

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Evaluación del Efecto de Hormonas Reguladoras de Crecimiento y Tres tipos de Podas en *Pinus cembroides* Zucc. en Saltillo, Coahuila

Por

**HILARIO LÓPEZ HERNÁNDEZ**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México. Septiembre del 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación del Efecto de Hormonas Reguladoras de Crecimiento y Tres Tipos de  
Podas en *Pinus cembroides* Zucc. en Saltillo, Coahuila

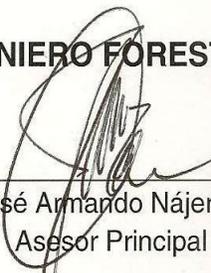
Por

**HILARIO LÓPEZ HERNÁNDEZ**

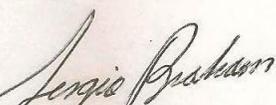
Tesis'

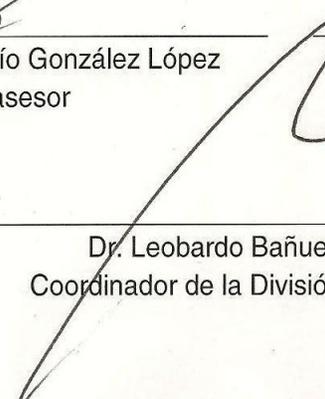
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

  
M.C. José Armando Nájera Castro  
Asesor Principal

  
M.C. Héctor Darío González López  
Coasesor

  
Ing. Sergio Braham Sabag  
Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía  
Coordinación  
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre del 2013

## AGRADECIMIENTOS

A “Dios”, por darme la vida y salud, y permitir que mis sueños anhelados sean hoy un logro.

A mi “Alma Mater” (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro), por hacer que en mi vida pueda subir un peldaño más, en el andar del conocimiento, y por darme la oportunidad de que hoy, con gusto, pueda decir que tengo una carrera profesional.

Al M.C. José Armando Nájera Castro, por brindarme su apoyo en la realización de este proyecto. Además, por brindarme su apoyo incondicional en momentos que más los necesite, por sus consejos y por motivarme a culminar este proyecto.

Al M.C. Jorge David Flores Flores, quien siempre me dio consejos para seguir adelante con mi proyecto de vida, y por su apoyo en la revisión de esta tesis.

Al M.C. Héctor Darío González López por su valioso apoyo en la revisión de esta tesis.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por ayudarme en la revisión de este proyecto y por su amistad incondicional.

A los profesores del departamento de forestal, por ser parte en mi formación académica, que con sus conocimientos y experiencias pude formar mi carrera profesional.

A mis compañeros de la generación CVIII, con quienes compartí experiencias y vivencias que forjaron mis motivos, de terminar la carrera profesional.

A mis compañeros de trabajo, por su apoyo incondicional y por motivarme a culminar este proyecto.

A todos mis amigos en general, que nunca dejaron de motivarme para salir adelante y siempre me invitaron a buscar lo mejor para mí.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis abuelos**

Me siento afortunado de ser el primer nieto, y desde que tengo uso de razón hasta el momento, ellos me han motivado a seguir adelante. Y en cada logro de mi vida han sabido darme buenos consejos.

### **A mi padre y a su señora esposa**

El Señor Francisco López Rodríguez y Yolanda Sánchez Morales, por enseñarme lo primero, ser humilde y trabajador, ser una persona de lucha y respeto, ser una persona que día a día busca mejores cosas para seguir adelante. Por ser mi mayor apoyo en todo momento. Por brindarme sus consejos y darme la oportunidad de que hoy esté celebrando un logro más, en mi vida. Quienes me hay apoyado incondicionalmente en todo el tiempo que llevo lejos de ellos.

### **A mi señora esposa**

Guadalupe Reyes D' López por motivarme día a día, a seguir adelante y por su comprensión en todo momento. Por todo el apoyo brindado y por darme la oportunidad de ser alguien en su vida.

### **A mis hermanos**

Alexander, Florelia, Jesús, Abel y Reyna, quienes con su lucha y esfuerzo me han contagiado para tener motivos de seguir adelante. Por todo el apoyo brindado y sus consejos.

### **A mis padrinos**

El señor Ciro Roblero Mejía y Ectalina Calderón Gálvez, por darme consejos oportunos durante mi estancia en la universidad.

# INDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Importancia del tema .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivo .....	3
1.4 Hipótesis .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Características generales del <i>Pinus cembroides</i> Zucc.....	4
2.1.1 Descripción general .....	4
2.1.2 Distribución geográfica .....	5
2.1.3 Condiciones ecológicas .....	5
2.1.4 Importancia de la especie .....	6
2.3 Importancia del cultivo de árboles de navidad naturales en México .....	7
2.3.1 Desde el punto de vista ambiental .....	8
2.3.2 Desde el punto de vista económico .....	8
2.3.4 Desde el punto de vista social .....	9

2.4 Consideraciones para la producción de árboles de navidad .....	9
2.4.1 Calidad de la planta .....	9
2.4.2 Preparación del sitio .....	10
2.4.3 Diseño de la plantación.....	11
2.4.4 Trazado de la plantación.....	15
2.4.5 Plantación .....	15
2.4.6 Época de plantación .....	16
2.4.7 Selección de la especie a plantar .....	17
2.5 Manejo de la plantación .....	18
2.5.1 Cuidados inmediatos .....	19
2.5.2 Riego .....	20
2.5.3 Fertilización.....	20
2.5.4 Control de malezas .....	21
2.5.5 Plagas y enfermedades .....	22
2.5.6 Podas.....	24
2.6 Fitorreguladores hormonales .....	26
2.6.1 Auxinas .....	27
2.6.2 Giberelinas.....	30
2.6.3 Etileno.....	32
2.6.4 Citocininas .....	33
2.6.5 Ácido Abscísico.....	35
2.7 Elementos nutritivos y fertilizantes .....	37
2.7.1 Funciones generales de los macronutrientes (N. P.K.).....	39
2.8 Descripción de los biorreguladores utilizados .....	42
2.8.1 Biogib* 10 ps (regulador de crecimiento vegetal) .....	42
2.8.2 Biozyme TF (regulador de crecimiento vegetal). .....	43
2.8.3 Biozyme PP (regulador de crecimiento vegetal) .....	44
2.9 Estudios afines.....	45

<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>49</b>
3.1 Descripción del área de estudio .....	49
3.1.1 Localización .....	49
3.1.2 Clima.....	50
3.1.3 Suelo.....	50
3.1.4 Vegetación.....	51
3.1.5 Fauna.....	52
3.2 Características de la plantación .....	52
3.3 Tratamientos y Diseño Experimental .....	52
3.3.1 Aplicación de los tipos de podas y de productos hormonales.....	57
3.3.2 Variables de Evaluación .....	58
3.3.3 Modelo estadístico para el procesamiento de los datos .....	59
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
4.1 Análisis de datos por tratamiento .....	60
4.1.1 Número de brotes por tratamiento .....	60
4.1.2 Longitud de brotes por tratamiento .....	62
4.2 Análisis de datos por tipo de poda y por producto .....	64
4.2.1 Número de brotes por tipo de poda .....	64
4.2.2 Longitud de brotes por tipo de poda .....	66
4.2.3 Número de brotes por producto hormonal .....	67
4.2.4 Longitud de brotes por producto hormonal .....	69
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>75</b>
<b>VIII. APENDICES .....</b>	<b>83</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distancia entre plantas para plantaciones de árboles de navidad.....	12
Cuadro 2. Espaciamiento para algunas especies en Estados Unidos. ....	12
Cuadro 3. Fórmulas para calcular el número de árboles.....	14
Cuadro 4. Árboles por hectárea de acuerdo a la distancia de plantación. ....	15
Cuadro 5. Turno de aprovechamiento de diferentes especies en plantaciones de árboles de navidad en clima templado-frío.....	18
Cuadro 6. Actividades anuales de podas ( <i>Pinus sp.</i> ).....	24
Cuadro 7. Factores del diseño experimental.....	53
Cuadro 8. Descripción de los tratamientos por la interacción de podas y productos hormonales.....	54
Cuadro 9. Distribución de los tratamientos y sus repeticiones .....	54
Cuadro 10. Tratamientos y dosis de productos hormonales en la primera aplicación.....	55
Cuadro 11. Tratamientos y dosis de productos hormonales en la segunda aplicación.....	55
Cuadro 12. Tratamientos y dosis de productos hormonales en la tercera aplicación.....	56
Cuadro 13. Descripción de los productos hormonales utilizados. ....	56
Cuadro 14. Fecha de aplicación de podas y productos.....	57
Cuadro 15. Medias de número de brotes por tratamiento y agrupación Tukey. ....	61
Cuadro 16. Medias de longitud de brotes por tratamiento y agrupación Tukey. ...	63
Cuadro 17. Número de brotes por tipo de poda. ....	65
Cuadro 18. Medias de longitud de brotes por tipo de poda.....	66
Cuadro 19. Medias de número de brotes por tipo de producto. ....	67
Cuadro 20. Medias de longitud de brotes por producto hormonal.....	69

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Individuo joven de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en su forma natural. ....	7
Figura 2. Espaciamiento entre árboles.....	13
Figura 3. Método “Marco real” con espaciamentos de 2.m x 2.m.....	13
Figura 4. Método “Tres bolillo” con espaciamentos de 2 m x 2 m. ....	13
Figura 5. Método “Rectangular” 2 m x 3 m.....	14
Figura 6. División del terreno de acuerdo al turno.....	19
Figura 7. Localización del ejido, San Juan de la Vaquería.....	49
Figura 8. Presentación gráfica de medias para número de brotes por tratamiento. .....	61
Figura 9. Presentación gráfica de medias para longitud de brotes por tratamiento. .....	63
Figura 10. Presentación gráfica en las medias de número de brotes por tipo de poda. ....	65
Figura 11. Medias de longitud de brote por tipo de poda. ....	66
Figura 12. Presentación gráfica en las medias de número de brotes por tipo de producto hormonal.....	68
Figura 13. Presentación gráfica en las medias para longitud de brotes por tipo de producto hormonal.....	69

## RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el Ejido San Juan de la Vaquería, ubicado al sur de Saltillo, Coahuila. El objetivo de esta investigación fue encontrar el efecto de productos hormonales y tipos de podas en *Pinus cembroides* para árboles de navidad. Se usó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3x4 para encontrar respuestas a las variables de número de brotes y longitud de brotes. Los tratamientos evaluados consistieron en una combinación factorial de tres tipos de podas (Líder de Rama, Despunte de Yema y Líder del Tallo) y tres productos hormonales, más un testigo (Biogib, Biozyme TF, Biozyme PP y un testigo). Los resultados obtenidos indican que el mejor tratamiento fue el tipo de poda 1 (poda de líder de ramas) al presentar una media de 12.13 brotes en interacción factorial con el producto 3 (Biozyme PP). El análisis estadístico, sólo por tipo de poda, dio como resultado una media de 10.38 brotes, mientras que el producto que tuvo mejores resultados para esta investigación es el producto 1 (Biogib) al presentar valores significativos para número de brotes con 5.83 unidades, y la longitud de brote alcanzada es de 4.13 cm; este mismo producto en interacción factorial con el tipo de poda 2 (poda despunte de yemas), la longitud de brote fue de 4.70 cm. En función de estos resultados se recomienda el tipo de poda 1 (poda líder de ramas), ya que da buenos resultados tanto en número de brotes, como en longitud de brotes, para obtener un árbol de navidad con las características deseadas.

**Palabras claves:** *Pinus cembroides* Zuc., árbol de navidad, podas, hormonas de crecimiento.

## Abstract

The study was conducted in the Ejido St. John of the Vaqueria, located south of Saltillo, Coahuila. The objective of this research was to find the effect of hormonal products and types of pruning in *Pinus cembroides* for christmas trees. We used a completely randomized design with a factorial arrangement 3x4 to find answers to the variables of number of buds and buds length. The treatments consisted in a factorial combination of three types of pruning (Branch Leader, blunting buds and leader stem) and three hormonal products (Biogib, Biozyme TF y Biozyme PP). The type of pruning is the best results one type of pruning (pruning branches leader) to provide an average of 12,13 buds in factorial interaction with the product 3 (Biozyme PP). Statistical analysis, only by type of pruning, resulted in an average of 10.38 buds. Meanwhile, the product had better results for this research is the product 1 (Biogib) to provide meaningful values for number of buds with 5.83, and the length of buds reached is 4.13 cm, this same product in factorial interaction with the type of pruning two (pruning blunting bud), the length of an buds is 4.70 cm. We recommend one type of pruning (pruning branches leader), and that works well both in number of buds, and length of buds. And for sure you can have a Christmas tree with the desired characteristics.

**Keywords:** *Pinus cembroides* Zuc., christmas tree, pruning, growth hormones.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Importancia del tema

En varios estados del país existen plantaciones forestales comerciales dedicados al cultivo de árboles de Navidad, que cubren una superficie de 1160 ha, entre el Estado de México, Nuevo León, Veracruz, Puebla y Guanajuato. Y con superficies mínimas en el estado de Michoacán, Morelos, Hidalgo, Oaxaca y otras entidades (CONAFOR, 2009).

La producción de árboles de navidad en plantaciones y viveros ayudan a reducir la extracción de árboles en bosques naturales y además, dada las características conducidas con la podas anuales, la sociedad puede diferenciar los árboles de navidad de cultivo y los árboles de navidad de bosque naturales (SEMARNAP, 1999).

En México los árboles de navidad que antes procedían de los bosques naturales, ahora son de plantaciones y viveros que abastecen la demanda de este producto. Sin embargo, México importa cada año, principalmente, de los Estados Unidos y Canadá, más de un millón de unidades que se comercializan al interior del país (SEMARNAP, 1999; [www.mexicoforestal.gob.mx](http://www.mexicoforestal.gob.mx); Álvarez *et al.*, 2009), dichas especies son *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir), *Abies balsamea* (Abies), *Pinus sylvestris* (Pino escocés), *P. eldarica* y *P. pinea* (pino) (SEMARNAT, 2000, CONAFOR, 2009).

Entre las especies más comunes en el mercado nacional se encuentran *Pinus ayacahuite* Ehrenberg ex Schlechtendal var. *veitchii* (Roezli) G. R Shaw., *Pseudotsuga macrolepis* Flous y *Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham, *Pinus cembroides* Zucc., *Cupressus lyndleyi* Clotzsch., *Cupressus lusitanica* Mill. var. *lusitanica*, *Pinus radiata* D. Don var. *binata* (Engelmann) Lemmon, *Pinus patula*

Schiede, Schlechtendal & Chamisso var. *patula*, *Pinus maximartinezii* Rzedowsky y *Pinus halepensis* Mill., entre otras (SEMARNAP, 1999).

El cultivo a gran escala comercial se originó en los Estados Unidos y se introduce al mercado norteamericano en el año de 1840 (Chapa, 1972). La silvicultura del árbol de navidad está muy desarrollada en los países de clima templado, y en los países tropicales como México, Costa Rica y Colombia se producen árboles de buena calidad en periodos cortos (2 a 3 años), en comparación con períodos de 10 a 15 años que necesitan los árboles de otras latitudes (Rojas y Torres, 1989).

Un árbol de navidad es un producto comercial que está siendo muy usado en México por las tradiciones que existen. Sin embargo, poco a poco los consumidores de este cultivo demandan mayor calidad en el arbolado en cuanto a follaje denso y de color verde para que el comprador tenga el deseo de adquirirlo, además del aroma natural y la forma (NOM-013-SEMARNAT-2004).

El cultivo de árboles de navidad trae grandes beneficios económicos ya que evita la importación como sucede actualmente en nuestro país. Además, por medio de las plantaciones se puede mejorar las condiciones de bosque naturales para evitar la erosión y degradación de los suelos forestales y se crean fuentes de empleos importantes en el sector rural (CONAFOR, 2009).

## **1.2 Planteamiento del problema**

En el Sur del Estado de Coahuila el establecimiento de plantaciones de árboles de navidad es una actividad con grandes posibilidades de desarrollo, con factibilidad financiera, aun cuando se desarrolla en pequeña escala, ya que permite utilizar terrenos agrícolas y urbanos, desocupados temporalmente.

Sin embargo, las plantas en su crecimiento natural toman formas irregulares, que son aspectos a considerar para la venta de árboles de navidad. Y dado que el mercado exige plantas de buena presentación y calidad, es importante, tomar en cuenta la competencia. Es por ello que las plantaciones con este fin, requieren de podas de conformación para que adquiera la forma deseada, así como el uso de productos hormonales que mejoren su calidad. Dada esta problemática se propone el siguiente objetivo:

### **1.3 Objetivo**

Evaluar el efecto de fitorreguladores hormonales en el crecimiento y número de brotes en tres tipos de podas de conformación en *Pinus cembroides* Zucc.

### **1.4 Hipótesis**

Las hipótesis que se proponen para esta investigación son las siguientes:

Ho: No existen diferencias significativas en el efecto de hormona reguladora de crecimiento, así como en el efecto de las podas de conformación en la especie evaluada.

Ha: Existen diferencias significativas en el efecto de hormona reguladora de crecimiento, así como, en el efecto de las podas de conformación en la especie evaluada.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Características generales del *Pinus cembroides* Zucc.

#### 2.1.1 Descripción general

Pertenece al grupo de los pinos conocidos como piñoneros cuya característica principal es contar con semilla áptera y comestible conocida como piñón (García *et al.*, 2006).

Árbol de 5 a 15 metros de altura, de copa redondeada o piramidal. El tronco suele ser corto y el ramaje ralo, sobre todo en terrenos muy secos. Las ramas grandes comienzan desde poca altura y son extendidas y en su mayoría verticiladas o irregularmente dispuestas. La corteza es cenicienta, delgada, agrietada y dividida en placas cortas e irregulares. Las ramillas son grisáceas y ásperas. Las hojas están en grupos de tres, pero varios fascículos tienen dos y a veces cuatro o cinco. Son rígidas y generalmente encorvadas, con estomas en las tres caras. Su color es verde oscuro, algo azuloso pálido, a veces amarillento y frecuentemente glaucas en las caras internas. Son brillantes y de bordes enteros. El hipodermo es grueso y casi uniforme, con dos hileras de células. Tienen un haz vascular y los conductos resiníferos son externos y en número de dos. Las células del endodermo tienen ambas paredes delgadas y el clorénquima presenta células grandes. 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 globosos, de color moreno rojizo, con gruesas escamas. Los conos son subglobosos de 5 a 6 cm de diámetro y se presentan aislados o en grupos hasta de cinco; caedizos y casi sésiles, de color moreno naranjado o rojizo, con pocas escamas, gruesas en su extremidad y delgadas en los bordes, los cuales se reflejan hacia dentro durante la dehiscencia, sosteniendo la semilla. Tienen umbo dorsal, transversalmente aquillado y apófisis gruesa y piramidal con una pequeña punta caediza. Por lo general solamente son fértiles las escamas de la parte media frecuentemente con una semilla desarrollada y la otra abortada. Las

semillas están colocadas en depresiones de las escamas y son subcilíndricas y vagamente triangulares sin ala de unos 10 mm de largo, morenas o negruzcas, abultadas en la parte superior y adelgazadas hacia la base. Son comestibles y de buena calidad, llamándose vulgarmente piñones. Su madera es suave y ligera, amarillenta, de textura uniforme (Martínez, 1948).

### **2.1.2 Distribución geográfica**

De acuerdo con Perry (1991), la distribución del *Pinus cembroides* abarca desde el oeste de Estados Unidos de América hasta México, donde está presente en Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo.

