamente anchos, bajos o altos. Las filas de los árboles deben ser rectas para permitir el acceso del equipo de trabajo. El diseño de plantación en marco real o tresbolillo (filas de surcos), tiene dos direcciones y proporciona una apariencia más agradable que un espaciamiento al azar dentro de cada fila (Proebsting y Langren, 1993).

La selección de la especie depende de varios aspectos que se deben tomar en cuenta, como: demanda consumida, localización geográfica, suelo y clima que determinan que especies pueden crecer sin problemas (Proebsting y Hanley, 1985). Además, considerar la distancia del mercado, la calidad y adaptabilidad de la especie, la resistencia a insectos y enfermedades, la tasa de crecimiento y el tiempo de rotación desde la plantación hasta la cosecha.

En la selección del sitio conviene considerar las condiciones en donde se desarrolla naturalmente la especie a utilizar, como la altura sobre el nivel del mar, buscando sitios que no estén muy expuestos a los vientos fríos y secos, y por supuesto, que se cuente con disponibilidad de agua (Solís, 1962), sin dejar de considerar también las tierras agrícolas que en ocasiones son pobres y ligeramente sinuosas pero con buen drenaje (Behlen, 1978).

### *Características y calidad del árbol de navidad*

Las características de un árbol de navidad son determinadas por la mayoría de los consumidores, éstos buscan un árbol con un color verde oscuro o verde azulado, hojas frescas, tallos rectos y de copa bien formada (ambos lados de la copa y su relación de ancho-altura de un 66 por ciento), con follaje denso, buen aroma y con una altura de seis a siete pies (Behlen, 1978). Los mejores precios se obtienen de acuerdo a las características señaladas, incluyendo otras como: ramas sin huecos, fuertes y firmes para sostener adornos (Solís, 1962). Generalmente los precios se fijan en relación a la calidad y altura del árbol de navidad.

En Estados Unidos las características naturales del árbol de navidad determinan su calidad, tomando principalmente para su clasificación las siguientes: a) color y densidad del follaje; b) taper (relación del ancho de la copa y la altura) de 40 a 100 por ciento; c) deformidades. Las calidades se dividen en orden descendente: a) US Premium, es la mejor calidad con árboles frescos, sanos y limpios, buena poda, por lo mínimo una densidad media, taper normal, las cuatro caras libre de daños; b) US-1, con defectos poco notables en el follaje, por lo menos tres caras completas; c) US-2, estándar con mayores defectos en sus copas, troncos algo doblados y espacios entre las ramas; d) Desechos, que algunas veces se utilizan también, pero con una cantidad considerable de defectos (Proebsting *et al.*, 1981; Behlen, 1978; Walterscheidt *et al.*, s/f).

### *Técnicas culturales de conformación*

*Para el mejoramiento de la forma y aspecto de los árboles, así como para el aprovechamiento de las plantaciones naturales se pueden utilizar las principales técnicas culturales de conformación, entre las cuales destacan: cultivo del tocón, poda basal, poda de conformación y técnica de cicatrización. Las ventajas que se obtienen con éstas, es que permiten mejorar la forma del árbol, induciendo a producir mas ramas a lo largo del tronco y con mejor distribución del follaje, aumentando así la calidad del arbolado y a la vez disminuyendo el tiempo de rotación (Chapa, 1976).*

**Cultivo del tocón.** *Mediante esta práctica se permite que las ramas y hojas del verticilo de fondo permanezcan en el tocón del árbol cortado, para que se desarrolle otro nuevo. El tocón debe estar tan cerca de la superficie del suelo como sea posible, dejándolo con algunas ramas, y después se reduce por lo menos la mitad de la longitud de las ramas para inducir a la formación del brote y posteriormente se selecciona el brote más vigoroso para el nuevo árbol que se desarrollará más rápidamente. Así, el cultivador no tiene que plantar, siendo el proceso de crecimiento rápido, porque el sistema radical ya está presente. Esta práctica tiene éxito en los géneros: Picea y Abies, pero raramente en Pinus, realizándose donde*

*la reproducción natural es limitada por los suelos pobres y secos*

*(Proebsting et al., 1981; Behlen, 1978).*

***Poda basal.** El objetivo de esta práctica es la remoción de las ramas no deseadas, entre verticilo de fondo y la superficie del suelo. La poda del tallo provee un razonable mango, de un tamaño menor a una pulgada por pie de altura del árbol. Se debe evitar defectos en los verticilos de fondo, como en los incompletos o tallos torcidos, debiendo contener preferentemente de cinco ó más ramas uniformes y bien distribuidas. Al realizar la poda basal se debe evitar la presencia de líderes excesivamente largos (Landgren y Douglass, 1982).*

*La poda fortalece la estructura de las ramas y aumenta la densidad del follaje, creando un mango liso libre de nudos, determinando a la vez la porción utilizable de la copa, pero, si se corta más de un tercio de la copa se puede reducir la tasa de crecimiento. De igual manera la remoción de un 60 por ciento de la copa reduce el crecimiento y quizá el follaje verde tome un color amarillo durante un año ó más (Proebsting y Hanley, 1985).*

***Poda de conformación.*** *La poda de conformación es la más importante de las operaciones para producir árboles de calidad. El esquilado y la poda son incluidos en la formación del árbol de navidad; el esquilado es un corte ligero del nuevo crecimiento de las ramas laterales para darle un apropiado “taper” y una densidad uniforme de copa, mientras que la poda, incluye la remoción de ramas dañadas, que compiten con el líder terminal. Para realizar la conformación del árbol de navidad se deben considerar lo siguientes criterios: a) el árbol debe tener un sólo tallo principal tan recto como sea posible; b) la forma del árbol debe ser simétrica y balanceada; y c) el follaje debe ser denso y compacto. El tiempo en el que debe hacerse es determinado por el primer año de crecimiento de la plántula; por lo regular se realiza a finales de abril o principios de*

*mayo o cuando el nuevo crecimiento comienza a sazonar*

*(Walterscheidt et al., s/f).*

Con esta técnica se aumenta la densidad del follaje, estimulando las ramas al crecimiento; controla el desarrollo excesivo de los árboles de Navidad de rápido crecimiento; y produce más árboles vendibles por hectárea, recuperando árboles que no serían comercializables. En los pinos, el esquilado debe hacerse cuando sus ramas y líderes están succulentos y cuando las hojas tienen más de la mitad de su tamaño normal. Los brotes característicos de los pinos son más fáciles de conformar que las demás especies, si se esquila en el momento oportuno. Su forma debe ser de un 40 a 60 por ciento de "taper" (Proebsting y Hanley, 1985). Los árboles esquilados tienen dos ó tres veces más el valor que los árboles sin esquilar (Behlen, 1978). La práctica de conformación se divide en dos operaciones: poda del líder y esquilado lateral (Landgren y Douglass, 1982).

*Poda del líder. Consiste en el corte de los líderes excesivamente largos y los no deseados, para aumentar la densidad del árbol y ayudar a la conformación del árbol. Durante la fase succulenta, el líder puede ser dañado por pájaros y animales o por el equipo de trabajo. Para corregir y reemplazar los líderes, existen dos técnicas para hacerlo: a) forzar al líder terminal; b) ligamiento de ramas, manteniendo así un solo líder a través del desarrollo del árbol*

*(Landgren y Douglass, 1993).*

El recorte del líder terminal se hace para mantener la altura del árbol y las proporciones correctas del ancho de la copa. El corte se hace en un ángulo

de 45 grados, para favorecer la formación y desarrollo de un solo brote, siendo el corte de ocho a diez pulgadas sobre el último verticilo bueno, previendo que existan hojas y yemas (brotes axilares) en el tallo. Arreglando también las ramas laterales aproximadamente un 50 por ciento de su longitud terminal (Walterscheidt et al., s/f).

*Esquilado lateral.* El esquilado lateral consiste en el recorte de las puntas de las ramas laterales para la conformación de la copa a un “taper” deseado, de esta manera se corrige el ancho y balance de la copa, y así aumentar también su densidad. La poda del líder debe preceder al esquilado lateral para establecer la cima del cono y guiar el esquilado. Algunos cultivadores recortan las cimas de sus árboles como un trabajo separado antes de esquilar los lados, sin embargo, otros combinan ambos procedimientos (Landgren y Douglass, 1983).

*Cicatrización basal.* Algunos cultivadores usan tratamientos estimulantes para tener un crecimiento acelerado, conocidos como cicatrización radical o basal. No son recomendados porque reduce el vigor normal del árbol y dificulta la predicción del próximo crecimiento (Landgren y Douglass, 1982).

*Se realiza un corte en la parte inferior del tallo principal de seis a ocho centímetros de largo y de dos a tres de ancho, dependiendo del*

*diámetro, afectando la corteza y el tejido parenquimático, estimulando así el desarrollo de las yemas en estado latente que están a lo largo del tallo principal (Solís, 1962).*

### *Labores culturales*

*Para producir árboles de navidad con calidad, se debe designar y mantener un programa de manejo cíclico de hierbas, durante el año antes de hacer la plantación y durante la vida de ésta, incluyendo técnicas de control como las cortas rotativas o de recubrimiento, así como el uso de herbicidas. Las hierbas tienen efectos negativos, reducen drásticamente el crecimiento e incrementan la mortalidad de las plántulas por competencia de nutrientes, humedad y luz. Una excesiva competencia reduce el vigor, tamaño y color de las agujas, así como la densidad del follaje y mantienen un hábitat para la fauna silvestre e insectos. En contraste, si se elimina toda la vegetación aumentan los escurrimientos, erosión y compactación del suelo por lo cual se debe cuidar también este recurso (William y Al-Khatib, 1995).*

Por lo tanto el balance de control de hierbas es importante para prevenir la erosión; así el cultivador realizará el control de hierbas y malezas en la

estación de crecimiento y proveerá una adecuada cobertura al suelo durante el invierno (Proebsting *et al.*, 1981). Esta práctica se realiza en los primeros dos años de la plantación. Para la óptima supervivencia y crecimiento, se debe guardar un área completamente desprovista de vegetación de dos a tres pies de ancho en las hileras de los árboles; el número de cortes depende del número de estaciones de crecimiento y de la distribución de crecimiento (Walterscheidt *et al.*, s/f).

Por lo general, la fertilización ocasiona un mejor crecimiento de las plantas competidoras, por lo que se requiere de mayores esfuerzos para controlar la maleza y a la vez, la fertilización puede estimular el crecimiento y disminuir la calidad estética de los árboles al producir largas puntas con pocas ramas entre los nudos. Sin embargo, puede ser muy provechoso si se realiza adecuadamente (Binkley, 1993).

Para aumentar el crecimiento y color del follaje de los árboles de navidad se debe fertilizar para proveer de nutrientes a la planta, por esto debe existir la necesidad de fertilizar, pues de lo contrario será un gasto innecesario y potencialmente perjudicial para el ambiente. Por lo anterior, se deben aplicar los nutrientes necesarios, que se determinan mediante un análisis del suelo o foliar. El nitrógeno ha sido recomendado por décadas para aumentar el color y crecimiento de los árboles de navidad. La aplicación de fertilizantes se realiza durante febrero y a principios de marzo, justamente antes de la primavera para que el crecimiento de las raíces minimice la pérdida de nutrientes por el movimiento del agua. La fertilización se puede hacer individualmente (Bondi *et al.*, 1995), cuando los árboles tienen menos de tres pies de altura, ya que se recomienda la aplicación individual por ser más precisa. Los fertilizantes más comunes son urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y otros fertilizantes foliares (Landgren y Douglass, 1993).

El ataque de los insectos y enfermedades generalmente limita la actividad de los árboles, debilitándolos y matándolos. Los insectos que atacan

las plantaciones pueden ser clasificados como barrenadores, descortezadores y desfoliadores (Goor y Barney, 1976). Por lo anterior, se debe considerar la protección de las plantaciones contra el ataque de insectos de manera similar a como se hace en los rodales naturales. Este tipo de control depende de los conocimientos que se tengan; asimismo, de la habilidad, la influencia del empresario y la disponibilidad de fondos. Son más susceptibles a este tipo de ataque las masas puras con relación a las mezcladas por varias especies (Wahlenberg, 1965).

El cuidado que se tenga en las operaciones de establecimiento y labores culturales durante los primeros años de una plantación, da como resultado el establecimiento de árboles sanos y vigorosos, haciendo que la plantación sea más resistente a los ataques de plagas y enfermedades. Sin embargo, si se presentan síntomas de ataque, se deben investigar e identificar cuanto antes las causas, tomando medidas de control que pueden ser silvícolas, químicas, biológicas o mecánicas (Chapman y Ellan, 1978).

## *Cosecha*

El número de años entre el establecimiento de la plantación y la cosecha varía, dependiendo de la especie, tamaño del árbol a cosechar, edad de la plántula, fertilidad del suelo, prácticas culturales y a otras variables (Landgren y Douglass, 1993; Koelling y White, 1978). Según Behlen (1978) el tiempo de rotación para el *Abies balsamea*, *A. Frazeri* y *Pseudotsuga menziesii*, es de 12 a 16 años, para el *Picea spp.* de 8 a 11, y para el *Pinus sylvestris* de cinco a siete años.

## Manejo Hídrico

### Riego en plantaciones forestales

Las plantaciones de árboles forestales con regadío suelen corresponder a estaciones áridas donde la precipitación pluvial de cada año rara vez excede los 200 ó 350 milímetros, o en estaciones de tipo semiárido cuyo periodo de lluvia es corto, con largos periodos de deficiente humedad del suelo. Las plantaciones con riego solo pueden sostenerse en pocas regiones donde existe gran escasez de madera o donde se tiene que tomar en cuenta otras consideraciones como la de evitar la erosión o la desertificación. Además, no se debe descartar la utilización de especies de rápido crecimiento, pues a veces presentan rendimientos superiores a los óptimos, logrando grandes resultados económicos en turnos cortos, constituyéndose en un buen objetivo para forestaciones comerciales (Chapman y Ellan, 1978; Cozzo, 1976).