En el caso particular de Coahuila, *Pinus cembroides* se localiza en la Sierra de Arteaga, sistema montañoso Paila-Parras y Sierra la Marta; ocupa casi siempre zonas de transición entre la vegetación xerófila de climas áridos y la boscosa de montañas más húmedas; es la especie con la distribución altitudinal más amplia, la cual va de los 1000 hasta los 2800 msnm. Además, esta especie presenta amplia distribución tanto horizontal como vertical y que existe traslape con la distribución de otras especies del grupo piñonero; encontrándose desde la frontera de México: Arizona y Nuevo México (EUA) hasta el centro del país (Puebla y Veracruz) (Martínez, 1948; Rzedowski, 1978).

### **2.1.3 Condiciones ecológicas**

El *Pinus cembroides* prospera en sitios con condiciones ambientales drásticas; posee alto potencial adaptativo y alta resistencia a condiciones climáticas severas; presenta gran amplitud térmica (heladas, nevadas, sequías) y condiciones de precipitación muy variables (Rzedowski, 1978), además responde favorablemente a prácticas silvoculturales (Oviedo, 2000).

La carencia de ala en las semillas ha sido interpretada como una estrategia de sobrevivencia en un medio adverso con baja precipitación anual y condiciones de suelo ligeramente alcalinas. Los conos son pequeños y con pocas semillas de tamaño grande, las cuales son diseminadas y enterradas por roedores. El hecho de carecer de ala hace que se les considere menos evolucionados que las especies con semillas aladas (Flores, 1985).

*El Pinus cembroides* crece sobre laderas de montañas, lomeríos, al pie de cerros, con pendientes secas y rocosas; se advierte preferencia en climas de templado seco a templado subhúmedo y tolerancia a sequía de siete a ocho meses. Los suelos donde se desarrolla, por lo general, son pobres en fertilidad, secos, pedregosos y calizos, de color grisáceo a negro, calcáreos, con pH de neutro a alcalino. Es parte de la vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas del Altiplano Mexicano y las vertientes internas de las Sierras Madre Oriental y Occidental. El pino piñonero se asocia con bosques de *Quercus-Pinus*, *Pinus-Quercus*, así como con especies de matorral arbustivo, encinares y pinares de climas semidesérticos (Madrigal, 1977; Robert, 1977; Rzedowski, 1978; Vallejo, 2000).

#### **2.1.4 Importancia de la especie**

El bosque de *Pinus cembroides* desempeña una función importante en el ecosistema y en el ciclo hidrológico, al evitar la erosión, favorece la infiltración del agua y restablece los mantos acuíferos subterráneos. Estos bosques, aportan varios tipos de productos que tienen alto impacto en la sobrevivencia de las comunidades rurales; benefician a sus pobladores, aportando semilla comestible o piñón, leña, postes, madera para construcción de vivienda y muebles rústicos, abrigo y alimento para la fauna silvestre, árboles de navidad, resina y servicios como áreas de recreo y dasonomía urbana (Caballero y Ávila, 1989; Vallejo, 1997).

El *Pinus cembroides* es recomendable para realizar trabajos de reforestación en áreas semisecos y terrenos altamente degradados por actividades antropogénicas, es utilizada como árbol de navidad y como una fuente de producción de piñón, son especies de amplia plasticidad genética y ambiental y esto las hace importantes en proyectos de reforestación o restauración de áreas degradadas (Domínguez *et al.*, 2001; Ríos, 2008).



Figura 1. Individuo joven de *Pinus cembroides* Zucc. en su forma natural.

### **2.3 Importancia del cultivo de árboles de navidad naturales en México**

De acuerdo con la SEMARNAP (1991), la producción de árboles de Navidad tiene diferentes beneficios, los cuales se mencionan a continuación:

### **2.3.1 Desde el punto de vista ambiental**

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

### **2.3.2 Desde el punto de vista económico**

1. Las plantaciones forestales para la producción de árboles de navidad representan una alternativa de ingreso para los dueños y poseedores de terrenos con vocación forestal.
2. Los árboles de navidad cultivados en México, procedentes de viveros y plantaciones especializadas, son productos de alto valor agregado y de rápida colocación en el mercado, siempre y cuando sus características de calidad correspondan a las que éste exige.
3. La producción nacional de árboles de navidad naturales permite reducir las importaciones de este producto.

### **2.3.4 Desde el punto de vista social**

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

## **2.4 Consideraciones para la producción de árboles de navidad**

Para la producción de árboles de navidad es importante tomar en cuenta lo siguiente:

### **2.4.1 Calidad de la planta**

Burdett (1990) y Oliet *et al* (1999), plantean que la calidad de la planta está estrechamente relacionada al concepto de comportamiento en campo. También está relacionada con la fertilización y el riego que éstas han recibido bajo condiciones de vivero, ya que de ello depende el crecimiento de la planta, tanto aérea como radical; puede alterar la composición nutritiva de los tejidos, con efectos sobre el nivel de reservas, la capacidad de arraigo, la resistencia a estrés hídrico o a la resistencia al frío y a enfermedades. Dichas cualidades determinan su adaptación tanto al estrés provocado por el trasplante como a las condiciones de la estación y aseguran el éxito de las plantaciones.

Cetina *et al* (2002), señalan que el contenido de carbohidratos que las plantas acumulan durante su crecimiento en viveros es decisivo para su crecimiento inicial en campo, ya que disponen de más reservas para la supervivencia y sobre todo en condiciones ambientales adversas. De igual forma Puértolas (2002), establece que también es importante considerar el endurecimiento del tallo de las plántulas para que éstas prosperen en el sitio de plantación, y para Merlín y Prieto (2002), afirma que las características morfológicas más comunes de las plantas a utilizar son; tamaño de la planta, grosor del diámetro del cuello, sistema radicular fibroso, tallo lignificado, con acículas secundarias, libre de plagas y/o enfermedades y buen vigor (Merlín y Prieto, 2002).

#### **2.4.2 Preparación del sitio**

Anteriormente la preparación del sitio consistía en la remoción de vegetación arbustiva que presenta competencia para el cultivo de árboles de navidad. La supervivencia y el éxito de las plantaciones han sido resultado de una mezcla de factores, donde la preparación del sitio era de menor importancia, y por tanto, hacía más difícil tener plantaciones con las especies deseadas (SEMARNAP, 1999).

Wright (1965), sugiere que las operaciones modernas para la producción de árboles de navidad requieren de mayores esfuerzos en la preparación del sitio que incluyen, uso y mejoramiento de la fertilidad del suelo, con la finalidad de obtener mayor supervivencia de las plántulas, menor problema de plagas en los arboles jóvenes, crecimiento inicial más rápido y aumento considerable en la calidad de los árboles.

Hoy en día, las operaciones dirigidas a la preparación del sitio para la producción de árboles de navidad son actividades semejantes a la preparación del terreno que será usado para cultivos de maíz, frijol, papa, entre otros. Para

llevar a cabo estas actividades se debe de considerar el uso de maquinaria para abrir, voltear o roturar el suelo, o bien hacer uso de tan sólo la preparación manual en la cepa de plantación. Se debe nivelar el suelo o aligerar la pendiente mediante curvas de nivel, eliminar la vegetación arbustivo-leñosas, evitar la anegaciones de agua, incorporar abonos o fertilizantes, así como incorporar plaguicidas biológicos o químicos para el control de insectos del suelo. Cuando se usa cajeteo, solamente se remueve la vegetación herbácea en el radio del cajete. El control de malezas se puede hacer manualmente con talacho, azadón, guadaña o maquinaria podadora. El control químico con herbicidas debe aplicarse en épocas tempranas del crecimiento de las malezas (Rojas y Torres, 1989; Magaña, 1996; Vera, 1998; Brown *et al.*, 1999).

La restricción del crecimiento de las plantas en los primeros años de su establecimiento se debe a la competencia de especies herbáceas y arbustivo-leñosas, así como a las limitaciones que el suelo presenta respecto a la disponibilidad de nutrientes; es decir, las especies competidoras agravan las limitaciones nutritivas ya que compiten con la planta de interés por los elementos nutritivos disponibles en el suelo, además por el agua, el espacio radicular y aéreo. Es por ello que se aplican todas las actividades antes mencionadas; además, el uso de herbicidas apropiados es una alternativa para el control de malezas, tal como lo establecen Gerding *et al* (1986) y Cañellas *et al* (1999).

### **2.4.3 Diseño de la plantación**

Los diseños de plantación para árboles de navidad son variados según los requerimientos del terreno, ya que de ello depende la calidad del producto final (árbol de navidad); es aquí donde se determina el número de árboles que se va a plantar por unidad de área y cómo va a influir en el crecimiento y desarrollo adecuado de los arboles. Por ello, se toma en cuenta el espaciamiento que debe de haber entre plantas, ya que influye directamente con el desarrollo de las actividades de cultivo y la capacidad productiva del terreno. Es importante

considerar el espacio que se usará para las operaciones del equipo en medio de los árboles (Flores, 1999; Alm *et al.*, 1994) (Cuadro1).

Cuadro 1. Distancia entre plantas para plantaciones de árboles de navidad.

Distancia entre arboles	No. De plantas por Hectárea
1.2 X 1.2	6,944
1.5 X 1.5	4,400
1.8 X 1.8	3,086
2.1 X 2.1	2,267

Fuente: Chapa, 1976.

En Estados Unidos las empresas utilizan un espaciamiento, por lo general, de 1.50 m por 1.50 m entre líneas. Generalmente forman lotes de 15 a 20 líneas y 70 u 80 plantas y una separación en forma de pasillos que permiten el acceso al equipo de mantenimiento, tránsito de compradores y planeación de bloques de plantación y venta (Alm *et al.*, 1994) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Espaciamiento para algunas especies en Estados Unidos.

Especies	Espaciamiento
<i>Pinus silvestrys</i> y <i>Pinus resinosa</i>	1.8x1.8
<i>Picea glauca</i>	1.5x1.5
<i>Abies balsamea</i>	1.5x1.5

Fuente: Alm *et al.*, 1994.