**Goor y Barney (1976) señalan que la práctica de riegos suplementarios en plantaciones jóvenes sobre áreas de baja precipitación, es recomendable para el establecimiento de las plantas, siendo esta práctica relativamente costosa y probablemente justificada. En este sentido, pudieran realizarse de dos a tres aplicaciones de agua de aproximadamente dos litros por árbol, para el establecimiento y adecuado desarrollo de las raíces, teniendo un intervalo de dos a tres días entre cada riego, considerando que la aplicación de riegos pesados, profundos, son mejores que los riegos superficiales, teniendo en cuenta que el suelo no debe saturarse por humedad excesiva. Además, Cozzo (1976) recomienda riegos suplementarios en plantaciones jóvenes pero con mayor cantidad de agua y mayor espaciamiento entre cada riego,**

**suministrando así, de cuatro a seis litros de agua por árbol cada semana, pudiéndose aumentar a diez litros. Teóricamente, cada uno de esos suministros corresponde a una lluvia de 30 a 62 milímetros, realizando el regadío cuando se retrasan las lluvias o se presenta una prolongada sequía. Chapman y Ellan (1978) consideran que una aplicación cuantiosa de agua (20 litros de agua o más por árbol), con intervalos relativamente prolongados, es más eficaz que un riego ligero y frecuente. El riego debe hacerse poco después de la última lluvia, cuando la humedad del suelo ha descendido hasta el punto de marchitez, aplicándose a intervalos, hasta la llegada de las lluvias.**

Para determinar la cantidad de agua requerida por los árboles, se debe considerar que las raíces de los árboles consumen grandes cantidades de agua para sustituir la que pierden por transpiración y la que consumen en la actividad metabólica. Los árboles, en condiciones favorables pueden absorber hasta 6 milímetros por día de agua (75, 000 litros por hectárea) a principios del verano. Desde el punto de vista de peso, los árboles consumen de 300 a 500 kilogramos de agua por cada uno de materia seca producida; sin embargo, en suelos infértiles puede ser mayor la absorción (Pritchett, 1986).

Por otra parte, los árboles reaccionan de diversas maneras ante un estrés de humedad; algunos se extinguen en ciertas regiones debido a su baja resistencia a la sequía y no sobreviven hasta la edad productiva; otros, forman sistemas radicales profundos que pueden utilizar el agua freática durante los períodos secos; otros, se desprenden de sus hojas de manera que los mesófilos en verano se vuelven xerófilos en invierno y pierden poco agua. Las coníferas perennifolias xerófilas, cierran sus estomas para limitar la pérdida de agua y mantenerla a un nivel mínimo (Daniel *et al.*, 1982).

## Sistema de riego por goteo

**En la actualidad el riego por goteo se está utilizando en el establecimiento de plantaciones forestales y parques de regiones áridas, obteniéndose grandes beneficios como: reducción de la pérdida de agua, obtención de buenos resultados en cuanto a la producción, debido al uso óptimo de fertilizantes y al menor desarrollo de maleza (Chapman y Ellan, 1978; Goor y Barney, 1976).**

**En las plantaciones forestales comerciales con producción de árboles de navidad el sistema de riego más deseado es el de “goteo”, debido a que se aplican pequeñas cantidades de agua para reemplazar la pérdida por evaporación y transpiración de las plantas. La irrigación por goteo normalmente produce árboles saludables debido a la menor exposición al exceso de humedad y a la sequedad del suelo (Walterscheidt *et al.*, s/f).**

**El riego por goteo sigue siendo utilizado cada vez más en la arboricultura, cultivos en hileras y áreas de suelos pesados; es recomendado para regiones donde el agua sea cara e insuficiente, debido que existe un ahorro considerable de este recurso con este sistema (Borel, 1987). Este sistema de riego no necesariamente reduce el consumo de agua por hectárea, sino que puede incrementar la efectividad de absorción de agua, llegando a incrementar sustancialmente la producción (Caswell *et al.*, 1989). Debido al fertiriego (combinación de riego con fertilizante) se tiene un incremento de la producción (Cadahia, 1998; Postel, 1985 ).**

Otra de las ventajas que ofrece el riego por goteo es que no es afectado por el viento y las altas temperaturas, además, el agua cae en la zona radical de mayor concentración, en comparación con el sistema de aspersión

(Anónimo, 1983). Con este sistema, generalmente se recupera los costos entre tres y cinco años, ahorrando agua, energía y dando como resultado mayores rendimientos (Postel, 1985, Arteaga, 1991).

### III MATERIALES Y MÉTODOS

## Descripción del Área de Estudio

### Localización

El presente estudio se estableció sobre una plantación comercial de árboles de navidad ubicada en el predio particular “San Alberto”, aledaño al ejido Derramadero del Municipio de Saltillo, Coahuila, el cual se localiza 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. El predio se encuentra en una zona clasificada como planicie (inmersa en un amplio “cañón” denominado “Cañón de Derramadero”), el cual colinda al norte con La Sierra Huachichila y al sur con la Sierra “La Casita” ( CETENAL, 1975a).

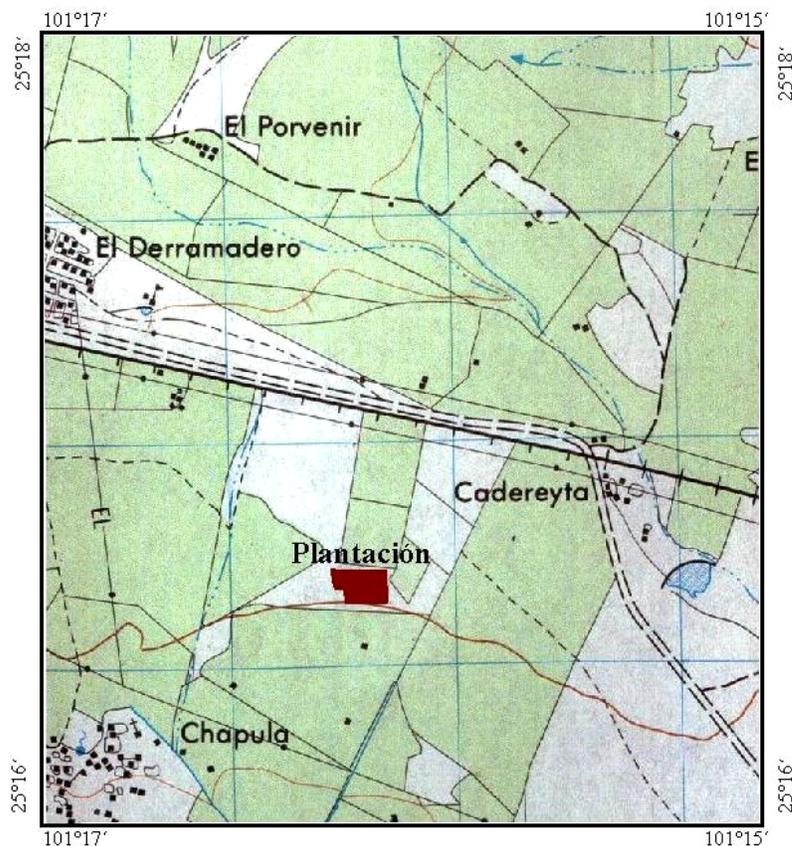


Figura 3.1. Localización geográfica de la plantación forestal comercial de árboles de navidad.

### **Clima**

De acuerdo a la estación meteorológica de San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila, que viene siendo la más próxima (seis Kilómetros) a la plantación, el clima pertenece al tipo B W hw'' (e), el cual corresponde al clima 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 en los meses de verano es por lo menos diez veces mayor en el mes más húmedo de la época lluviosa del año, que en el mes más seco; un porcentaje de lluvia invernal de entre 5 y 10.2 de la total anual; 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/hora.

Las heladas inician en el mes de noviembre y finalizan en febrero; en ocasiones se adelantan o 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 (CETENAL, 1977b).

### **Región hidrológica**

**El predio en mención se encuentra dentro la cuenca B, subcuenca E, de la región hidrológica RH24, con un coeficiente de escurrimiento de 5 a 10 % (SPP, 1981).**

## Geología y suelos

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(1977c), pertenece al grupo de las renzinas de textura media y castoñozem 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”, las características físicas y químicas que presenta: suelo migajón arcilloso (arena 31.8; limo 34.55; arcilla 33.65 por ciento); 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 (medianamente rico); contenido de carbonatos totales de 1.88 por ciento (extremadamente pobre). Este suelo se considera agronómicamente pobre.

## Vegetación

La vegetación natural predominante es del tipo subinermes, chaparral, izotal, mezquital, con especies predominantes como *Larrea tridentata* (gobernadora), *Berberis trifoliolata* (palo amarillo), *Yucca carnerosana* (palma samandoca), *Juniperus flaccida* (táscate) y *Mimosa pringley* (gatuño). Asimismo, 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* (fríjol), *Carya illinoensis* (nogal) y *Prunus persicae* (durazno) (CETENAL, 1977d).

## *Fauna silvestre*

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

### Características de la Plantación

La plantación se realizó entre los meses de junio y julio de 1998, siendo establecida con 4,500 árboles sobre una superficie de aproximadamente dos hectáreas, bajo un sistema de riego por goteo, con la aplicación de 25 litros de agua semanal por árbol. Se consideraron las especies de *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. eldarica*, como árboles de navidad en la plantación (Cuadro 3.1).

**Cuadro 3.1. Especies y procedencias utilizadas en la plantación comercial de árboles de navidad.**

Especies	Procedencias	Localización	Precipitación*
<i>Pinus ayacahuite</i>	Sta. Victoria Saltillo, Coah.	101° 03' W y 25° 12' N 2800 - 3100 msnm	500-600 mm
<i>Pinus cembroides</i>	Sierra de Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coah.	101° 30' W y 25° 10' N 2500 -2850 msnm	500-600 mm
<i>Pinus eldarica.</i>	Desconocida		

\*precipitación tomada de CETENAL (1977b)

Cuando se estableció la plantación, las plántulas del *Pinus eldarica*, *P. ayacahuite* y *P. cembroides*, medían aproximadamente en altura 40, 30 y 25 centímetros respectivamente. Estas especies se plantaron bajo el diseño de plantación de “marco real”, teniendo una equidistancia de 1.5 metros en *P.*

*cembroides* (4,445 árboles/hectárea.), mientras que en las otras especies tuvieron 2.0 metros de espaciamiento (2,500 árboles/hectárea.), con líneas de plantación orientadas de este a oeste. Se aplicaron riegos iniciales de auxilio para lograr un establecimiento exitoso de la plantación.

### *Establecimiento del Estudio*

El estudio se inició en julio de 1998 y con él se pretendió encontrar respuestas en las variables dasométricas de las tres especies de *Pinus* establecidas (*ayacahuite*, *cembroides* y *eldarica*). Cada especie fue considerada como un experimento individual, y sobre cada una se aplicaron ocho intensidades de riego semanal (Cuadro 3.2). La razón por la que se consideraron experimentos individuales, se debió a la diferencia del tamaño de las plantas entre especies al inicio de la plantación, así como para observar claramente el comportamiento de éstas en cuanto al crecimiento de acuerdo a las intensidades de riego.

Cuadro 3.2. Asignación de los tratamientos de riego para *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. eldarica*.

Tratamientos	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Riego (litros/semana/árbol)	Sin riego	5	10	15	20	25	30	35	40

La distribución de las unidades experimentales se realizó de manera aleatoria y al mismo tiempo se etiquetaron los árboles con placas de aluminio con las características: número de tratamiento, repetición y árbol, así como la cantidad de agua que se debía aplicar (Cuadro 3.2 y 3.3).

Cuadro 3.3. Distribución de los tratamientos de riego en *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. eldarica*.

<i>Pinus cembroides</i>		<i>Pinus ayacahuite</i>		<i>Pinus eldarica</i>	
Línea 2 (E-W) <sup>(+)</sup>	Línea 4 (E-W)	Línea 2 (E-W)	Línea 4 (E-W)	Línea 2 (E-W)	Línea 4 (E-W)
T5-R1 <sup>(II)</sup>	T3-R3	T6-R1	T8-R2	T4-R1	T1-R3
T1-R2	T5-R2	T4-R3	T5-R2	T6-R3	T8-R4
T8-R3	T8-R2	T2-R1	T8-R3	T6-R1	T3-R3
T7-R1	T3-R2	T6-R3	T8-R1	T7-R2	T2-R2
T4-R1	T8-R1	T0-R2	T5-R3	T4-R2	T7-R1
T6-R1	T6-R2	T1-R2	T6-R2	T0-R2	T1-R2
T4-R2	T4-R3	T7-R2	T3-R3	T8-R2	T3-R2
T7-R3	T2-R1	T0-R3	T0-R1	T0-R1	T5-R2
T2-R3	T1-R1	T2-R2	T2-R3	T2-R1	T5-R1
T3-R1	T0-R3	T4-R2	T1-R3	T1-R1	T0-R3
T0-R2	T7-R2	T7-R3	T4-R1	T4-R3	T7-R3*
T0-R1	T2-R2	T5-R1		T8-R3	
T5-R3		T3-R1		T3-R1	
T6-R3		T3-R2		T3-R1	
T1-R3		T1-R1		T5-R3	
		T7-R1		T2-R3	

(+) Ordenación de cada línea; E= Este y W= Oeste. (II) T= Tratamientos; R= repetición.

## *Aplicación de los Tratamientos de Riego*

La aplicación de los riegos se realizó con la ayuda de un tambo cisterna movido por un tractor agrícola y con ayuda de cubetas graduadas, suministrando el agua predeterminada para cada árbol sobre su cajete, teniendo así un control total del agua suministrada por árbol a través del tiempo. Los riegos fueron aplicados por la mañana (semanalmente), durante la época de sequía de cada año y disminuyéndose en invierno, entre noviembre y marzo de cada año, por razones fisiológicas ya que los árboles requieren menos agua por la dormancia. El experimento se evaluó periódicamente (cada 2 ó 3 meses) entre julio de 1998 y marzo de 2000.