Para definir el mejor espaciamiento entre árboles de navidad, se recomienda el uso de índices, el cual relaciona la altura del árbol con el ancho de la base; se divide el ancho de la base y altura del árbol multiplicado por 100, de tal forma que un árbol que tenga 0.90 metros de base y 1.70 metros de altura tendrá un índice de 53 %, la separación entre copa y copa será del 53% del diámetro de la base, que en este caso será de 0.50 metros entre copa y copa, dando una distancia entre árbol y árbol de 1.4 metros (Flores, 1999) (Figura 2).

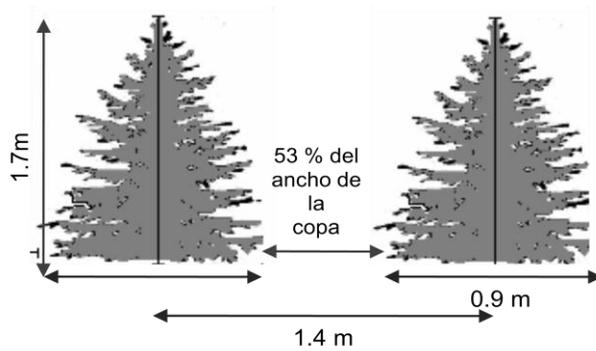


Figura 2. Espaciamiento entre árboles

El método más sencillo para definir el espaciamiento entre árboles es el de “Marco real” (Figura 3) que consiste en hacer trazos en cuadros de igual distancia y forma. En campo es fácil de realizar este tipo de trazos. A diferencia del método “Tres bolillo” que incluye trazos en forma triangular (Figura 4), con un poco de práctica, se realiza con cierta facilidad (Flores *et al.*, 2004). También el diseño rectangular es otra opción de plantación (Rojas y Torres, 1989) (Figura 5).



Figura 3. Método “Marco real” con espaciamientos de 2.m x 2.m.

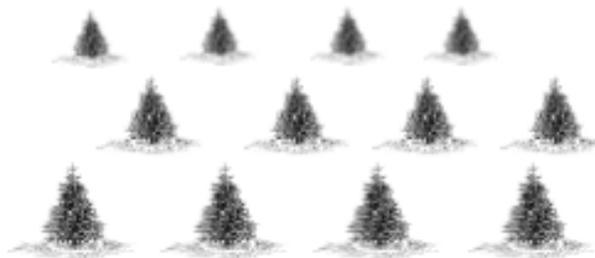


Figura 4. Método “Tres bolillo” con espaciamientos de 2 m x 2 m.

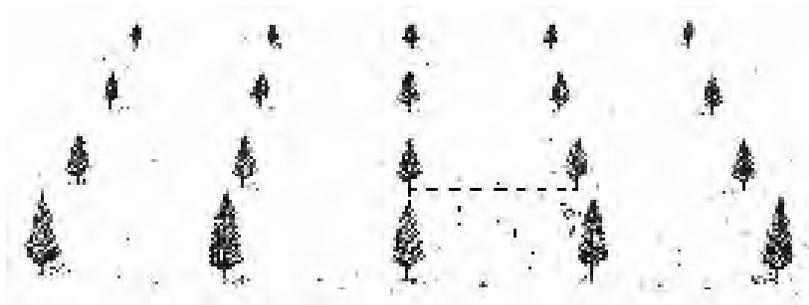


Figura 5. Método "Rectangular" 2 m x 3 m.

Rojas y Torres (1989), proponen que para calcular el número de árboles requeridos se debe definir previamente la separación entre plantas y el diseño de plantación a emplear. Al respecto, el método "Tresbolillo" es recomendado para terrenos con pendientes mayores de 5 %. En caso de áreas mayores o menores a una hectárea, el cálculo puede hacerse mediante las siguientes fórmulas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fórmulas para calcular el número de árboles.

Diseño	Formula a emplear
Cuadrado	$N = M/a^2$
Rectangular	$N = M/(axb)$
Tresbolillo	$N = M/(a^2 \times 0.866)$

Fuente: Rojas y Torres, 1989.

Donde:

N= número de árboles

M= área a emplear ( $m^2$ )

a, b= Distancia entre árboles (a: largo; b: ancho)

0.866= Constante (Seno de  $60^\circ$ )

Por último, Merlín y Prieto (2002), proponen las siguientes distancias de plantación para determinar el número de árboles por hectárea (Cuadro4).

Cuadro 4. Árboles por hectárea de acuerdo a la distancia de plantación.

Distancia entre árboles	Distancia entre hileras	Árboles por hectáreas
1.2	2	4,167
1.2	2.5	3,333
1.2	3	2,778
1.5	2	3,333
1.5	2.5	2,667
1.5	3	2,222
1.8	2	2,778
1.8	2.5	2,222
1.8	3	1,852

Fuente: Merlín y Prieto, 2002.

#### 2.4.4 Trazado de la plantación

Esta actividad tiene como propósito facilitar las labores de mantenimiento y manejo futuro de la plantación, permitir la contabilidad de los árboles, asegurar el espacio de crecimiento por individuo, permite el acceso, facilita la mecanización y estética del proyecto. Un buen trazo requiere de estacas igual al número de árboles a plantar (Rojas y Torres, 1989).

#### 2.4.5 Plantación

Para llevar a cabo esta labor, primeramente se procede a la apertura de cepas, sin dejar de tomar en cuenta que para el transporte de las plantas se deben de llevar en cajas especiales y en vehículos cerrados, esto para evitar que se dañen por el traslado mismo y por efectos del viento. El tamaño de la cepa depende del tamaño del cepellón (tres veces el volumen que ocupa el cepellón de la plantas); la preparación de cepas incluye agregar algún tipo de insecticidas para

combatir y prevenir plagas del suelo que pueden poner en riesgo a las plantas. También se le puede agregar algún tipo de fertilizante o enraizador para estimular el crecimiento inicial de las plantas. Una vez preparada la cepa se procede a retirar la bolsa del cepellón y acomodar cuidadosamente la planta dentro de la cepa, se le agrega el suelo que se retiró de la excavación alrededor del arbolito y debe de apretarse para evitar bolsas de aire. Si el suelo no se apisona, la bolsa de aire, puede ocasionar la muerte del arbolito. Se recomienda el uso de tutores (Cap. 2.5.1) para mantener la posición vertical del brinjal recién plantado ya que le ayuda a soportar las investaduras del viento; además de otros cuidados que ayudarán la sobrevivencia de la plantación (Rojas y Torres, 1989; Lindstrom *et al.*, 1997).

Prieto y Sánchez (1991), describen el método de cepas para acondicionar las plantaciones de árboles de navidad que consiste en lo siguiente: con una pala se abre un agujero de 40 cm de ancho por 40 cm de largo por 40 cm de profundidad. Posteriormente con la tierra suelta extraída de la cepa se forma un colchón de 10 a 15 cm de grosor en la base de la cepa (de manera de que quede asentada en tierra blanda) y se coloca la planta (con cepellón o a raíz desnuda) sobre y al centro de la capa de la tierra de la cepa; cuidando de que el árbol quede en posición vertical. Se rellena la cepa depositando primero la tierra superficial y después la que se extrajo a mayor profundidad, procurando dejar un ligero declive de la orilla de la cepa al árbol (cajeteo); entonces se apisona bien la tierra para evitar bolsas de aire en contacto con la raíz.

#### **2.4.6 Época de plantación**

Es importante considerar el periodo de lluvias para efectuar la plantación, ya que en la mayoría de los casos, de ello depende el establecimiento de las plantaciones. Se debe de seguir la lógica de las labores agrícolas de temporal (Prieto y Sánchez, 1991). El suelo debe encontrarse a capacidad de campo al momento de la plantación, para evitar que los árboles resientan el cambio de

ambiente; por esta razón se recomienda someter el suelo a un primer riego o esperar la primera lluvia del año; después de una lluvia o después de que al suelo se le ha aplicado un riego pesado, esperar dos o tres días para luego plantar. El tamaño de raíz de la planta influirá en su capacidad de soportar condiciones ambientales como son calor atmosférico, ausencia de humedad ambiental, frío, nublado del día, entre otros (Ortiz, 1990; Magaña, 1996).

#### **2.4.7 Selección de la especie a plantar**

De acuerdo con Alm (1994) y Brown *et al* (1999), señalan que El establecimiento, la supervivencia y el crecimiento adecuado de la plantación dependen de las condiciones del suelo, de los factores topográficos, de los factores climáticos y de los agentes bióticos que prevalecen en el lugar de plantación; así como de los requerimientos ecológicos de las especies. Dada esa combinación de factores, en ocasiones se torna difícil para el productor en la toma de decisiones para elegir la especie. La selección de especies para árboles de navidad se toman en cuenta las siguientes características: preferencias del consumidor hacia determinadas especies (olor, color, forma, tamaño de la hoja, entre otros); adaptabilidad de la especie, considerando sus características ecológicas; velocidad de crecimiento de la especie, ya que ello determina la edad del turno o el tiempo medio de plantación y mercado; vulnerabilidad a plagas y enfermedades; y calidad de empaquetado.

De las especies más utilizadas para árboles de navidad en el país son *Abies religiosa* Schl. et Cham., *Abies mexicana* Martinez, *Abies concolor* (Gord. et Glend) Hopes, *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus ayacahuite* Ehr., *Pinus michoacana* Martinez, *Pinus teocote* Schl. et Cham., *Pinus gregii* Schl. et Cham. Engelm., *Pinus strobiformis* Engelm., *Pinus halepensis* Miller, *Pinus taxifolia* Perl., *Pinus sylvestris* Lam., *Pinus nigra* Arnold, *Pinus attenuata* Lemm., *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus patula* Schl. et Cham., *Pinus radiata*

Don., *Pseudotsuga sp.*, *Picea sp.*, *Cupressus spp.*, *Juniperus sp.*, *Chamaecyparis sp.*, *Thuja sp.* (Magaña, 1996).

## 2.5 Manejo de la plantación

De Acuerdo con capó (2001), el éxito de una plantación forestal con distintos fines dependen estrictamente de una buena planeación y ejecución de los objetivos; estos a su vez, deberán hacerse bien en la primera prueba para no caer en aberraciones encaminadas al fracaso.