## *Labores Culturales*

Las labores culturales que se realizaron durante el experimento, consistieron en deshierbes manuales cada dos meses, así como la aplicación de composta orgánica dos veces por año. Además, se aplicaron insecticidas para controlar el “pulgón lanífero” (*Pineus sp.*), en el caso de *Pinus eldarica*.

## *Diseño Experimental*

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

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

### **Donde:**

$M$  = Media general

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

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

El número de tratamientos fue igual a 9, con 3 repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en 3 árboles. En total se utilizaron 81 árboles por especie y 243 en los tres experimentos considerados.

## *Parámetros de Evaluación*

Los parámetros medidos y evaluados se consideraron a partir de la importancia que tiene el estrés de agua, sobre la reducción del crecimiento en altura y diámetro basal de las especies forestales, y en especial, sobre los

pinos. La evaluación de los parámetros se realizó periódicamente (cada 2 ó 3 meses), con el objetivo de cubrir un ciclo anual de crecimiento de los árboles bajo estudio, siendo un total de cinco evaluaciones desde marzo de 1999 hasta marzo de 2000. La primera evaluación se realizó después de establecer la plantación (julio 98), la cual no fue considerada por falta de datos, considerando así para la evaluación y análisis de los niveles riegos a partir de la segunda (Marzo 99) (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Evaluaciones realizadas durante el año 1999 y 2000.

1999 <sup>(*)</sup>	1999	1999	1999	2000
Primera <sup>(+)</sup>	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
02 Marzo <sup>(π)</sup>	05 Mayo	26 Agosto	17 Noviembre	05 Marzo

(\*) Año; (+) Evaluación; (π) Fechas.

En cada evaluación se contemplaron los siguientes parámetros, a fin de observar el comportamiento de las especies, con relación a las intensidades de los riegos:

- A) *Diámetro basal*: Mediante la utilización de un vernier se tomó el diámetro basal en milímetros, al nivel de la base del tallo (árbol), aproximadamente a una altura de medio centímetro sobre la superficie del suelo.
- B) *Diámetro de copa*: Se midió el diámetro de copa en centímetros, utilizando un promedio de dos mediciones, diámetro menor y mayor.
- C) *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). Ésta evaluación se hizo con una cinta métrica.
- D) *Incrementos totales*: En la fase de laboratorio, se procedió a procesar la información para cada uno de los parámetros considerados en la evaluación: altura, diámetro basal y de copa de los árboles.

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

#### *IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN*

**Los resultados obtenidos se presentan en tres partes, a manera de experimentos individuales (por especies); esto, debido a una mejor comprensión y discusión de los mismos. Asimismo, únicamente se contempla la primera y última evaluación para las tres especies, debido a**

que no se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en las primeras cuatro evaluaciones de *Pinus cembroides* y *P. eldarica*; en cambio, en *P. ayacahuite* se obtuvo diferencias estadísticas en la última evaluación en algunos parámetros.

## *Pinus ayacahuite*

*A continuación se presenta el Cuadro 4.1 de resultados de los crecimientos e incrementos en Pinus ayacahuite, así como los análisis de varianza (Cuadro 4.2) y comparación de medias (Cuadro 4.3).*

Cuadro 4.1. Variables de crecimiento e incremento en *Pinus ayacahuite* por tratamiento.

T <sup>(+)</sup>	DBI mm	DBF mm	DCI cm	DCF cm	ATI cm	ATF cm	ITDB mm	ITDC cm	ITA cm
T0	6.77	9.40	10.73	21.25	27.33	34.50	2.85	10.52	7.17
T1	7.47	9.77	11.73	12.50	33.00	33.23	2.30	0.77	0.23
T2	6.43	6.70	10.90	11.25	25.43	26.50	0.27	0.35	1.07
T3	7.77	12.07	12.20	19.20	29.93	38.33	4.30	7.00	8.40
T4	7.17	8.27	9.67	13.90	32.80	35.57	1.10	4.23	2.77
T5	6.77	7.73	9.90	11.70	26.23	29.67	0.97	1.80	3.43
T6	7.97	9.77	11.90	14.67	33.23	34.83	1.80	2.77	1.60
T7	7.60	8.70	10.67	12.00	32.90	37.40	1.10	1.33	4.50
T8	6.87	8.27	1.00	14.23	27.70	32.00	1.40	3.23	4.33

(+) T = Tratamiento; DBI = Diámetro basal inicial; DBF = Diámetros basal final; DCI = Diámetro de copa inicial; DCF = Diámetro de copa final; ATI = Altura total inicial; ATF = Altura total final; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC= Incremento total en diámetro de copa; ITA = Incremento total en altura.

En el Cuadro 4.2 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables de crecimiento e incremento: diámetro basal inicial (DBI), diámetros basal final (DBF), diámetro de copa inicial (DCI), diámetro de copa final (DCF), altura total inicial (ATI), altura total final (ATF), incremento total en diámetro basal (ITDB), incremento total en diámetro de copa (ITDC), incremento total en altura (ITA). Se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos de riego para las variables: DBF, DCF y ITDB; por otra parte, se tuvieron diferencias altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) para la variable ITDC.

Cuadro 4.2. Análisis de varianza para las respuestas de crecimiento e incremento en *Pinus ayacahuite* por tratamiento.

FV	GL		DBI	DBF	DCI	DCF	ATI	ATF	ITDB	ITDC	ITA
	I	F									
Modelo (CM)	8	8	0.85	6.28*	2.62	28.99*	38.37	45.11	3.96*	32.6**	55.97
Error (Var.)	18	16	0.96	2.14	4.64	7.84	31.32	47.05	1.47	8.78	30.94
CV %			13.64	16.17	18.94	19.46	18.26	20.82	66.90	100.77	253.7
Media			7.19	9.03	11.36	14.38	30.64	32.93	1.81	2.94	5.56

Desv. estándar                      0.98      1.46      2.15      2.80      5.60      6.86      1.21      2.96      5.56

**\*\* , \* = Niveles de significancia al 0.01 y 0.05, respectivamente.**

(+) FV= Fuente de variación; GI = Grados de libertad; I = Inicial; F = Final; DBI = Diámetro basal inicial; DBF = Diámetros basal final; DCI = Diámetro de copa inicial; DCF = Diámetro de copa final; ATI = Altura total inicial; ATF = Altura total final; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC= Incremento total en diámetro de copa; ITA = Incremento total en altura.

Los coeficientes de variación (CV) muestran un alto grado de confiabilidad para DBI, DBF, DCI, DCF, ATI y TTF, ya que son relativamente bajos (menos del 30 %), en tanto que para ITDB, ITDC y ITA, son muy altos (entre 66.9 y 253.7 %), pudiéndose explicar esto, debido a la variación del tamaño de la planta al momento de establecer la plantación y también a la variación de las condiciones edáficas.

Con base a las diferencias estadísticas entre los tratamientos de riego en el crecimiento e incremento del DBF, DCF, ITDB y ITDC, se presenta el Cuadro 4.3, el cual contiene las medias de las variables y los valores de la prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Se pueden apreciar dos efectos agrupados para las variables. En DBF y ITDB, los tratamientos T3 (15 litros), T1 (5 litros), T6 (30 litros), T0 (sin riego), T7 (35 litros), T8 (40 litros) y T4 (20 litros) son estadísticamente iguales y superiores, destacándose entre ellos el T3; sin embargo en el DCF, los tratamientos T0 (sin riego), T3 (15 litros), T6 (30 litros), T8 (40 litros) y T4 (20 litros), se comportaron estadísticamente iguales y superiores que el resto de los tratamientos; mientras que en ITDC, todos resultaron estadísticamente iguales, destacando entre ellos el T0.

Cuadro 4.3. Comparación de medias de las respuestas de crecimiento e incremento en *Pinus ayacahuite* por tratamiento.

T <sup>(+)</sup>	DBI mm	DBF mm	DCI cm	DCF cm	ATI cm	ATF cm	ITDB mm	ITDC cm	ITA cm
T0	6.77	9.40 ab	10.73	21.25 a	27.33	34.50	2.85 ab	10.52 a	7.17
T1	7.47	9.77 ab	11.73	12.50 b	33.00	33.23	2.30 ab	0.77 ab	0.23
T2	6.43	6.70 b	10.90	11.25 b	25.43	26.50	0.27 b	0.35 ab	1.07
T3	7.77	12.07 a	12.20	19.20 ab	29.93	38.33	4.30 a	7.00 ab	8.40

T4	7.17	8.27 ab	9.67	13.90 ab	32.80	35.57	1.10 ab	4.23 ab	2.77
T5	6.77	7.73 b	9.90	11.70 b	26.23	29.67	0.97 ab	1.80 ab	3.43
T6	7.97	9.77 ab	11.90	14.67 ab	33.23	34.83	1.80 ab	2.77 ab	1.60
T7	7.60	8.70 ab	10.67	12.00 b	32.90	37.40	1.10 ab	1.33 ab	4.50
T8	6.87	8.27 ab	1.00	14.23 ab	27.70	32.00	1.40 ab	3.23 ab	4.33
C Tukey		4.19		8.02			3.52	8.40	

(+) T = Tratamiento; DBI = Diámetro basal inicial; DBF = Diámetros basal final; DCI = Diámetro de copa inicial; DCF = Diámetro de copa final; ATI = Altura total inicial; ATF = Altura total final; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC= Incremento total en diámetro de copa; ITA = Incremento total en altura.

(\*) Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo al prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Para una mejor observación de los crecimientos finales e incrementos totales con relación a los tratamientos de riego, se presentan las Figuras 4.1 y 4.2, donde se observa el comportamiento del crecimiento e incremento con relación a cantidad de agua aplicada por árbol (semanalmente), mostrándose superior el tratamiento T3 en DBF, con menor cantidad de riego por semana (15 litros de agua). En cambio en DCF, el tratamiento que sobresale es el T0 (sin riegos), seguido por el T3.

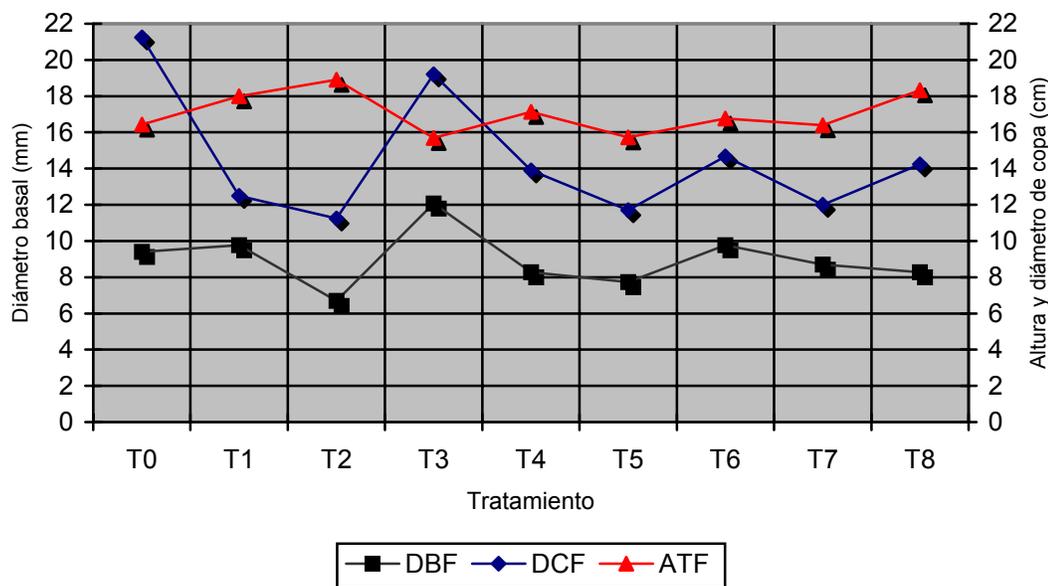


Figura 4.1. Crecimientos finales en altura total (ATF), diámetro basal (DBF) y diámetro de copa (DCF) por efecto de tratamientos de riego para *Pinus ayacahuite*.

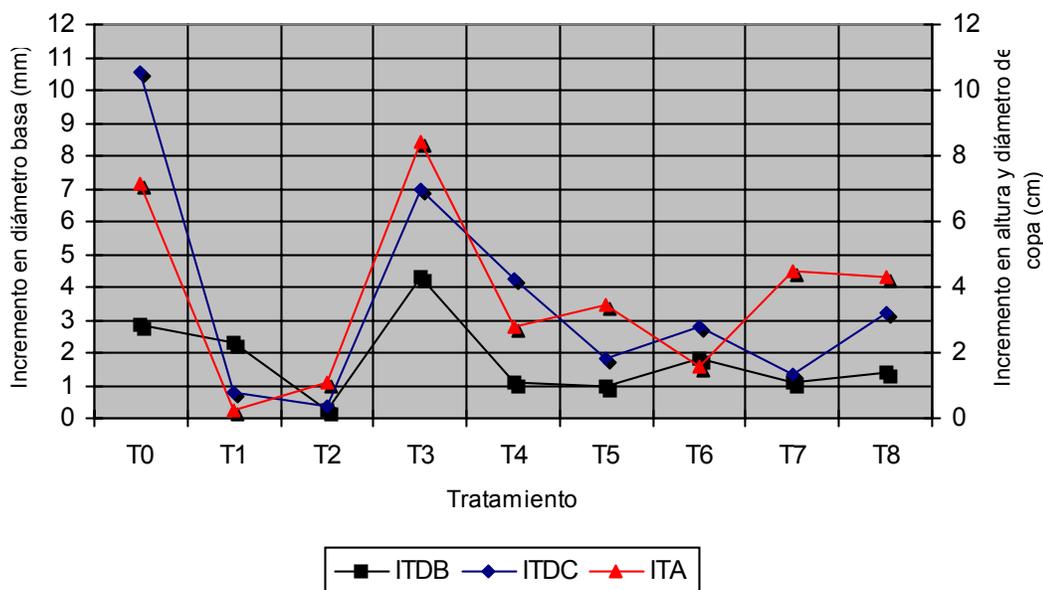


Figura 4.2. Incrementos totales en altura (ITA), diámetro basal (ITDB) y diámetro de copa (ITDC) por efecto de tratamientos de riego para *Pinus ayacahuite*.