Es recomendable plantar en bloques, que consiste en dividir el terreno entre el número de años que el árbol estará listo para su venta (Turno de aprovechamiento) según la especie (Cuadro 5). Se planta un bloque cada año, hasta tener el terreno cubierto (Figura 6). Al término del turno el primer bloque plantado se cosechará y se dejará listo el terreno para plantar nuevamente (Merlín y Prieto, 2002).

Cuadro 5. Turno de aprovechamiento de diferentes especies en plantaciones de árboles de navidad en clima templado-frío.

<b>Nombre científico</b>	<b>Turno</b>
<i>Abies religiosa</i> Schl. et Cham.	7-10 años
<i>Pinus ayacahuite</i> Her.	5-8 años
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	5-8 años
<i>Pinus radiata</i> Don.	5-8 años
<i>Chamaecyparis sp.</i>	3-4 años
<i>Pseudotsuga sp.</i>	5-7 años

Fuente: Merlín y Prieto, 20002.

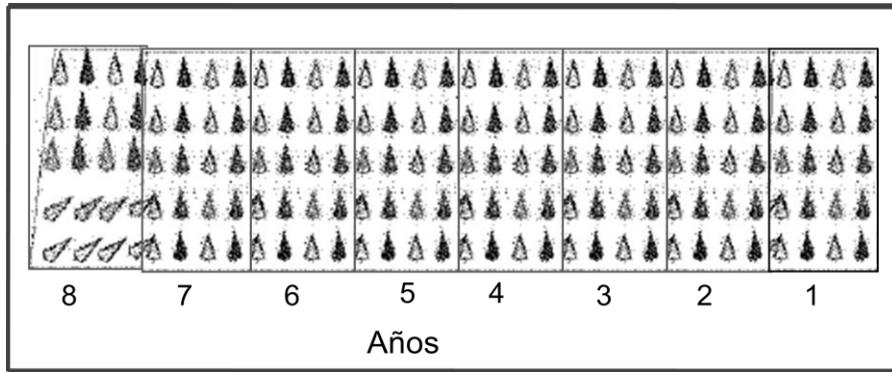


Figura 6. División del terreno de acuerdo al turno.

### 2.5.1 Cuidados inmediatos

Monárrez (2000) recomienda que es importante realizar un primer monitoreo para evaluar la sobrevivencia de la plantación, la cual nos permite contabilizar el número de plantas muertas que serán sustituidas, tomando en cuenta la época de lluvias. La causa más frecuente de mortalidad puede ser por sequía, mala calidad de planta o poco cuidado al realizar la plantación. De los cuidados inmediatos se recomienda: emplear tutores, con el fin de mantenerla planta en forma vertical, y llevar a cabo el cajete o, cubriéndolo con aserrín, ramas, gravilla, entre otros, para retener y evitar la pérdida de humedad. Además, se le debe de dar mantenimiento al cajete durante el turno de cosecha que consiste en formar y limpiar los cajetes de los árboles a fin de eliminar la base de malezas que compitan por nutrientes y retirar residuos de material orgánico procedente de las podas (ramas, hojas), y proporcionar un área de captación de agua.

Normalmente, la muerte de los arbolitos no rebasa el 10%, por lo tanto, un mes después de efectuar la plantación se procede a la revisión de todo el material plantado y se eliminan y sustituyen los arbolitos muertos (Torres y Rojas, 2008).

### **2.5.2 Riego**

El mismo autor señala que es necesario disponer de agua para aplicar riegos complementarios o de apoyo, que garanticen la supervivencia y la alta calidad del producto, principalmente durante el primer año, para mantener la humedad de los árboles a través de su primera época de secas. La cantidad de agua necesaria dependerá grandemente de la ubicación, suelo, pendiente, especie, densidad de plantación y clima.

Donde exista escasez de agua para el cultivo, es recomendable que al momento de la plantación, se haga la apertura de zanjas que ayuden a la captación de agua. Además del uso de otros sistemas de captación de agua que ayuden al productor a aprovechar el agua de lluvia y por ende a mejorar la calidad del cultivo (Pimentel, 1987; Merlín y Prieto, 2002).

La cantidad y frecuencia de los riegos dependerá principalmente del tipo de suelo y de las condiciones climáticas del lugar. Para zonas de aridez moderada es recomendable un buen programa de riego durante el primer año de plantación. Los sistemas de riego de más utilidad son riego por goteo, por aspersión y por surcos (Magaña, 1996).

### **2.5.3 Fertilización**

Para la fertilización adecuada Gerding *et al* (1986), señalan que al inicio del establecimiento de las plantaciones se requiere el suministro de nutrientes y más cuando los suelos presentan deficiencias al respecto. Es por ello, que se utilizan como prácticas silviculturales la fertilización junto con el control de malezas durante la época del establecimiento. Al realizar una fertilización se estimula el crecimiento de las plantas y se las hace más competitivas. Sin embargo, ante la agresividad que pudieran presentar las malezas, para que la fertilización tenga éxito se debe realizar un adecuado control de ellas. La acción combinada de estas

dos prácticas debiera provocar un mejor crecimiento de las plantaciones, no obstante, los resultados difieren dependiendo de las condiciones de cada sitio.

Por su parte Reyes (2009), dice que dada la influencia de las condiciones del sitio en el establecimiento de las plantaciones se pueden combinar otras prácticas silviculturales, como preparación física del suelo que permita una estructura más adecuada y una fertilización correctiva que aumente la disponibilidad del elemento nutritivo faltante, considerando la situación presente en cada sitio y siempre que la relación costo-beneficio sea apropiada.

La mayoría de las plantaciones de árboles de navidad se deshieran cuidadosamente para reducir al máximo la competencia que hay entre la planta de interés y las arbustivo-leñosas (malas hierbas). Normalmente la fertilización estimula el crecimiento de plantas competidoras y hace que sea más difícil su control. La fertilización de árboles de navidad puede promover características no deseables al productor si el manejo de la nutrición no se hace adecuadamente (Binkley, 1993).

#### **2.5.4 Control de malezas**

En los primeros años de establecida una plantación es necesario el deshierre continuo, ya que éstas compiten por agua, luz y nutrientes y afectan a la planta de interés. El control de las especies vegetales no deseables durante la fase de establecimiento de una plantación es benéfico para la sobrevivencia y favorece el crecimiento inicial de la misma. El control puede ser manual, con azadón o guadaña o mediante el uso de herbicidas (Magaña, 1996; Merlín y Prieto, 2002; Reyes, 2009).

El mantener limpia la plantación tiene ciertos beneficios como el que el árbol podrá obtener los nutrientes requeridos para su crecimiento, el cual al no tener competencia será mayor, el no verse afectado por la sombra de hierbas

mayores, en cierta forma reduce la presencia de insectos y hongos que pudieran afectarle al árbol, disminuye el riesgo de incendios, además de que facilita el ingreso a la plantación para su mantenimiento e incluso para la venta (Hernández y Nicolás, 2009).

Existen herbicidas pre-emergentes entre los cuales destacan: Weedmaster, Overdrive, Remedy, Crossbow, Redeem, Surmouth, Direx o Diurón, Cimarrón, Cimarrón max, Round Up, entre otros; y herbicidas postemergentes como Fusilade y Transline, los cuales se aplican para controlar hierbas de hoja ancha no mayores de los 30cm. Algunos de los herbicidas comerciales y utilizados en México son los siguientes: MaisTer, Puma® Super, Sigma S, Finale ®, Faena 480. Galigan 240 EC. Glyphogan 480 SL (Hernández y Nicolás, 2009).

### **2.5.5 Plagas y enfermedades**

Los medios de protección que hacen que ciertas plantas sean resistentes y otras sensibles a los ataques de un parásito determinado, no son fijos. Están ligados a los factores genéticos que se transmiten por la herencia y dependen, como los demás caracteres de la planta, de los factores externos. Los trastornos fisiológicos que son consecuencia de los factores externos acentúan la predisposición hasta el extremo que ciertos parásitos no pueden atacar más que a plantas que por la acción desfavorable del medio se encuentren bajo el efecto de una verdadera depresión vital (Torres, 1998).

Enfermedad es toda anomalía en el desarrollo normal del árbol, por la cual el árbol entero o alguna de sus partes se ven amenazadas en su existencia o en su normal funcionamiento. La patología forestal abarca el estudio de aquellos factores que causan daños o pérdidas en las existencias de las plantaciones forestales y del bosque (Torres, 1998).

De las enfermedades más comunes en los árboles de navidad se encuentran: *Fusarium sp.* (Deuteromycetes: Moniliales), hongo que causa pudrición de raíz. Las raíces muestran al principio una mancha rojiza que se extiende hasta cubrir la raíz principal y la porción de tallo debajo del suelo, el *Heterobasidion annosum* (Basidiomycetes): hongo que ataca las raíces y contagia las raíces de los arboles adyacentes, la *Lophodermelia maureri* (Ascomycetes: Phacidiales) llamado el hongo del follaje (caries en las hojas) de los pinos y *Lophodermium sp* enfermedad del follaje (Ascomycetes: Phacidiales) (Monárrez, 2000).

De las plagas más importantes se encuentran la *Phyllophaga spp.* (Coleoptera: curculioidae) o gallina ciega o escarabajos de mayo o junio, se alimentan de las raíces y hojas según el estadio, hasta causar la muerte del árbol; *Pissodes zitacuarensis* (Coleoptera: Curculioidae) es un descortezador que se alimenta y crece en el floema de troncos, ramas y raíces de los arbolitos, causándoles la muerte; *Oligonychus ununguis* (Acari: Tetranychidae), acaros del follaje, causan amarillamiento y caída prematura del follaje; *Pineus sp* (Homoptera: Adelgidae), se alimentan de los brotes de crecimiento y los árboles presentan una coloración amarillenta con puntos algodonosos de color blanco; *Neodiprion spp* (Hymenoptera: Diprionidae), defolian la punta de los árboles de navidad; *Tetralopha alternata* (Lepidoptera: Pyralidae), forman bolsas de seda que son fácilmente visibles; *Retinia ademoidana* (Dyar) (Lepidoptera: Tortricidae), se alimenta de la albura y el floema de los brotes de crecimiento, impide el paso de sustancias a la raíz, causando clorosis en la copa del árbol hasta matarlo y *Eucosma sonomana* (Lepidoptera: Tortricidae), barrenan los brotes de crecimiento, provocando atrofiamiento del desarrollo apical del árbol (Monárrez, 2000).