**Por lo anterior se deduce que el riego T3 (15 litros) es superior en DBF que el resto de los tratamientos, debido a que cierto nivel o cantidad de agua aplicada llega a un punto máximo y por lo tanto, aunque se siga aplicando más agua, ya no aumentará sustancialmente el diámetro basal; es aquí donde se obtiene el volumen óptimo de riego o punto de equilibrio entre el contenido de humedad y aire en el suelo, para un buen crecimiento del árbol.**

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de riego en DBF y DCF, debido a que los datos de estas variables fueron tomados después de un año y siete meses de riego (julio del 98 a marzo de 2000) y con un ciclo de crecimiento normal; el caso contrario fue para los crecimientos iniciales (DCI, DBI y ATI), donde no se encontraron diferencias estadísticas ya que no transcurrió ni un ciclo de crecimiento bajo riego (julio del 98 a marzo de 99), dado que la especie ya pasaba por las últimas semanas de su ciclo de crecimiento, precisándose que el

crecimiento de *P. ayacahuite* inicia a principios de abril, acelerándose a mediados de mayo y terminando a principios de agosto (Chávez, 1996).

Las variaciones entre los tratamientos en el DBF, se deben a la cantidad de agua que afecta directamente el desarrollo de los anillos y el cambium vascular (crecimiento basal diario “diurno”) (Bidwell, 1993; Spurr y Barnes, 1982), viéndose reflejado a partir del riego de 5 litros, donde comienza a aumentar hasta el riego de 15 litros, a partir del cual decrecen lentamente ambas variables. Las diferencias significativas en el ITDB con relación a la intensidad de riego, se deben a que a los árboles experimentan por transpiración una gran pérdida de agua que absorben del suelo, lo que da lugar a una disminución del incremento en volumen, mientras que la absorción del agua durante la noche, da lugar a un incremento en diámetro; así, las variaciones diarias en el diámetro debido a la cantidad de agua absorbida, se manifiestan en el incremento. Estas variaciones son derivadas de las diferencias entre las dilataciones nocturnas y las contracciones diurnas, siendo más favorables en el riego de 15 litros de agua con relación a los demás riegos (Klepac, 1976). A nivel celular, el agua entra (turgencia) a la célula expandiendo las paredes celulares, pero a la vez sintetiza nuevos materiales de la pared celular y membrana, de manera que esta pared no se vuelve más delgada (Salisbury y Ross, 1994).

Por otra parte, pudiera atribuirse a las altas temperaturas el gran desarrollo en diámetro basal, ya que este factor funciona como un mecanismo de protección para el tallo principal, evitando así una disminución de la translocación del agua y los nutrientes, dado que la especie se encuentra en condiciones con altas temperaturas debido a la exposición zenital (plano) del sitio.

El tratamiento T0 (sin riego) fue superior en el DCF, a causa de que algunos de los árboles de este tratamiento fueron reemplazados por otros

ya que perecieron en las últimas mediciones, por lo que T0 presentó mayores valores en ambas variables con relación al resto de los tratamientos, seguido por el T3, el cual fue superior en DBF e ITDB ante la aplicación de 15 litros de agua por semanal.

Asimismo, se observa que los mayores valores en DCF se presentan a partir del riego correspondiente a 15 litros, con relación a los de 25, 30, 35 y 40 litros, los cuales provocan una disminución de este parámetro, ya que la cantidad de agua afecta el desarrollo foliar de los pinos y las reacciones bioquímicas de su fotosíntesis (producción de biomasa). Por lo tanto, a bajas tasas de fotosíntesis no habrá un crecimiento foliar significativo y consiguientemente no habrá desarrollo en diámetro de copa; aquí se constata la importancia o influencia de un déficit de agua sobre el proceso de fotosíntesis (Daniel, Helms y Backer, 1982), afectando indirectamente la hidratación del protoplasma y el cierre de los estomas, no permitiendo la entrada de  $\text{CO}_2$  y por lo tanto, nulificando la producción de clorofila. Así también, las condiciones óptimas para la fotosíntesis ocurren cuando hay abundante agua y el ambiente promueve bajas demandas de evaporación, presentándose el crecimiento en diámetro de copa en los árboles, durante los meses húmedos de abril a agosto de cada año.

Sin embargo, la mayoría de los árboles de los diferentes tratamientos presentaron una copa de bajo vigor, debido a que permanentemente denotaba un estado de marchitez así como un follaje escaso y con pocas ramificaciones secundarias, debiéndose quizá a su exposición directa a los rayos del sol, dado que es una especie medianamente tolerante a la sombra, realizando su máxima tasa de fotosíntesis bajo condiciones de menor iluminación y evapotranspiración, lográndose apreciar que esta especie no se desarrolla adecuadamente en el área, aún bajo la aplicación de riego.

Por otra parte se aprecia que los valores que se obtuvieron en DCF (diámetro de copa máximo de 19.2 centímetros) son muy bajos con relación al tiempo de la plantación (un año y siete meses), en comparación al crecimiento de la especie bajo condiciones naturales y sin manejo, de acuerdo a los resultados obtenidos por Castro (1990), quién encontró que a un año de establecerse la plantación, se obtuvo un diámetro de copa promedio de 19.56 centímetros en una exposición norte, y a la vez, en exposición sur presentaban 17.56 centímetros. Por parte, recordando las reglas para el traslado de procedencias (Zobel y Tolbert, 1988), los cuales establecen que no se debe trasladar árboles de áreas que presentan climas uniformes con pequeñas fluctuaciones de precipitación y temperatura, a áreas de fluctuaciones duraderas de estos factores.

En la variable ATF no se tuvieron diferencias significativas entre los riegos debido, posiblemente, a las condiciones de la plantación, en especial a la exposición topográfica, ya que el predio se encuentra en una exposición zenital, por lo cual existe una gran cantidad de luz directa. Por lo tanto, los árboles no respondieron a la cantidad de agua como se esperaba debido, probablemente, a que se establecieron en una condición de gran incidencia de luz solar, ya que es una especie medianamente tolerante, requiriendo en sus primeras etapas de crecimiento una baja radiación lumínica, y dado que el crecimiento en altura de los árboles por lo general responde a la intensidad de luz, o sea que cuando hay menos luz, las especies tienden a crecer más en altura que en diámetro, para seguir sobreviviendo o realizar su fotosíntesis, sacrificando así su crecimiento en diámetro basal. Por lo tanto, las especies intolerantes presentan un crecimiento mayor en altura que las tolerantes (Harold y Hocker.1984). Tal es el caso del *P. ayacahuite* el cual, si se establece bajo condiciones de gran insolación no logra desarrollarse con gran velocidad en altura, ya que también las especies tolerantes tienen mayor eficiencia fotosintética bajo condiciones de baja iluminación, con relación a las intolerantes; el caso contrario ocurre en los

lugares con alta iluminación (Daniel, Helms y Backer, 1982). En este sentido Sánchez (1988), estableció que en su experimento con *Abies vejarii* (tolerante), se presentaron mayores incrementos en altura bajo intensidades de sombreado del 70 por ciento, respecto al sombreado del 40 por ciento.

Por otra parte, el efecto del riego no se puede apreciar claramente debido a que las plantas no presentaban uniformidad en altura al momento de iniciar el experimento.

La respuesta pobre de la especie *ayacahuite* a la aplicación de los riegos, se dió posiblemente a que crece y se desarrolla en condiciones húmedas (mesófila), encontrándose naturalmente en barrancos, cañones y en exposiciones norte, mientras que en el experimento, la exposición fue zenital, con alta radiación solar y otras condiciones ambientales diferentes a su área de distribución natural.

## *Pinus cembroides*

A continuación se presenta el Cuadro 4.4 de resultados de los crecimientos e incrementos en *P. cembroides*, así como también los análisis de varianza (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.4. Variables de crecimiento e incremento en *Pinus cembroides* por tratamiento.

T <sup>(*)</sup>	DBI mm	DBF mm	DCI cm	DCF cm	ATI cm	ATF cm	ITDB mm	ITDC cm	ITA cm
T0	8.77	16.43	9.33	16.20	24.57	34.67	7.67	6.87	10.10
T1	9.43	18.00	10.73	19.20	26.44	37.73	8.57	8.47	11.29
T2	9.57	18.90	10.90	21.87	35.43	38.97	9.33	10.97	3.54
T3	8.80	15.70	10.13	19.55	31.40	36.13	6.90	9.40	4.73
T4	9.37	17.13	11.10	21.13	30.00	37.33	7.77	10.03	7.33
T5	8.87	15.73	12.43	21.43	23.73	33.47	6.87	9.00	9.73

T6	9.60	16.77	9.17	18.03	30.77	37.33	7.17	8.87	6.57
T7	9.23	16.40	9.77	18.83	27.27	37.50	7.17	9.07	10.23
T8	9.57	18.33	12.83	22.23	27.33	34.57	8.77	9.40	7.23

(+) T = Tratamiento; DBI = Diámetro basal inicial; DBF = Diámetros basal final; DCI = Diámetro de copa inicial; DCF = Diámetro de copa final; ATI = Altura total inicial; ATF = Altura total final; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC= Incremento total en diámetro de copa; ITA = Incremento total en altura.

En el Cuadro 4.5 se muestran los cuadrados medios de las variables de crecimiento e incremento: diámetro basal inicial (DBI), diámetros basal final (DBF), diámetro de copa inicial (DCI), diámetro de copa final (DCF), altura total inicial (ATI), altura total final (ATF), incremento total en diámetro basal (ITDB), incremento total en diámetro de copa (ITDC) e incremento total en altura (ITA), de donde se deduce que no hay diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre las medias de los tratamiento para las variables evaluadas.

Los resultados son confiables para DBI, DBF, DCI, DCF, ATI, ATF, INTDB e ITDC, con base al coeficiente de variación menor al 30 por ciento, sin embargo, para ITA es alto (63.60) debido principalmente a la variación del tamaño (altura) de las plantas al momento del establecimiento de la plantación.

Cuadro 4.5. Análisis de varianza para las respuestas de crecimiento e incremento en *Pinus cembroides* por tratamiento.

FV	GL		DBI	DBF	DCI	DCF	ATI	ATF	ITDB	ITDC	ITA
	I	F									
Modelo (CM)	8	8	0.36	3.83	4.92	13.30	42.29	14.00	2.39	4.29	15.14
Error (Var.)	18	16	1.56	5.27	5.11	10.82	22.42	40.68	2.70	4.79	25.84
CV %			13.50	13.48	21.10	16.74	16.62	17.49	21.08	24.49	63.60
Media			9.24	17.02	10.71	19.64	28.48	36.45	7.80	8.93	7.99
Desv. estándar			1.25	2.30	2.26	3.29	4.73	6.38	1.64	2.19	5.08

**\*\* , \* = Niveles de significancia al 0.01 y 0.05, respectivamente.**

(+) FV= Fuente de variación; GI = Grados de libertad; I = Inicial; F = Final; DBI = Diámetro basal inicial; DBF = Diámetros basal final; DCI = Diámetro de copa inicial; DCF = Diámetro de copa final; ATI = Altura total inicial; ATF = Altura total final; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC= Incremento total en diámetro de copa; ITA = Incremento total en altura.

Para observar desde otro enfoque el comportamiento de los crecimientos e incrementos, se presentan las Figuras 4.3 y 4.4, en donde se observa que no hay fluctuaciones significativas en las variables finales de diámetro basal y de copa, así como de altura. Por otra parte, se observa que

sobresale ligeramente el riego de 10 litros en las curvas de ITDB e ITDC, muestran que para la curva de ITA se observan grandes fluctuaciones.

Una de las razones por las que no se encontraron diferencias significativas en DBI, DBF, DCI, DCF, ATI, ATF, ITDB, ITDC e ITA, en *P. cembroides*, pudiera deberse a los mecanismos restrictivos de crecimiento de la especie, ya que vive sobre áreas secas y de baja precipitación que limitan su crecimiento, y a que las procedencias que se distribuyen sobre ambientes con recursos limitados poseen mecanismos restrictivos de crecimiento, los que funcionan aunque se le proporcionen recursos sin límites, siendo una estrategia conservadora impuesta evolutivamente por el ambiente restrictivo, y dando así, mejores resultados en su ambiente natural (Capo, López y Cornejo, 1993). Aún así, en su ambiente natural no responde ante una aplicación extra de agua que va de 5 a 40 litros por árbol semanalmente y con una precipitación de 370 milímetros, por lo que, aunque a esta especie se le proporcione una gran cantidad de agua, no responderá favorablemente en sus parámetros de

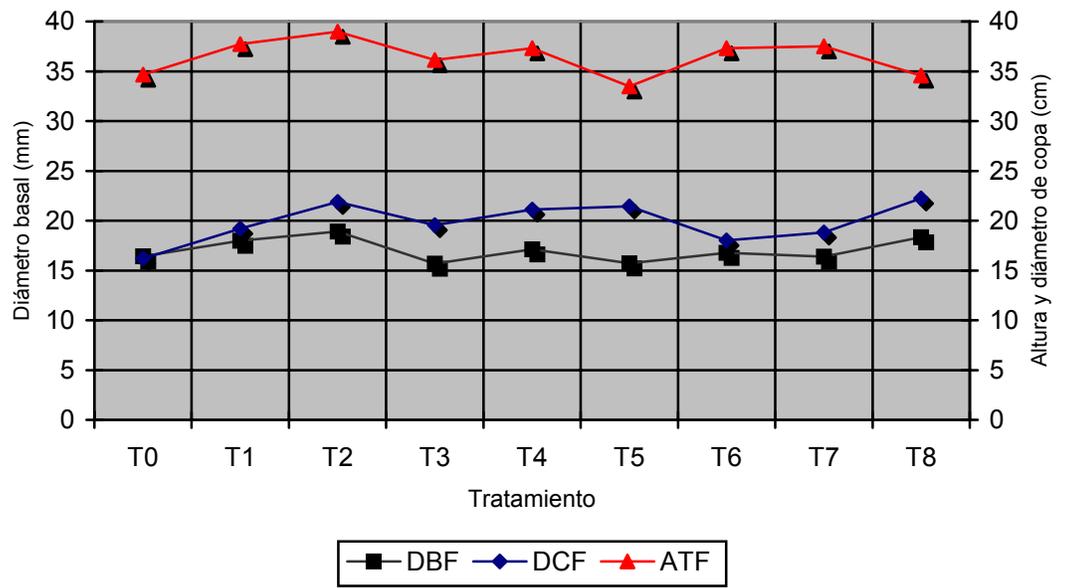
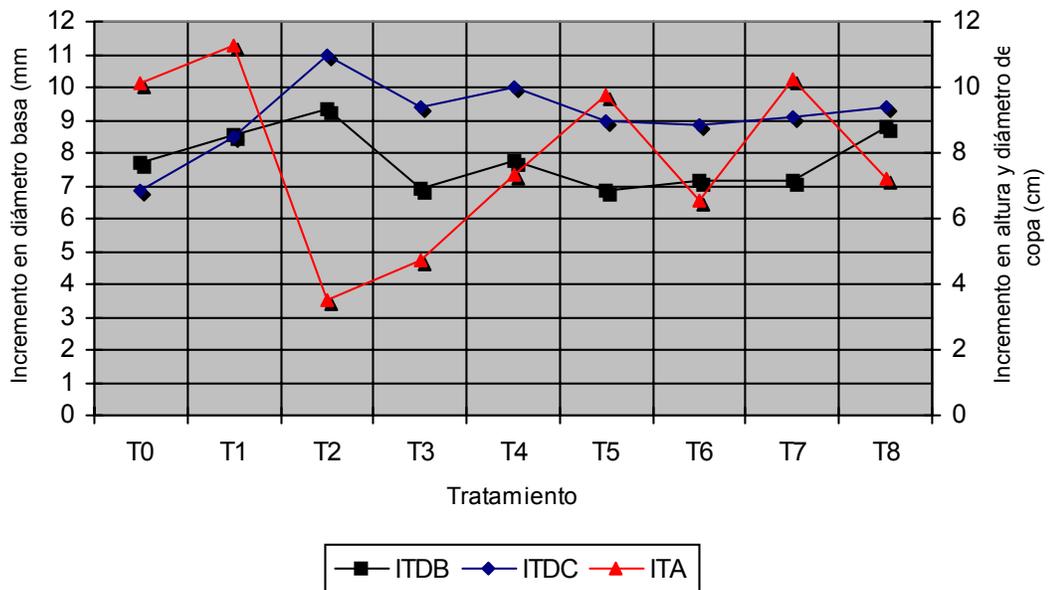


Figura 4.3. Crecimientos finales en altura total (ATF), diámetro basal (DBF) y diámetro de copa (DCF) por efecto de tratamientos de riego para *Pinus cembroides*.



**Figura 4.4. Incrementos totales en altura (ITA), diámetro basal (ITDB) y diámetro de copa (ITDC) por efecto de tratamientos de riego para *Pinus cembroides*.**

crecimiento, dado que es una especie que vive en áreas con gran escasez de agua la mayor parte del año, mostrando con ello una alta tolerancia a la sequía.

Por lo anterior (resistencia a la sequía), esta especie tiene una menor eficiencia fotosintética (crecimiento) que los árboles mesófilos ante una condición normal o máxima de humedad; el caso contrario ocurre en condiciones de sequía donde su eficiencia es mayor (Yañez y García, 1985), razón por la cual esta especie probablemente no haya respondido satisfactoriamente a la cantidad de agua suministrada semanalmente. En este sentido, Rodríguez y Aldrete (1989) encontraron que bajo dos ciclos de crecimiento con diferente precipitación, el *P. cembroides* creció más en altura, bajo condiciones de sequía (Precipitación de 309 mm) que en condiciones de mayor precipitación, y a la vez más que *P. eldarica*, *P. halepensis*, *P. pinea* y *P. maximartinezii* bajo condiciones de sequía.

Otra de las posibles razones por las que no se obtuvo respuesta de la especie a los tratamientos de riego, fue debido al poco tiempo que duró la evaluación del experimento y en especial a su crecimiento lento, dado que la plantación tenía bajo manejo hídrico un año y siete meses (19 meses), previendo así, que el tiempo de la evaluación no fue suficiente, por lo que los árboles pudieron no haberse expresado en su totalidad para cada uno de sus parámetros medidos, en cuanto a su potencial esperado, ya que la evaluación solamente consideró un ciclo anual de crecimiento (julio de 1998 a marzo de 2000) bajo riego, teniendo un patrón de crecimiento estacional; iniciando en primavera y parte de verano, continuando durante el otoño y disminuyendo lentamente en el invierno (Rodríguez y Aldrete, 1989). Al respecto Hernández (1991) encontró respuestas favorables después de 22 meses de establecida la plantación en la Sierra de Zapalinamé, en cuanto al incremento absoluto de altura y diámetro basal en *P. cembroides*, de acuerdo al manejo de la humedad bajo el sistema de plantación en “cepa común con microcuenca”.

A raíz de que no se tuvieron diferencias estadísticas en los parámetros evaluados durante el período del experimento, es posible considerar que de permanecer el trabajo durante más tiempo, el tratamiento que pudiera dar mejores resultados sería el T2 (aplicación de 10 litros de agua por árbol semanalmente); ya que presentó los más altos valores en los parámetros medidos; más aún, en los incrementos totales de las variables evaluadas, donde se observa la productividad influenciada por la cantidad de agua aplicada.

## *Pinus eldarica*

A continuación se presenta el Cuadro 4.6 de resultados de crecimientos e incrementos, del cual se desprende el análisis de varianza (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.6. Variables de crecimiento e incremento en *Pinus eldarica* por tratamiento.

T <sup>(+)</sup>	DBI mm	DBF mm	DCI cm	DCF cm	ATI cm	ATF cm	ITDB mm	ITDC Cm	ITA cm
T0	6.20	13.17	7.72	20.57	37.97	49.93	6.79	12.85	11.97
T1	6.57	15.27	8.17	19.87	36.30	55.00	8.70	11.70	18.70
T2	6.80	17.10	8.73	25.87	39.47	56.67	10.30	17.13	17.20
T3	7.13	17.10	10.23	26.83	40.90	57.27	9.97	16.60	18.37
T4	6.83	21.35	9.00	28.60	34.53	62.90	14.50	19.60	28.37
T5	7.07	17.76	8.85	25.88	42.57	59.20	8.40	13.35	16.63
T6	7.60	18.17	9.22	26.40	40.23	59.17	10.57	17.18	18.94
T7	7.13	17.85	9.27	31.05	42.87	67.77	10.72	21.78	24.90
T8	7.27	17.53	9.66	24.53	39.47	59.43	10.26	14.87	19.97

(+) T = Tratamiento; DBI = Diámetro basal inicial; DBF = Diámetros basal final; DCI = Diámetro de copa inicial; DCF = Diámetro de copa final; ATI = Altura total inicial; ATF = Altura total final; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC=

Incremento total en diámetro de copa; ITA = Incremento total en altura.

En el Cuadro 4.7 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables de crecimiento e incremento: diámetro basal inicial (DBI), diámetros basal final (DBF), diámetro de copa inicial (DCI), diámetro de copa final (DCF), altura total inicial (ATI), altura total final (ATF), incremento total en diámetro basal (ITDB), incremento total en diámetro de copa (ITDC) e incremento total en altura (ITA). No se encontraron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) entre las medias de los tratamientos de cada una de las variables medidas.

Cuadro 4.7. Análisis de varianza para las respuestas de crecimiento e incremento en *Pinus eldarica* por tratamiento.

FV	GL		DBI	DBF	DCI	DCF	ATI	ATF	ITDB	ITDC	ITA
	I	F									
Modelo (CM)	8	8	0.53	12.45	1.68	33.65	22.69	71.29	9.21	25.04	64.20
Error (Var.)	18	16	0.65	14.36	0.92	29.24	32.02	58.93	11.78	29.66	91.93
CV %			11.63	21.70	10.68	20.65	14.37	13.08	32.67	31.71	49.90
Media			6.95	17.45	8.98	26.18	39.35	58.66	10.50	17.17	19.21
Desv. estándar			0.81	3.79	0.96	5.40	5.66	7.68	3.43	5.45	9.59

**\*\* , \* = Niveles de significancia al 0.01 y 0.05, respectivamente.**

(+) FV= Fuente de variación; GI = Grados de libertad; I = Inicial; F = Final; DBI = Diámetro basal inicial; DBF = Diámetros basal final; DCI = Diámetro de copa inicial; DCF = Diámetro de copa final; ATI = Altura total inicial; ATF = Altura total final; ITDB = Incremento total en diámetro basal; ITDC= Incremento total en diámetro de copa; ITA = Incremento total en altura.

Los coeficientes de variación muestran la confiabilidad de los resultados debido a que es menor a 30 por ciento para DBI, DBF, DCI, DCF, ATI y ATF, en tanto que para ITDB, ITDC e ITA no es confiable (31.71 a 49.9 por ciento), debido quizás a las condiciones edáficas.

Para apreciar mejor el comportamiento del crecimiento e incremento de la especie, se presentan las Figuras 4.5 y 4.6, donde se observa un ligero

crecimiento de las variables (DBF, DCF y ATF) al aumentar la cantidad de riego aplicado. Por otra parte, también se observan mayores incrementos para las tres variables medidas en cuanto al riego de 25 litros.

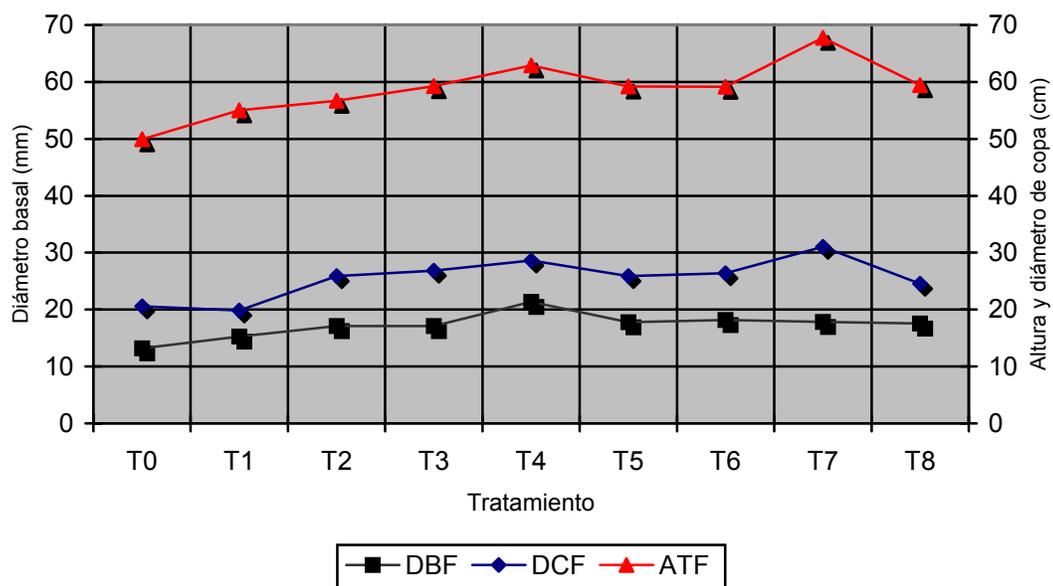
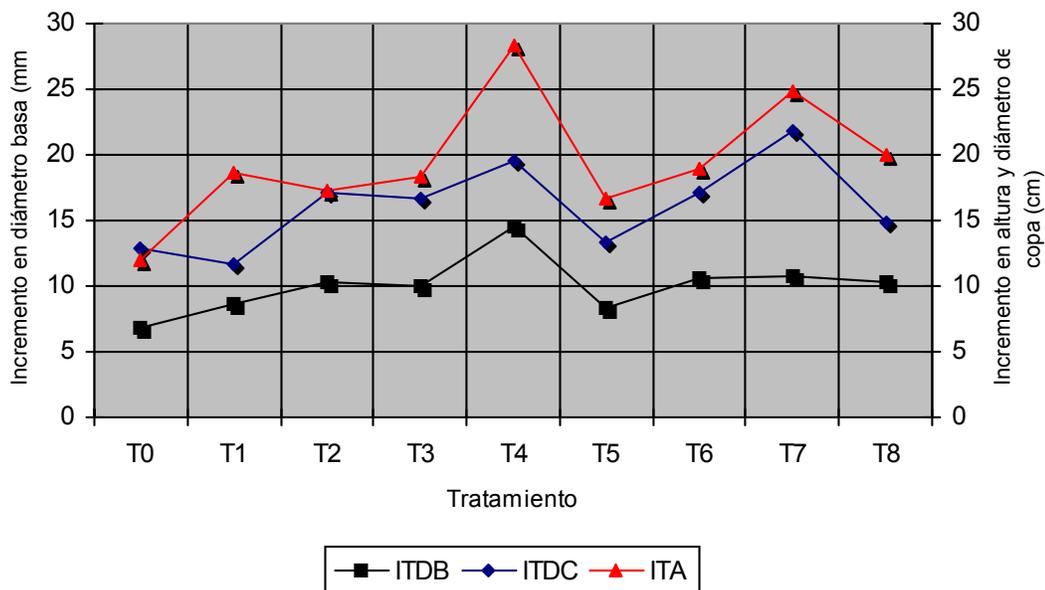


Figura 4.5. Crecimientos finales en altura total (ATF), diámetro basal (DBF) y diámetro de copa (DCF) por efecto de tratamientos de riego para *Pinus eldarica*.