### 2.5.6 Podas

La poda de los árboles de navidad es una labor importante que ayuda a conseguir características deseables. Dicha actividad se efectúa a los dos o cuatro años después de plantados. El crecimiento normal de los árboles es el rápido crecimiento de ramas laterales y el alargamiento de verticilos superiores; de tal manera, que si estos crecimientos no son controlados mediante la poda el producto final (árbol de navidad) pierde su calidad (Espinoza, 2006).

La poda controla la cantidad de crecimiento, la altura y la anchura anual y en algunas especies, aumenta la producción de yemas; lo que le da a los árboles de navidad una mayor densidad, uniformidad del follaje y forma cónica con dimensiones deseables y corrige deformaciones de la ramificación. Además de que evita la formación de brotes múltiples. Las podas pueden efectuarse al terminar la estación de crecimiento, de acuerdo a la especie cultivada. Estas labores pueden realizarse desde junio, julio, agosto y continuar hasta finales del otoño (Monárrez, 2000; Merlín y Prieto, 2002; Espinoza, 2006).

En México las especies entran en inactividad a finales del otoño, mientras que el reinicio del crecimiento es a principio de la primavera (Monárrez, 2000). Las podas deben de realizarse de acuerdo al siguiente calendario (Cuadro 6).

Cuadro 6. Actividades anuales de podas (*Pinus sp.*).

Tipo de poda	Fecha
Poda al brote terminal y a las ramas laterales	Febrero- Marzo
Poda de la base	Julio
Poda al brote terminal	Octubre

Fuente: Monárrez, 2000.

Los tipos de podas aplicados a los árboles de navidad consisten en los siguientes:

**Podas apicales.** La poda apical consiste en cortar la yema terminal, con el objetivo de estimular el crecimiento de las yemas laterales de los árboles. Para desyemar las ramas laterales se debe realizar podas de todas las ramas laterales y cercanas al tope del árbol, ya que de no ser así, se producirán ramas largas que muy probablemente le harán competencia a la rama líder. Así también no deben dejarse las yemas que se encuentran un nivel por debajo de las ramas laterales (Petit *et al.*, 2010; FIPRODEFO, 2009).

**Poda de ramas laterales.** Este tipo de podas consiste en cortar las ramas laterales; con este tipo de poda se consigue darle forma cónica y triangular a los árboles de navidad (Petit *et al.*, 2010). Por otro lado, la formación de ramas laterales se realizará trazando una línea imaginaria desde la base hasta la altura máxima que tendrá el árbol al momento del corte, formando un cono imaginario (FIPRODEFO, 2009). Todas las ramificaciones que tienen una longitud anormal y que se extiende fuera del cono imaginario se deben de cortar (Monárrez, 2000).

**Poda del tallo líder.** Esta poda consiste en cortar el líder del tallo principal cuya distancia de corte, respecto al último verticilo, dependerá de la especie. Esta actividad conduce a tener árboles con follaje denso y ayuda a tener árboles de buena calidad. Para especies como *Pinus cembroides*, *Pinus eldarica*, *Pinus maximartinezii* y *Pinus greggii*, no debe de rebasar los 20 cm de altura. Para especies como *Pinus ayacahuite*, *Abies religiosa* y *Pseudotsuga macrolepis*, no debe de sobrepasar los 30 cm de altura. Además es preferible que la punta líder crezca sin influencia de otra gemela, ya que si esto sucede, es necesario cortar la competencia desde la base del verticilo, donde se debe seleccionar la mejor y más céntrica, y cortar las demás. El corte para este tipo de poda debe de ser de 45°, para facilitar la selección del próximo líder ya que se tendrá un brote cerca del

corte y será el próximo líder del tallo principal (Knelling, M. R. 1991; FIPRODEFO, 2009).

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

**Poda basal.** La poda basal tiene el objeto de eliminar las ramas inferiores entre el verticilo inferior del árbol y el suelo, donde el mango deberá ser recto y tener una pulgada por cada pie de altura del árbol. Esta se realizará cuando las yemas no están creciendo, después de que el árbol ha sido podado 2 veces, cortando al ras del fuste, pero evitando cortar más del 25 % de las ramas (FIPRODEFO, 2009).

Finalmente, la formación de mangos es la actividad que consiste en limpiar la base del tallo del árbol desde unos 30 cm del suelo, para dejarlo libre de ramas a su alrededor, dejando solamente una de ellas, la cual debe estar casi a nivel del suelo (FIPRODEFO, 2009).

Las herramientas de corte para estas labores incluyen tijeras de podar, machetes bien afilados, tijeras para setos y maquinas cortadoras con motor eléctrico o de gasolina (Merlín y Prieto, 2002; FIPRODEFO, 2009).

## **2.6 Fitorreguladores hormonales**

Las hormonas vegetales o fitohormonas son moléculas o compuestos orgánicos que tienen la capacidad de intervenir en el metabolismo de las plantas, y actúan en muy pequeñas concentraciones para activar o deprimir algún proceso

de su desarrollo. Por lo común, las hormonas se desplazan en el interior de la planta, del lugar de producción a su sitio de acción (Hill, 1977; Silva *et al.*, 2001).

Son cinco grupos hormonales que existen en las plantas: Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Abscisinas, Etileno y hoy en día se estudian poliaminas, brasinoesteroides y otros grupos. Aunque cada hormona tiene un efecto específico en la planta, los procesos del desarrollo dependen de la acción del grupo hormonal, la cual va a determinar la germinación, floración y desarrollo en general (Rojas, 1975; Silva *et al.*, 2001).

### **2.6.1 Auxinas**

El nombre auxina significa en griego “crecer” y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. Aunque la auxina se encuentra en toda la planta, las más altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas en crecimiento activo. Es un grupo de reguladores caracterizado esencialmente por provocar la elongación de las células. Por ello, se las denominó "hormonas de crecimiento". Regulan una gran cantidad de funciones fisiológicas, como: mitosis, alargamiento celular, formación de raíces adventicias, dominancia apical, gravitropismo, abscisión, diferenciación de xilema, regeneración de tejido vascular en tejidos dañados. Se encuentran en pequeñas cantidades en las plantas, con mayores concentraciones en los meristemas caulinares, laterales, yemas en actividad y órganos en activo crecimiento (Lallana y Lallana, 2003).

Las auxinas son sustancias naturales que se producen en las partes de las plantas en fase de crecimiento activo y regulan muchos aspectos del desarrollo vegetal. Afectan al crecimiento del tallo, las hojas y las raíces y al desarrollo de ramas laterales y frutos. Éstas influyen en el crecimiento de estos órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras, en función de la cantidad de auxina en el tejido vegetal y su distribución(<http://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas.shtml>).

En 1994 se consideraba que el ácido indolacético (AIA) era la única auxina natural que existía, y que las demás eran producto de la síntesis del hombre, como por ejemplo el ácido indol butírico (IBA), y recientemente se descubrió que éste existe naturalmente en las plantas por conversión del ácido indolacético (AIA) (Lallana y Lallana, 2003).

En la actualidad se piensa que la auxina actúa sobre el DNA. Algunos autores lo explican como una acción desrepresora de ciertos genes por la auxina, la represión sería causada por la formación de un complejo DNA-histona y la auxina actuaría disociándolos; otros autores creen que actúa sobre el RNA, adhiriéndose en un locus particular de la cadena, así que el IAA tendría valor informativo en la síntesis de enzimas y proteínas (Rojas, 1975).

#### Tipos de auxinas

Ácido indolacético (AIA)

Ácido Naftilacético (ANA)

Ácido indolbutírico (AIB)

([http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas\\_vegetales\\_y\\_reguladores.htm](http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas_vegetales_y_reguladores.htm)).

#### Función de las auxinas

Las funciones que estas hormonas vegetales llevan a cabo en las plantas se resumen en los siguientes puntos:

1. Dominancia apical.
2. Aumento del crecimiento de los tallos.
3. Promueve la división celular en el cambium vascular y diferenciación del xilema secundario.
4. Estimula la formación de raíces adventicias.
5. Estimula el desarrollo de frutos (partenocárpicos en ocasiones).

6. Fototropismo.
7. Promueve la división celular.
8. Promueve la floración en algunas especies.
9. Promueve la síntesis de etileno (influye en los procesos de maduración de los frutos).
10. Favorece el amarre y la maduración de los frutos.
11. Inhibe la abscisión ó caída de los frutos.

([http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas\\_vegetales\\_y\\_reguladores.htm](http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas_vegetales_y_reguladores.htm)).

El efecto de la auxina sobre las células vegetales es importante para controlar las funciones llamadas tropismos. Se llama tropismo a la respuesta de una planta a estímulos externos y causa el cambio de la dirección de crecimiento; los tropismos se materializan en inclinaciones, giros o curvaturas del tallo. Se cree que la luz destruye la auxina del tallo y provoca así un desequilibrio, de manera que la concentración de la hormona es mayor en la cara no iluminada. Al recibir más auxina, las células de este lado más oscuro se alargan más que las del soleado y hacen que la planta se incline hacia la luz(<http://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas.shtml>).

El ácido indolacético, la auxina más común, se suele formar cerca de los brotes nuevos, en la parte superior de la planta, y fluye hacia abajo para estimular el alargamiento de las hojas recién formadas. Los científicos han obtenido compuestos químicos, llamados estimulantes del crecimiento, basados en las auxinas naturales. Estas sustancias sintéticas, que se aplican en forma de aerosol o de polvo, se usan para frenar el brote de los ojos o yemas de las papas almacenadas, para destruir las malas hierbas de hoja ancha y para evitar la caída prematura de frutos y pétalos de flores; las sustancias de crecimiento se usan también para obtener frutos sin semillas, como tomates, higos y sandías, y para estimular el crecimiento de las raíces en los esquejes (<http://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas.shtml>).

## **2.6.2 Giberelinas**

Las giberelinas, como las auxinas, están relacionadas con el crecimiento; estimulan tanto la división celular como el crecimiento de las células en los vegetales (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65089618>).

Las giberelinas son fitohormonas que fueron aisladas de un hongo *Gibberella fujikurio*, y forman parte del equipo regulador del desarrollo de las plantas superiores; los compuestos del mismo tipo se les conoce como giberelina. En la actualidad se han aislado cuando menos 74 clases de giberelinas, ninguna planta tiene todas las giberelinas, pero toda planta gimnosperma o angiosperma tiene una o varias de ellas (<http://fertienda.com/blog/35-giberelinas-auxinas-y-citoquininas-en-agricultura>).

Entre los fenómenos que permitieron descubrir a la giberelina, está el alargamiento de tallo, que es una elongación extrema de entrenudos sin aumento de su número en plantas no ramificadas; en este caso, este alargamiento es debido a la vez al crecimiento de la cantidad y tamaño de las células, en plantas ramificadas el efecto es parecido, pero disminuye el número de ramificaciones (<http://fertienda.com/blog/35-giberelinas-auxinas-y-citoquininas-en-agricultura>).

### **Tipos de giberelinas**

Existen varios tipos de giberelinas, siendo los más comunes: GA1, GA3, GA4, GA7 y GA9.

### **Función de las giberelinas**

Las funciones que esta hormona vegetal lleva a cabo en las plantas, se resumen en los siguientes puntos:

1. Incrementan el crecimiento en los tallos.
2. Interrumpen el período de latencia de las semillas, haciéndolas germinar y movilizan las reservas en azúcares.
4. Inducen la brotación de yemas.
5. Promueven el desarrollo de los frutos.
6. Estimulan la síntesis de mRNA (RNA mensajero).

([http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas\\_vegetales\\_y\\_reguladores.htm](http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas_vegetales_y_reguladores.htm)).

Las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en puntas de las raíces y en semillas en desarrollo. La hormona no muestra el mismo transporte fuertemente polarizado como el observado para la auxina, aunque en algunas especies existe un movimiento basipétalo en el tallo. Su principal función es incrementar la tasa de división celular (mitosis); además de ser encontradas en el floema, las giberelinas también han sido aisladas de exudados del xilema, lo que sugiere un movimiento más generalmente bidireccional de la molécula en la planta (<http://www.efn.uncor.edu/dep/biología/intrbiolo/auxinas.htm-ableContents>).

Otro de los efectos notables que se observa en plantas enanas que normalmente tienen entrenudos muy cortos y son a menudo muy ramificadas; con la aplicación de giberelinas en las dosis convenientes se transforman de variedades enanas en plantas absolutamente idénticas a las variedades normales (<http://www.efn.uncor.edu/dep/biología/intrbiolo/auxinas.htm-ableContents>).

La actividad enzimática resultante de las giberelinas no se debe a la liberación de enzimas de alguna forma de conjugación sino al incremento de la actividad celular, debido a la formación de nuevas enzimas (Marcus, 1971).

Según teorías, las giberelinas tienen relación con la síntesis del mensajero RNA, dirigida por el DNA, en el núcleo; en la actualidad, se cree que estas hormonas modifican el RNA producido en los núcleos, y así puede éste ejercer su

control sobre la expansión celular, así como sobre otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal (<http://mbv.fcien.edu.uy>).

### **2.6.3 Etileno**

El etileno actúa fisiológicamente como una hormona en plantas. Existe como gas y actúa a lo largo de la vida de la planta estimulando o regulando la maduración del fruto, la abertura de flores y abscisión de hojas. Su biosíntesis comienza con la metionina y tiene al ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico o ACC como intermediario clave. El etileno se ha utilizado en la práctica desde los antiguos egipcios, que hacían muestras a los higos para estimular la maduración (la herida estimula la producción del etileno por los tejidos de la planta). En 1935, se descubrió que el etileno era la hormona de la planta responsable de la maduración de los frutos, así como de la inhibición de tejidos vegetativos que provocaban la caída de las hojas (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63795433>).

Los conocimientos acerca de la función desempeñada por el etileno en el crecimiento y desarrollo en los vegetales eran rudimentarios, hoy en día se sabe que hay nuevas formas y que han incrementado la importancia del papel de esta hormona (Weaver, 1976).

Se ha demostrado que el etileno está producido esencialmente en todas las partes de las plantas, incluyendo las hojas, los vástagos, las raíces, las flores, las frutas y los tubérculos. La producción del etileno está regulada por una variedad de factores de desarrollo y ambientales. Durante la vida de la planta esta hormona se induce durante ciertas etapas del crecimiento tales como germinación, maduración de frutos, abscisión de hojas, y senectud de flores. Otros aspectos que influyen son las heridas mecánicas, las tensiones ambientales, o ciertos productos químicos, incluyendo auxinas y otros reguladores, para la producción de dicha hormona vegetal (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=63795433>).

Las funciones que esta hormona lleva a cabo en las plantas se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Provoca la triple respuesta de la planta, engrosando el hipocótilo con un pronunciado gancho apical.
2. En polinización, cuando el polen alcanza el estigma, el precursor del etileno, ACC, se secreta al pétalo, transformándose en etileno con la ACC oxidasa.
3. Estimula la senescencia de hojas y flores.
4. Estimula la senescencia de células maduras del xilema.
5. Inhibe el crecimiento del ápice en algunas plantas inundadas como el arroz.
6. Induce la abscisión de la hoja.
7. Induce la germinación de semillas.
8. Induce el crecimiento del pelo radical, aumentando la eficacia de la absorción del agua y de los minerales.
9. Induce el crecimiento de raíces adventicias durante inundaciones.
10. Estimula epinastía, haciendo que el peciolo de la hoja crezca más rápido en su cara superior que en la inferior y la hoja se curve hacia abajo.
11. Estimula la maduración de frutos y flores.
12. Induce un aumento climatérico de la respiración en algunos frutos, lo cual causa una producción adicional de etileno. Esto es la causa de que algunos frutos induzcan el aumento de la velocidad de maduración en otros.

(<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=-63795-433>).

#### **2.6.4 Citocininas**

Las citoquininas o citocininas constituyen un grupo de hormonas vegetales que promueven la división y la diferenciación celular. Su nombre proviene del término «citokinesis» que se refiere al proceso de división celular. La

diferenciación celular se encarga de dar origen a la formación de cada uno de los órganos de cualquier vegetal, ya sean raíces, hojas, flores o frutos, ya que cada uno tiene diferentes tipos de células. Sin estas hormonas, quizás no habría diferenciación de órganos vegetales (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64-865228>).

Las citocininas naturales pueden definirse estructuralmente como moléculas derivadas de la adenina con una cadena lateral unida al grupo amino 6 del anillo purínico, compuesto que se encuentra en todas las células de gran importancia biológica, para conferirle actividad citocinínica; los grupos principales son: benzilamino purina, naftilamino purina, furfurilamino purina y otros similares (Pérez y Martínez, 1994). Esta hormona además, induce grandes cambios en los ácidos nucleicos y en la síntesis de proteínas y degradación asociadas con la acción directa de la hormona, pero es muy riesgoso atribuirles cambios determinados en la síntesis de productos. Aparte de estos efectos, se observan cambios profundos en la biosíntesis o el contenido de otras hormonas, ya que las citocininas pueden ocasionar aumentos en el contenido de las auxinas, giberelinas o etileno (Rojas y Rovalo, 1972).

Las citocininas se forman (sintetizan) en cualquier tejido vegetal: tallos, raíces, hojas, flores, frutos o semillas, aunque se acepta generalmente que es en las raíces donde se producen las mayores cantidades de estas hormonas. El movimiento de las CTS (citocininas) producidas por la planta, puede ser hacia arriba o abajo de su sitio de síntesis, lo cual sugiere que estas hormonas se pueden mover en el xilema y el floema. Así, pueden translocarse desde la raíz a los frutos o desde las semillas a la raíz; En todos los casos el flujo preferencial será hacia el tejido que esté demandando o necesitando de la hormona para sus funciones específicas (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64865228>).

Las funciones que esta hormona lleva a cabo en las plantas se resumen en los siguientes puntos:

En la célula:

- Control del ciclo celular.
- Control de la diferenciación celular.
- Control del desarrollo de los cloroplastos.

En la planta:

- Control de la dominancia apical.
- Retraso de la senescencia foliar.
- Expansión de los cotiledones.

Actualmente, la utilización de citocininas para regular y/o manipular eventos fisiológicos específicos en los cultivos, está siendo cada vez más generalizada, ya que la agricultura dispone de productos comerciales lo suficientemente específicos y eficientes para ejercerlos. Se aplican en todo tipo de hortalizas, frutales, plantas de ornato, uva de mesa, algodón, maíz, trigo, garbanzo, frijol, y otros (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64865228>).

Existen algunas formulaciones comerciales que se han manejado para manipular eventos fisiológicos, entre los cuales, son amarre de frutos, crecimiento de fruto, crecimiento vegetativo, desarrollo de yemas laterales, formación y distribución de fotosintatos, retraso senescencia, germinación de semillas, y manipulación hormonal-biorregulación (<http://es.wikimedia.org/w/index.php?oldod=64865228>).

### **2.6.5 Ácido Abscísico**

El ácido abscísicoal igual que el etileno afecta negativamente al crecimiento. Esta hormona vegetal se biosintetiza durante la desecación de los tejidos vegetales al darse compactación del suelo sobre las raíces, durante la temporada de invierno en frutos verdes, durante el establecimiento de la latencia en las semillas de maduración; además, es móvil dentro de la hoja y puede ser

rápida­mente trasladada desde las raíces hasta las hojas a través del xilema. Se secreta en respuesta al estrés ambiental, como el estrés térmico, el estrés hídrico y el estrés salino (<http://es.wikipedia.org/w/in- dex.php?oldid=66107937>).