**Figura 4.6. Incrementos totales en altura (ITA), diámetro basal (ITDB) y diámetro de copa (ITDC) por efecto de tratamientos de riego para *Pinus eldarica*.**

Con relación a los resultados obtenidos, se puede observar que no presentaron respuestas favorables en las variables evaluadas: DCI, DCF, DBI, DBF, ATI, ATFI, ITDB, ITDC e ITA. Esto puede deberse al corto tiempo de evaluación del experimento que fue de un año y siete meses de riego; no obstante que *P. eldarica* es de rápido crecimiento, considerando que el tiempo no fue suficiente como para observar el comportamiento de la especie respecto al riego. Es posible que después de dos años pudiera observarse una respuesta más confiable de los árboles en función a la cantidad de agua aplicada, que va de 5 a 40 litros por semana; así, la especie pasará por dos ciclos de crecimiento vegetativo, influenciado por la disponibilidad de agua a causa de los riegos. Al respecto Negrete y Barragán (1992), después de dos años de manejar la humedad, encontraron diferencias en altura para *Pinus duranguesis* en el arropo del suelo, con relación al testigo.

Considerando también que la especie es exótica y de procedencia desconocida, así como resistente a la sequía durante los primeros años de establecida, se adapta exitosamente a las nuevas condiciones (diferentes a las de su ambiente original), también a una aplicación extra de agua durante la época de sequía del año (marzo a noviembre) y espaciadamente en los meses de noviembre a marzo (riegos quincenales). Es quizá por ello, que

aún no se presentan los crecimientos esperados de acuerdo al volumen de riego aplicado, considerando los antecedentes de respuesta favorable en la región, bajo un manejo normal, dado que presenta buenos niveles de crecimiento e incremento, teniendo regionalmente un adecuado patrón de crecimiento estacional; crecimiento mayormente en primavera, parte de verano y en otoño, creciendo lentamente en el invierno (Rodríguez y Aldrete, 1989).

A consecuencia de que no se encontraron diferencias estadísticas en los parámetros evaluados entre los tratamientos de riego, no se puede afirmar con relación al riego mínimo permisible cuál es el mejor, sin embargo, se puede apreciar que más adelante el tratamiento T4 puede destacar con relación a los demás, con la aplicación de 20 litros de agua por árbol semanalmente, ya que presenta mayores valores en los parámetros medidos y sobresaliendo ligeramente en los incrementos.

#### **Discusión General**

De acuerdo a los resultados obtenidos y discutidos para las tres especies bajo estudio, se puede considerar de manera objetiva que no se logró cumplir con los objetivos propuestos en la presente investigación, debido principalmente al corto tiempo de evaluación.

**Según este trabajo, las mejores especies en cuanto al establecimiento y crecimiento fueron *Pinus eldarica* (DCF, ATF, ITDC e ITA), seguido por *P. cembroides*, que es una especie idónea para el sitio dada su condición de nativa. El *P. ayacahuite* tuvo problemas durante su establecimiento y desarrollo inicial, presentando un crecimiento de bajo vigor fisiológico, por lo que no se recomienda para la región ( Cuadro 4.5 y 4.5).**

El *P. ayacahuite* respondió de manera limitada a los riegos debido a que es una especie que aún y cuando vive en sitios húmedos y sombríos, presentó bajo vigor durante su crecimiento, mostrando una copa amarillenta y escasa, esto debido principalmente a que el sitio de la plantación no es adecuado para esta especie en las condiciones actuales (diferentes a su hábitat natural).

El *P. cembroides* no respondió favorablemente al riego durante los 19 meses que duró el experimento; esto fue debido, probablemente, a su mecanismo restrictivo de crecimiento, así como a su lento crecimiento, pudiéndose notar la influencia de la cantidad de riego sobre el desarrollo de los árboles después de tres ciclos anuales ó más de crecimiento.

En cambio *P. eldarica* mostró un crecimiento vigoroso de follaje denso y color verde, siendo éste un buen prospecto para árbol de navidad (Cuadro 4.6).

El riego de 10 litros mostró un efecto superior en el caso de *P. cembroides* con relación a las variables: DBF, DCF, ATF, ITDB e ITDC (Figuras 4.2 y 4.3; Cuadro 4.5).

Para *P. eldarica* se tuvo dos riegos que resultaron ser superiores, los de 20 y 40 litros de agua por semana, con relación a las variables: DBF, DCF y ATF; sin embargo, sobresale el riego de 20 litros con relación a ITDB, ITDC e ITA, con relación al riego de 40 litros. Todo esto se puede comprobar mediante evaluaciones posteriores que pudieran tomar en cuenta dos a tres ciclos de crecimiento anuales con manejo de riego, tiempo en el que las especies evaluadas pudieran expresar más ampliamente su potencial biológico en cuanto a las respuestas de crecimiento e incremento en las variables consideradas.

## ✓ CONCLUSIONES

De las especies probadas en cuanto a la aplicación de riego semanal, solo se tuvo respuesta en *Pinus ayacahuite*; en cambio, para el caso de *P. cembroides* y *P. eldarica*, la respuesta fue nula en cuanto a los riegos, cumpliéndose así la hipótesis nula para las dos últimas especies.

El hábitat en el que se distribuye naturalmente la especie influye directamente sobre su comportamiento en cuanto al manejo hídrico, viéndose reflejado en *P. ayacahuite* (habita en condiciones de mayor humedad), que respondió de manera pobre a los riegos, mostrando niveles bajos de crecimiento y desarrollo, en comparación con las otras especies que viven naturalmente bajo condiciones secas y de mayor insolación, que presentan mecanismos restrictivos de crecimiento como respuesta al riego, aún en su región de origen.

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

No es posible concluir con seguridad que el mejor tratamiento de riego semanal para *P. ayacahuite* fue de 15 litros de agua por árbol, aunque se logró tener una respuesta del crecimiento final en diámetro basal y de copa, así como en sus incrementos en las variables dasométricas evaluadas, debido a que los árboles presentaban bajo vigor, presentado una copa con poca ramificación secundaria y poco follaje, de color amarillento.

De las especies evaluadas, las que presentaron mejores características para árboles de navidad durante el primer años de crecimiento de la plantación fueron *P. eldarica* y *P. cembroides*. Aunque no hayan respondido claramente a los riegos en esta primera evaluación, son las especies que presentan una mayor ramificación y follaje de buenas características, además de un vigor aceptable bajo las condiciones ambientales del sitio de plantación.

## VI RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

No establecer plantaciones de riego con *Pinus ayacahuite* en exposiciones zenitales y con corrientes fuertes de aire, siendo más recomendables hacer plantaciones en exposiciones norte.

Seguir con el experimento a fin de comprobar que después de dos años o más de riego, pudiera tenerse una respuesta de las especies *P. cembroides* y *P. eldarica*, considerando que las especies resistentes a la sequía responden a los riegos, aunque requieren más agua, a medida que se desarrollan.

Aplicar y concentrar los riegos (períodos) de acuerdo a la fenología de crecimiento vegetativo de las especies, con el propósito de efficientar el agua, para el caso de *P. ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. eldarica*, aplicando los riegos en función a su desarrollo, el cual inicia a mediados de abril y termina a principios de agosto de cada año, cesando casi por completo de septiembre a diciembre.

Generar conocimientos en cuanto al manejo hídrico en plantaciones forestales, mediante el establecimiento de más experimentos con especies de importancia económica regional, a fin de desarrollar una nueva tecnología que permita usarse con seguridad y eficacia, para beneficio de productores y empresas forestales. Así, para futuros trabajos de riego en el género *Pinus*, es necesario considerar las especies mesófilas, teniendo especial cuidado con los árboles resistentes a la sequía; además, no se debe considerar solamente el riego, sino combinarlo con otros tratamientos como, fertirriego, control de la

evapotranspiración a través de la reducción de los vientos, aplicación de materiales orgánicos sobre la base de los árboles y cosecha de la lluvia a través de cajetes abiertos hacia la pendiente, para obtener así una mayor eficacia del uso del agua.

## *VII LITERATURA CITADA*

Anónimo. 1983. Riego y drenaje. Segunda Impresión. Trillas-SEP. México. 100 p.

Arteaga T., E. 1991. Selección de un sistema de riego. Revisita Chapingo. Vol. 15. Núm. 6. pp. 84-89.

**Aragón A., J. 1958. Breves apuntes sobre algunos problemas forestales de México y sus posibles soluciones. México.**

Bondi, C. M., Fletcher, A. R., Hart, J., Horneck, D. and Ch. Langren. 1995. Douglas-fir christmas trees in Oregon an Washington. Fertilize Guide. ES-73. Washington State University. EUA. 4 p.

Bonilla D., E. 1992. Respuesta de *Pinus rudis* Endl. a la fertilización bajo condiciones de vivero. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, México.

Borgo B., G. 1998. México forestal. Editor-Coordinador. México. 318 p.

Borel, A. F. 1987. Riego por goteo. Revista el Campo. Año 88. Núm. 1139. pp. 12-18.

Bidwell R., G. S. 1993. Fisiología vegetal. Ed. AGT, S.A. México.

Binkley, D. 1993. Nutrición forestal. Ed. Limusa , México. 518 p.

Behlen, D. 1978. All about christmas trees. Magazine of American Forests. Vol. 84. Núm.11. pp. 36-39.

Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 475 p.

Capo A., M. A., López A., R. y E. Cornejo O. 1993. Crecimiento de *Pinus greggii* en suelos de ocho localidades. Primer Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales, Saltillo, Coahuila. pp. 75.

Castro R., A. F. 1990. Efecto del control de la vegetación competidora sobre cinco especies de *Pinus* plantados en dos exposiciones en Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 233 p.

Calva J., L. 1989. Economía y política de la explotación forestal en México. UACH -UNAM. México.

**Caswell, M., Zilberman, D. and G. E. Goldman. 1989. Economic implications of drip irrigation. Review of California Agrarian. University of California. EUA. Vol. 38. Núm. 7. pp. 4-5.**

Cozzo, D. 1976. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. 610 p.

Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1975a. Carta topográfica. G14C33. Escala 1:50 000. Saltillo, Coah.

Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977b. Carta de efectos climáticos regionales mayo-octubre. G14-7. Escala 1:50 000. Monterrey, N.L.

Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977c. Carta geológica. G14C33. Escala 1:50 000. Saltillo, Coah.

**Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977d. Carta de uso del suelo. G14C33. Escala 1:50 000. Saltillo, Coah.**

Chavez V., F. 1996. Periodicidad de crecimiento apical en cuatro especies de *Pinus*, en una plantación de 10 años de establecida, Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 51 p.

**Chapman, W. G. y T. G. Ellan. 1978. Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. FAO. Roma, Italia.**

Chapa B., M. C. 1976. Principales técnicas de cultivo para árboles de navidad. INIF. México. 34 p.

Daniel, W. T.; Helms, A. J. y F. S. Backey. 1982. Principios de silvicultura. Ed. McGraw-Hill. México. 492 p.

**Dávila Z., M. 1990. Las prácticas agrícolas y el medio ambiente. Hojas Divulgadoras INIFAP. Núm. 9/90 HD. México.**

Flores R., D. 1966. Síntomas por deficiencia mineral en *Pinus patula* Schl. Et. Cham. y *Pinus montezumae* Lamb. Tesis de Licenciatura. UNAM. México.

- González A., J. M. 1994. Análisis del proyecto para el establecimiento de una plantación para árboles de navidad con la especie *Pinus cembroides* Zucc. en San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coahuila. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah. 50 p.
- González E., A. 1988. La matemática de la economía. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.**
- Gómez S., O. 1990. Efecto de tratamientos de acondicionamiento en cinco especies de *Pinus* bajo dos condiciones plantación. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 119 p.
- Goor, Y. A. and C. W. Barney. 1976. Forest tree planting in arid zones. Ed. Ronal Press Company. New York. USA. 504 p.
- Guehl, M. J., Picon, C., Aussenac, G. and P. Gross. 1994. Interactive of elevated CO<sub>2</sub> and soil drought on growth and transpiration and ist determinants in two European forest tree species. Journal Tree physiology. Ed. Razanne Poulson. USA. Vol. 14. Núm. 8. pp. 707-724.
- Harold, W. And Jr. Hocker. 1984. Introducción a la biología forestal. Ed. AGT. México. 446 p.
- Hernández P., V. M. 1991. Ensayo de adaptación de *Pinus Cembroides* Zucc., *Pinus nelsonii* Shaw y *Pinus pinceana* Gordon en dos astaciones de plantación en Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 149 p.
- Hockman, N. J., Burger, A. J. and D. W. Smith. 1988. Clasification model to predict fraser fir chistmas tress grade. Review of Forest Science. Society of American Foresters. EUA. Vol. 36. Núm. 1. pp. 54-53.
- Jaindl, R. G., Doescher, P. S. and L. E. Eddleman. 1993. Influence of water relations on the limited expansion of *Pinus monophylla* into adjacent *Cercocarpus Ledifolius* communities in the central great basin. Review of Forest Science. Society of American Foresters. EUA. Vol. 39. Núm. 4. pp. 629-643.
- Koelling, R. M. and P. D. White. 1978. Growing christmas trees in Michigan. Extension bulletin E-1172. Michigan State University. EUA. 6 p.
- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. UACH. Chapingo, México. 365 p.
- Kramer, J. P. 1969. Plant and soil water relationships. Ed. McGraw-Hill. USA. 482 p.

- Lara R., M. E. 1994. Ensayo de ocho especies forestales para árboles de navidad en el campo experimental forestal "Barranca del Cupatitzio". Revista de Ciencia. Forestal. México. Vol. 19. Núm. 75. pp. 77-88.
- Lamont, W. J., Hensley, D. L., Wiest, S. and R. E. Gaussoin. 1993. Relay-intercropping muckmelons with scotch pine christmas trees using plastic mulch and drip irrigation. Review Hort Science. American Society for Horticultural Science. EUA. Vol. 28. Núm. 3. pp. 177-178.
- Landgren, G. Ch. and S. B. Douglas. 1993. Developing high quality true fir christmas trees. Washington, EUA. PNW 226. 20 p.
- Landgren, G. Ch. and S. B. Douglas. 1982. Developing high quality true fir christmas trees. Washington, EUA. PNW 226. 22 p.
- Lentz, N. A. 1965. Unique culture of christmas trees. Journal Forestry. Society of American Foresters. EUA. Vol. 63. Núm. 11. pp. 841-844.
- Limones A., A. J. 1994. Establecimiento y evaluación financiera de una plantación comercial para producción de arbolitos de navidad en el predio particular San Martín, Municipio de Villa Ocampo, Durango, México. 23 p.
- Macías A., L. 1951. Reforestación. Ed. SAG. Chapingo, México. 329 p.
- McKinley, R. C., Sidebottom, R. J. and J. H. Owen. 1996. The process of forestry extension education; speciality tree production in north Carolina, United States. Special Issue; Forestry Extension. Vol. 147. Núm. 184. pp. 38-43.
- Martínez G., A. 1994. Experimentación agrícola. UACH. Chapingo, México.
- Martínez, M. 1948. Los pinos de México. Ed. Botas. México. 361 p.
- Mayor, X. and F. Roda. 1994. Effects of irrigation and fertilization on stem diameter grown in a mediterranean holm oak. Review of Forest Ecology and Manage. USA. Vol. 68. Núm. 1. pp119-126.
- Moganck, R. y J. Carrera. 1981. Plan de manejo para el uso múltiple del cañón de San Lorenzo. UAAAN-OEA. Saltillo, Coah. 134 p.
- Mirov, N. T. 1948. The genus pinus. Ed. Ronald Press Company. New York. 602 p.
- Nahal, I. 1983. Le pine brutia. Forest Mediterranee. Francia. Vol. 2. Núm. 5. pp. 165-172.

- Niembro R., A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa. México. 130 p.
- Negrete L., F. y P. Barragán G. 1992. El arrope plástico de suelos a dos años de establecida una plantación comercial de *Pinus*, Chihuahua. Boletín de publicaciones especiales INIFAP. Coayacán, México. Núm. 65. pp. 157-162.
- Perry, Jr. 1991. The pines of Mexico and central american. Ed. Timber Press. Portland, Oregon. 321 p.
- Proebsting, M. W. and G. Ch. Landgren. 1993. Developing sheared douglas-fir christmas trees. Washington, EUA. PNW 227. 19 p.
- Proebsting, M. W. and D. Hanley. 1985. Growing christmas trees in the pacific northwest. Washington, EUA. PNW 6. 16 p.
- Proebsting, M. W., Buhaly, J. and D. Hanley. 1981. Growing christmas trees in the pacific northwest. Washington, EUA. PNW 6. 23 p.
- Pritchett, L. W. 1986. Suelos forestales. Ed. Limusa. México. 634 p.
- Postel, S. 1985. Como ahorrar agua. Revista Ceres. FAO. Roma, Italia. Vol. 18. Núm. 4. pp. 21-22.
- Rodríguez S., R. y E. Aldrete M. 1989. Sobrevivencia, incremento y patrón de crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc., *P. maximartinezii* Rzed., *P. pinea* L. y *P. eldarica* Medw., en una plantación de Buenavista, Saltillo, Coahuila. Memorias de Tercer Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. Saltillo, Coahuila. pp. 30-36.
- Ruiz G., C. y E. Velasco B. 1994. Crecimiento y distribución de biomasa en plantas de *Pinus engelmannii* Carr. bajo dos niveles de humedad del suelo. Tesis de Licenciatura. UACH, Chapingo, México.
- Rusell, S. G. 1969. Los Pinos de México. Ed. Facsimilar. Texas, EUA. 29 p.
- Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- SAS Institute Inc. 1992. SAS technical report p-229. SAS/STAT. Software: Changes and enhancements, Release 6.07. SAS Institute Inc Cary NC., EUA.
- Salisbury, B. F. y R. C. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Iberoamericana GEI. México. 754 p.

- Sánchez L., M. C. 1988. Influencia de diferentes sombreados, tipos de envases y sustrato en plantas de *Avies vejarii* var. *macrocarpa* durante la etapa de vivero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 67 p.
- Salomón M., J. J. 1980. Influencia de la precipitación invernal en el crecimiento en altura de pinos del Grupo ponderosa de Chihuahua. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, México.
- Secretaria del Medio ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2000. Cultivo de arboles de navidad en México. Disponible en línea de información en: <http://www.semarnap.gob.mx/ssrn/DGForestal/cultivo/index.html> (verificado el 11 junio de 2000).
- Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1997. Programa nacional de sanidad forestal. México. 30 p.
- Sen, S., Magallanes-Cedeno, M. E., H. Komps R., R. McKinley C. And R. Newton. 1994. In vitro micropropagation of afghan pine. Canadian forest Reshear. Canada. Vol. 24. Núm. 6. pp. 1248-1252.
- Secretaria de Gobernación de Coahuila (SGC). 1988. Municipios de Coahuila. México.
- Solís S., S. 1962. La industria de los árboles de navidad y su Importancia económica. Ed. IMRNR. México. 61 p.
- Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología forestal. Ed. AGT. México. 690 p.
- Secretaria de Programación y Prosupuesto (SPP). 1981. Carta hidrológica de aguas superficiales. Escala 1: 250 000. Monterrey, N.L. México.
- Steel, D. G. R. y H. J. Torrie. 1990. Bioestadística. Ed. McGraww-Hill. México.
- Torres R., E. 1995. Agrometeorología. Ed. Trillas. México. 124 p.
- Torres E., L. M., Cano P., A. y E. Aldrete M. 1990. Ensayo de cinco especies de *Pinus* para la producción de árboles de navidad en la Sierra de Arteaga. Publicaciones CIFAP-COAHUILA. Vol. 2. Núm. 2.
- Turner, C. N. and J. P. Kramer. 1980. Adaptation of plants to water and high temperature stress. Ed. John Wiley & Sons. New York, EUA. 482 p.
- Wahlenberg, G. W. 1965. A guide To lobiolly and slash pine plantation management in southeastern EUA. Ed. GFRC. Georgia, EUA. 359 p.

- Waltersheidt, J. M., Chandler, W. J., Dreesen, D. A. and J. V. Robinson. S/F. Texas christmas trees producer handbook. Texas A&M. University System. EUA. 49 p.
- White, R. W. and J. T. Fisher. 1985. Seasonal evapotranspiration, growth, and water use efficiency by plantation grown *Pinus elliottii* Mill. WUE. Disponible en línea de internet en: <http://www.nmsu.edu/publish/techrpt/abstracts/abs193.html>
- William, D. R. and K. Al-Khatib. 1995. Managing weeds and vegetation in christmas trees. Washington, USA. PNW 219. 7 p.
- Yañez J., P. y E. García M. 1985. Frecuencia y distribución, índice y distancia entre estomas en *Pinus cembroides* y *P. discolor* en el Altiplano Potosino. Memorias Primer Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. UANL, Nuevo León. p.110-113 .
- Zobel, B. y J. Tolbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa. México. 545 p.

*A P É N D I C E*

*Apendice1. Análisis de varianza para las variables medidas de Pinus ayacahuite por tratamiento.*

<b>Variable dependiente</b>	<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F cal.</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Diámetro</b>	Modelo	8	6.76279835	0.84534979	0.88	0.5525
	Error	18	17.32518519	0.96251029		
<b>Basal</b>	Total corregido	26	24.08798354			
<b>Inicial</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.280754	13.64243	0.981076	7.1914	
<hr/>						
<b>Diámetro</b>	Modelo	8	50.25890556	6.28236319	2.94	0.0316
	Error	18	34.17625000	2.13601565		
<b>Basal</b>	Total corregido	24	84.43515556			**
<b>Final</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.595237	16.17193	1.461511	9.0373	
<hr/>						
<b>Diámetro de</b>	Modelo	8	20.93851852	2.61731481	0.56	0.7932
	Error	18	83.49259259	4.63847737		
<b>Copa</b>	Total corregido	26	104.43111111			
<b>Inicial</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.200501	18.94762	2.153712	11.3666	
<hr/>						
<b>Diámetro de</b>	Modelo	8	231.9381481	28.9922685	3.70	0.0125
	Error	16	125.4768519	7.8423032		
<b>Copa</b>	Total corregido	24	357.4150000			***
<b>Final</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.648932	19.46532	2.800411	14.3866	
<hr/>						
<b>Altura</b>	Modelo	8	307.0000000	38.3750000	1.22	0.3399
	Error	18	563.9074074	31.3281893		
<b>Inicial</b>	Total corregido	26	870.9074074			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.352506	18.26263	5.597159	30.6481	
<hr/>						
<b>Altura</b>	Modelo	8	360.94444444	45.1180556	0.96	0.4993
	Error	16	752.94444444	47.0590278		
<b>Final</b>	Total corregido	24	1113.8888889			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.324040	20.82983	6.859958	32.9333	

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

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

**Apéndice 2. Análisis de varianza de las variables en incremento total para *Pinus ayacahuite* por tratamiento.**

Variable dependiente	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	$P_{r>F}$
<b>Incremento</b>	Modelo	8	31.40973333	3.92621667	2.67	0.0449
	Error	16	23.51666667	1.46979167		
<b>Total en</b>	Total corregido	24	54.92640000			**
<b>Diámetro</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.571851	66.90671	1.212350	1.8120	
<b>Basal</b>						
<b>Incremento</b>	Modelo	8	261.2433333	32.6554167	3.72	0.0122
	Error	16	140.4366667	8.7772917		
<b>Total en</b>	Total corregido	24	401.6800000			***
<b>Diámetro de</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.650377	100.7704	2.962649	2.9400	
<b>Copa</b>						
<b>Incremento</b>	Modelo	8	447.7467333	55.9683417	1.81	0.1489
	Error	16	449.9916667	30.9369792		
<b>Total en</b>	Total corregido	24	942.7384000			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
<i>Altura</i>		0.474943	253.7455	5.562102	2.1920	

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

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

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

Variable dependiente	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	$Pr > F$
<b>Diámetro</b>	Modelo	8	2.88296296	0.36037037	0.23	0.9798
	Error	18	28.07333333	1.55962963		
<b>Basal</b>	Total corregido	26	30.95629630			
<b>Inicial</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.093130	13.50380	1.24851	9.2481	
-----						
<b>Diámetro</b>	Modelo	8	30.63279835	3.82909979	0.73	0.6673
	Error	18	94.91240741	5.27291152		
<b>Basal</b>	Total corregido	26	125.54520576			
<b>Final</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.243998	13.48746	2.296282	17.0253	
-----						
<b>Diámetro de</b>	Modelo	8	39.37168724	4.92146091	0.96	0.4937
	Error	18	92.04000000	5.11333333		
<b>Copa</b>	Total corregido	26	131.41168724			
<b>Inicial</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.299606	21.10656	2.261268	10.7136	
-----						
<b>Diámetro de</b>	Modelo	8	106.3600823	13.2950103	1.23	0.3378
	Error	18	194.6898148	10.8161008		
<b>Copa</b>	Total corregido	26	301.048971			
<b>Final</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.353297	16.74102	3.288784	19.6451	
-----						
<b>Altura</b>	Modelo	8	338.3477366	42.2934671	1.89	0.1255
	Error	18	403.5370370	22.4187243		
<b>Inicial</b>	Total corregido	26	741.8847737			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.456065	16.62068	4.734842	28.4876543	
-----						
<b>Altura</b>	Modelo	8	111.9711934	13.9963992	0.34	0.9364
	Error	18	732.2962963	40.6831276		
<b>Final</b>	Total corregido	26	844.2674897			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.132625	17.49856	6.378333	36.4506	

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

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

**Apéndice 4. Análisis de varianza de las variables en incremento total para *Pinus cemboides* por tratamiento..**

<b>Variable dependiente</b>	<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F cal.</b>	<b><i>P</i> &gt; <i>F</i></b>
<b>Incremento</b>	Modelo	8	19.12666667	2.39083333	0.88	0.5482
	Error	18	48.67333333	2.70407407		
<b>Total en</b>	Total corregido	26	67.80000000			
<b>Diámetro</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.282104	21.08214	1.644407	7.8000	
<b>Basal</b>						
<b>Incremento</b>	Modelo	8	34.31629630	4.28953704	0.89	0.5406
	Error	18	86.28666667	4.79370370		
<b>Total en</b>	Total corregido	26	120.60296296			
<b>Diámetro de</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.284539	24.49864	2.189453	8.9370	
<b>Copa</b>						
<b>Incremento</b>	Modelo	8	121.1451852	15.1431481	0.59	0.7767
	Error	18	465.1333333	25.8407407		
<b>Total en</b>	Total corregido	26	586.2785185			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.206634	63.60113	5.083379	7.9925	

*Altura*

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

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

Apéndice 5. Análisis de varianza para las variables medidas de *Pinus eldarica* por tratamiento.

Variable dependiente	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	$Pr > F$
<b>Diámetro</b>	Modelo	8	4.20814815	0.52601852	0.80	0.6079
	Error	18	11.78518519	0.65473251		
<b>Basal</b>	Total corregido	26	15.99333333			
<b>Inicial</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.263119	11.63323	0.809155	6.9555	
<hr/>						
<b>Diámetro</b>	Modelo	8	99.58439815	12.44804977	0.87	0.5618
	Error	17	244.18351852	14.36373638		
<b>Basal</b>	Total corregido	25	343.76791667			
<b>Final</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.289685	21.70856	3.789952	17.4583	
<hr/>						
<b>Diámetro de</b>	Modelo	8	13.46304527	1.68288066	1.83	0.1374
	Error	18	16.58444444	0.92135802		
<b>Copa</b>	Total corregido	26	30.04748971			
<b>Inicial</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.448059	10.68432	0.959874	8.9839	
<hr/>						
<b>Diámetro de</b>	Modelo	8	269.1761930	33.6470241	1.15	0.3813
	Error	17	497.1018519	29.2412854		
<b>Copa</b>	Total corregido	25	766.2780449			
<b>Final</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.351277	20.65304	5.407521	26.1827	
<hr/>						
<b>Altura</b>	Modelo	8	181.5185185	22.6898148	0.71	0.6810
	Error	18	576.388889	32.0216049		
<b>Inicial</b>	Total corregido	26	757.9074074			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.239500	14.37992	5.658764	39.3518	
<hr/>						
<b>Altura</b>	Modelo	8	570.3379630	71.2922454	1.21	0.3504
	Error	17	1001.8842593	58.9343682		
	Total corregido	25	1572.2222222			

<b>Final</b>	R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media
	0.362759	13.08558	7.676872	58.6667

---

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

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

### Apéndice 6. Análisis de varianza de las variables en incremento total para *Pinus eldarica* por tratamiento.

Variable dependiente	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F cal.	$Pr > F$
<b>Incremento</b>	Modelo	8	73.66294872	9.20786859	0.78	0.6247
	Error	17	200.24666667	11.77921569		
<b>Total en</b>	Total corregido	25	273.90961538			
<b>Diámetro</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.268932	32.67457	3.432086	10.5038	
<b>Basal</b>						
<b>Incremento</b>	Modelo	8	200.3528205	25.0441026	0.84	0.5780
	Error	17	504.2783333	29.6634314		
<b>Total en</b>	Total corregido	25	704.6311538			
<b>Diámetro de</b>		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.284337	31.71484	5.446415	17.1730	
<b>Copa</b>						
<b>Incremento</b>	Modelo	8	513.6082051	64.2010256	0.70	0.6889
	Error	17	1562.7783333	91.9281373		
<b>Total en</b>	Total corregido	25	2076.3865385			
		R cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media	
		0.247357	49.90707	9.587916	19.2115	

*Altura*

---

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

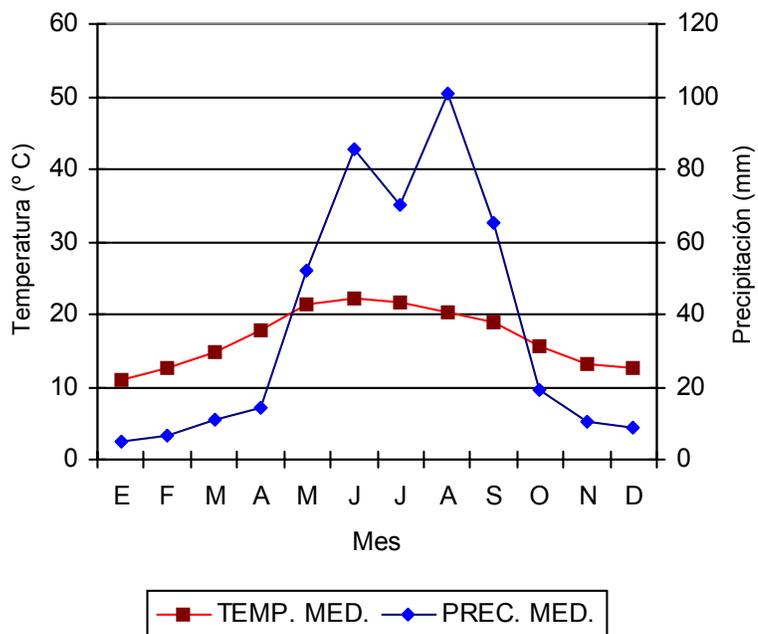
\*\*\* Muy significativo a un nivel de probabilidad de error igual a 0.01 ( $\alpha = 0.01$ ).

Apéndice 7. Diagrama ombrótermico

**Estación Meteorológica:** San Juan de la Vaquería(CONAGUA), Mpio. Saltillo, Coah.

**Latitud:**25°15' 15" **Longitud:** 101° 13' 00" **Altitud:** 1800 metros.

**Periodo:** 1990-2000



**TMA:** 16.60 ° C**PMA:** 387.53 mm**EVMA:** 1913.66 mm

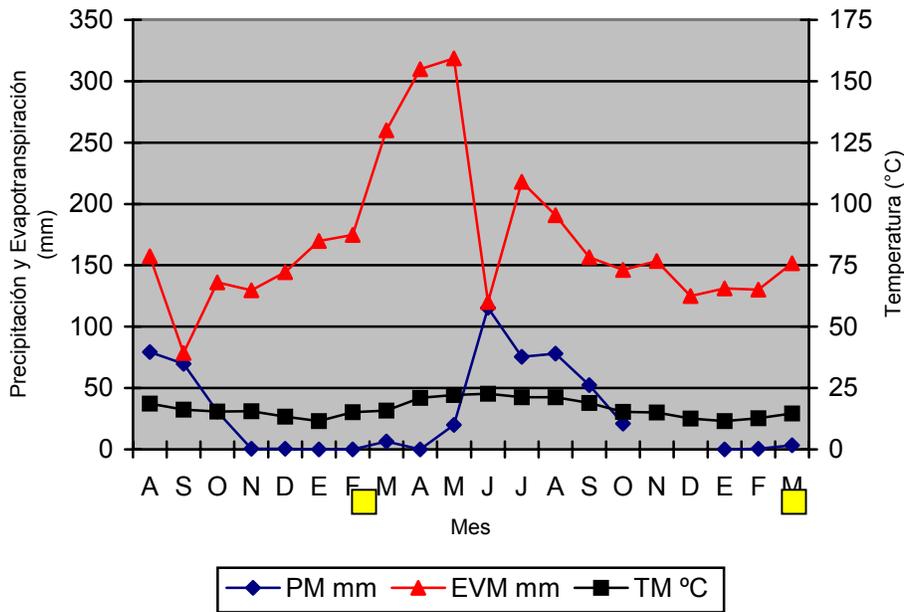
	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<i>TM<sup>(+)</sup></i>	11.05	12.71	14.70	17.76	21.31	22.09	21.76	20.23	18.77	15.55	13.06	12.58
<b>PM<sup>(II)</sup></b>	4.67	6.79	11.10	14.00	52.07	85.33	70.37	100.7	65.04	18.97	10.40	8.63

(+) TM = Temperatura media, grados centígrados; (II) PM= Precipitación media, milímetros.

Apéndice 8. Parámetros meteorológicos durante la evaluación del experimento, tomados de la estación meteorológica de San Juan de la vaquería (CONAGUA), Saltillo, Coahuila.

	1998					1999									
	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
TM <sup>(+)</sup>	18.70	16.20	15.40	15.60	13.30	11.50	15.20	15.80	21.00	22.20	22.70	21.30	21.30	18.90	15.30
PM <sup>(II)</sup>	79.30	69.80	30.80	0.50	0.50	0.00	0.00	6.50	0.00	20.00	115.40	75.50	78.00	52.50	21.00
EVM <sup>(*)</sup>	157.40	78.50	136.00	129.70	144.30	169.69	174.70	260.12	309.89	318.70	119.99	218.0*	190.80	156.49	146.33

(+) TM= Temperatura Media, grados centígrados; (II) Precipitación media, milímetros; (\*) EVM= Evaporación media, milímetros.



Medias y totales,  
(agosto 1998 a marzo 1999)

TMA= 17 Grados

P. total= 553.8 mm

EV. total = 2905.12 mm

EVALUACIONES (Inicial y Final).



## Investigaciones Afines

En un estudio se evaluaron plántulas de 20 poblaciones de *Pinus engelmannii*, procedentes de Durango y Chihuahua, en dos condiciones de humedad del suelo. Se encontró que la disponibilidad de agua en el suelo es un factor determinante en la sobrevivencia, fenología, crecimiento y acumulación de biomasa, puesto que una baja disponibilidad de agua afectó negativamente a las plántulas citadas (Ruiz y Velasco, 1994).

En otro estudio efectuado en 1980, en los bosques de la Unidad Industrial de Explotación Forestal, "Bosques de Chihuahua" S. de R. L. de C. V. Se evaluaron las lluvias invernales y el incremento en altura del género *Pinus*, donde se obtuvieron correlaciones altamente significativas y directamente proporcionales, permitiendo inferir que la sequía de invierno es causante de mortandades padecidas por el género *Pinus*, en esas áreas durante 1967, 1971 y 1974 (Salomón, 1980).

En un ensayo de adaptación de *Pinus cembroides*, *P. pinceana* y *P. nelsonii*, realizado en la sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coah., se probaron dos épocas de plantación: invierno y verano de 1988. El ensayo consideró el sistema de plantación de "cepa común" y "microcuencia", observándose la respuesta al manejo de la humedad y la precipitación a 17 y 22 meses. Los resultados del experimento concluyeron que los árboles plantados en invierno crecieron más en diámetro y altura que los plantados en verano, debido a la diferencia de precipitación que recibieron una y otra plantación (época), así como los estados fisiológicos de los árboles probados (Hernández, 1991).

En otro trabajo, se reportan los resultados sobre el efecto de tratamientos de acondicionamiento (castigo), en cinco especies de *Pinus* bajo dos condiciones de plantación (riego y sin riego), realizados en

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Encontrándose que las plantas “acondicionadas” y que se sometieron a un estrés hídrico (sin riego), obtuvieron los mayores incrementos medios en altura absoluta, con relación a las que no fueron “acondicionadas”, pero que de manera similar, se encontraban bajo estrés hídrico. También se concluyó que, en las plantas “no acondicionadas”, se obtuvo mayor incremento en altura bajo condiciones de riego, que en aquellas sometidas a condiciones de estrés hídrico. Las plantas de *P. nelsonii* y *P. maximartinezii* “no acondicionadas” y bajo condiciones de riego, registraron los mayores incrementos absolutos en diámetro basal, en comparación con las “no acondicionadas” y con estrés hídrico de las mismas especies. Las plantas de *P. maximartinezii* y *P. pinceana* que fueron “acondicionadas” tuvieron mayor incremento bajo condiciones hídricas adecuadas. En el caso de *P. ayacahuite* y *P. cembroides* los valores de incrementos absolutos en diámetro basal y altura disminuyeron, bajo las condiciones de no acondicionamiento y sin riego, en relación a las no acondicionadas y con riego (Gómez, 1990).

Los resultados preliminares de un experimento de arropado plástico del suelo a dos años de establecida una plantación comercial de *Pinus* (1990) en Chihuahua, concluyeron que en *Pinus durangensis* no hay influencia en el diámetro basal, sin embargo, en altura hay una diferencia de siete centímetros con relación al testigo. En *P. engelmannii* no hubo diferencia en lo que respecta a altura y diámetro; sin embargo, el porcentaje de sobrevivencia es favorecido por el arropado para ambas especies (Negrete y Barragan, 1992).

Por igual, en la Universidad de Kansas, EUA, se realizó un experimento de acolchado de plástico y con riego de goteo sobre *Pinus sylvestris* como árbol de navidad, en combinación con *Cucumis melo* (melón), evaluando el crecimiento e incremento relativo en altura a un año y dos meses de establecida la plantación, encontrándose que la altura fue

mayor en condiciones sin arropo de plástico (42.2 centímetros) que en condiciones de arropo (37.4); asimismo, el crecimiento en altura no se vio influenciado por el riego en el cultivo (melón) bajo condiciones sin arropo del suelo. El incremento relativo fue mayor en suelo desnudo (sin arropo, 1.45 centímetros) en comparación con arropo de plástico (1.24 centímetros). Se concluye que el arropo de plástico y riego, afectó negativamente el desarrollo de la especie, no teniendo impacto en el cultivo (Lamont et al., 1993).

Por otra parte, en estudios del efecto de la irrigación y fertilización en *Quercus ilex* sobre rodales del bosque mediterráneo, con un suministro de agua de 20 milímetros/semana y una fertilización de 250 kilogramos de nitrógeno/hectárea y 125 kilogramos de fósforo/hectárea, se obtuvo como resultado, que el riego incrementó ligeramente el diámetro medio del tronco en un 66 por ciento y en cambio la fertilización no tuvo significancia. Asimismo, se encontró que la irrigación incrementa el diámetro, en árboles más grandes que en los pequeños, asumiendo que la densidad limita la disponibilidad de agua (Mayor y Roda, 1994).

**En otro experimento, se encontró que bajo un buen riego y con doble concentración de bióxido de carbono (700 partes por millón), se tuvo un incremento de biomasa de 138 por ciento en *Quercus petraea*, y un 63 por ciento en *Pinus pinaster*, durante la estación de crecimiento. En contraste, bajo condiciones de estrés de humedad y elevada concentración de bióxido de carbono, *Q. petraea* incrementó solo un 47 por ciento, mientras que para *P. pinaster* no se tuvieron incrementos significativos (Guehl et al., 1994).**

Se estableció un experimento con *Pinus eldarica* para determinar la eficiencia del uso del agua, bajo tres regímenes de riego, 173, 298 y 457 milímetros de agua (riego anual) y además 159 milímetros de precipitación, la eficiencia de uso de agua fue de 0.32 a 5.16 kilogramos de materia seca por

metro cúbico de agua consumida por árbol. Por otra parte, el crecimiento en altura aumentó de acuerdo al régimen de agua suministrada (0.80, 1.04 y 1.05 metros respectivamente) (White y Fisher, 1985).