Esta hormona inhibe el crecimiento de muchas plantas y partes vegetales, según se ha demostrado en coleóptilos, plántulas, discos de hojas, secciones de raíces, hipocótilos y radículas; también se ha demostrado que frecuentemente produce inhibición en el crecimiento de los brotes y hojas (Azcon y Talon, 2008).

Las funciones que esta hormona vegetal lleva a cabo en las plantas se resumen en los siguientes puntos:

1. Favorece el desarrollo de las semillas. Promueve la tolerancia del embrión a la desecación: ya que induce la síntesis de proteínas “LEA” (late embryogenesis abundant), involucradas en este proceso. Promueve la acumulación de proteínas de almacenamiento en semillas durante la embriogénesis.
2. Mantiene la dormancia de las semillas.
3. Inhibe la producción de enzimas inducibles por las giberelinas. Éste efecto es el opuesto al producido por las giberelinas.
4. Promueve el cierre de las estomas en respuesta al estrés.
5. Incrementa la conductividad hídrica y el flujo de iones en raíces. Disminuye la resistencia al movimiento del agua a través del apoplasto y membranas, por modificación de las propiedades de las membranas.
6. Promueve el crecimiento de raíces y disminuye el de ápices a bajos potenciales hídricos. Esto, junto con el cierre de los estomas, ayuda a incrementar la superficie de absorción de líquido en condiciones de estrés.

7. Promueve la senescencia de las hojas. Por efecto propio o por estimulación de la biosíntesis de etileno: este último favorece también la abscisión.

(<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r49203.PDF>).

Este fitorregulador se sintetiza en raíces y hojas maduras y se transporta por floema en forma ascendente y por xilema desde las hojas. En caso de estrés hídrico en hojas (por intensas radiaciones solares) se incrementa el transporte de ABA desde la raíz hacia la hoja por vía xilemática (<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r49203.PDF>).

El análisis de algunas enzimas ha revelado que ABA es sintetizado preferentemente en tejidos vasculares en plantas no sometidas a estrés. Precursores de ABA o la hormona misma pueden luego ser transportados a otros tejidos. Otros lugares de síntesis que se relacionan con la acción de ABA son los embriones y las células guarda (oclusivas) de los estomas. Las concentraciones típicas de ABA son entre 0,01 y 1,0 mg/l, estos niveles pueden incrementarse hasta 50 veces bajo estrés hídrico (Jordán y Casaretto, 2006).

## **2.7 Elementos nutritivos y fertilizantes**

Son varios los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas y éstos provienen del aire, del agua y del suelo. Dichos elementos son conocidos como nutrientes; pueden ser beneficiosos para algunas plantas, pero no esenciales para el crecimiento de todas. El carbono, hidrógeno y oxígeno forman la mayor parte del peso de las plantas, y se obtienen directamente del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el agua (H<sub>2</sub>O) cuya disponibilidad no está generalmente limitada, excepto en terrenos anegados o muy secos. Los fertilizantes, abonos o residuos de cultivos aplicados al suelo aumentan la oferta de estos elementos nutritivos para las plantas (FAO e IFA, 2002; Mendoza, 2004).

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente su fertilidad. Además, de proveer refugio y alimento para los organismos del suelo. El abono orgánico crea la base para el uso de los fertilizantes minerales. La materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan; por tanto, se crean las condiciones ambientales ideales para el cultivo (FAO e IFA, 2002).

De acuerdo a la FAO e IFA (2002), los nutrientes se clasifican de la siguiente manera:

A. Macronutrientes o macroelementos, divididos en nutrientes primarios y Secundarios.

B. Macronutrientes o macroelementos.

Macronutrientes primarios: nitrógeno, fósforo y potasio.

Macronutrientes secundarios: azufre, calcio y magnesio.

Micronutrientes o microelementos: hierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno, boro y cloro. Son elementos que se absorben por la planta en cantidades mínimas, con las que quedan cubiertas sus necesidades.

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y son aplicados si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos (FAO e IFA, 2002).

Los nutrientes secundarios influyen en las reacciones enzimáticas y se relacionan con la transferencia de energía de las plantas; además de ser importantes en la formación de proteínas. Tanto el magnesio como el azufre están

relacionados con la formación de la clorofila; mientras que el calcio es esencial para el crecimiento de las raíces y es un constituyente del tejido celular de las membranas (FAO e IFA, 2002).

A diferencia de los macronutrientes, los micronutrientes o microelementos son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo (FAO e IFA, 2002).

Es importante considerar que todos los nutrientes, ya sean necesarios en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una función específica en el crecimiento de la planta y un nutriente no puede ser sustituido por otro (FAO e IFA, 2002).

El índice de adición de nutrientes, es decir, el aporte de nutrientes, que puede ser fácilmente manipulado en el manejo del cultivo, es el conductor variable del crecimiento y la nutrición de la planta y que el mantenimiento de contenidos constantes de nutrientes puede ser lograda mediante la fertilización con un aumento exponencial en la cantidad durante el período de crecimiento (Peñuelas *et al.*, 2001).

### **2.7.1 Funciones generales de los macronutrientes (N. P.K.)**

#### **Nitrógeno**

Este elemento es absorbido del suelo bajo forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), están disueltos en el agua de lluvia y la fijación biológica de N que realizan los microorganismos. El Nitrógeno es esencial para el desarrollo de las plantas, ya que estimula el sistema radicular durante la etapa de crecimiento. Este elemento promueve el crecimiento de raíces adventicias y le da un aspecto voluminoso. Además, el sistema radical de las plantas se tornan fibroso con

numerosas raicillas no lignificadas y largas, por lo que tienen la capacidad de explorar el suelo y aprovechar más cantidad de agua y nutrientes disponibles (Navarro y Calvo, 2003).

El nitrógeno tienen efecto en todos los tejidos vegetales, ya que es un mineral absorbido por las plantas en mayor cantidad; les da a las plantas un color verde oscuro y las hace más suculentas, también hace que las células sean mayores con paredes celulares más delgadas; además de fomentar el desarrollo vegetativo e impulsa la formación del follaje de buena calidad facilitando la producción de carbohidratos (FAO e IFA, 2002; Mendoza, 2004).

La demanda de nitrógeno por los árboles es muy alta y la respuesta a la falta de nitrógeno probablemente es la forma más general de deficiencia mineral en arboles. Durante el rompimiento de la yema en primavera ocurre una movilización de nitrógeno a la yemas acompañadas por una marcada disminución en el nitrógeno total en vástagos y ramas más viejas, sugiriendo que ocurre una hidrólisis de proteínas y que el nitrógeno soluble es translocado de estos tejidos al meristemo en desarrollo (Lázaro, 2011).

## **Fósforo**

Las plantas absorben el P en forma de fosfatos inorgánicos, principalmente, como aniones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ . La máxima asimilabilidad por las plantas se alcanza cuando el pH del suelo se mantiene entre 6 y 7. En suelos ácidos, el fósforo se insolubiliza con el aluminio, hierro y manganeso. La planta también, a través de sus enzimas, desprende los grupos fosfatos de los compuestos orgánicos y posteriormente los absorbe (Lázaro, 2011).

El fósforo desempeña un papel importante en las transformaciones de energía, división celular, respiración, fotosíntesis y participa en el metabolismo de las grasas y proteínas. Su función es fundamental en el metabolismo energético, y

su efecto más evidente se observa sobre el sistema radicular de la planta, al fomentar la formación de raíces laterales y fibrosas, lo que aumenta la superficie de absorción de nutrientes. Además, hace mayor la resistencia a las enfermedades de las plantas. Es indispensable para la diferenciación celular y para el desarrollo de tejidos, de la planta. Este elemento participa en el proceso de la reproducción y la constitución del material genético de la planta (FAO e IFA, 2002; Mendoza, 2004).

### **Potasio**

Generalmente, el Potasio (K) es uno de los elementos que se encuentran en cantidades suficientes en los suelos para el crecimiento de las plantas. Los suelos forestales contiene de 20 a 200 ppm de potasio intercambiable, cantidad suficiente para un buen crecimiento de las especies arbóreas (Arteaga *et al.*, 2003).

El potasio incrementa la eficacia de la hoja para elaborar azúcares y almidón, ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda al traslado de lugar a los carbohidratos y hace que el fierro sea más móvil en la planta. Aumenta la resistencia de las plantas a sequías, heladas, plagas y enfermedades; es un activador de muchas de las enzimas que activan los aminoácidos y la síntesis de las proteínas; impulsa la división celular normal en los tejidos meristemáticos jóvenes. Además de neutralizar el exceso de nitrógeno y ayuda a la planta a utilizar la humedad del suelo de manera más ventajosa (Mendoza 2004).

El potasio permanece en estado iónico en la planta, equilibrando aniones; ejerce la función como osmorregulador disuelto en el jugo celular, favorece la fotosíntesis y tiene un papel activo en el transporte de las sustancias formadas en dicha reacción (Domínguez, 1997).

## 2.8 Descripción de los biorreguladores utilizados

Existen moléculas sintéticas similares a las fitohormonas en estructura y función: los fitorreguladores hormonales. Otros productos sintéticos son diferentes a las fitohormonas, pero no obstante determinan respuestas en el desarrollo vegetal; son los fitorreguladores no hormonales, como el cloromequat (cloruro de cloroetil-trimetilamonio, el daminozide (dimetil- hidracida del ácido), entre otros. En la actualidad son muy utilizados extractos de algas marinas procesados y estandarizados, que por su complejidad solamente pueden ser referidos por su nombre comercial como el Biozyme, Cytozime, Cytex y otros (Silva *et al.*, 2001).

### 2.8.1 Biogib\* 10 ps (regulador de crecimiento vegetal)

Definición. Hormona natural de las plantas cuya función principal es la inducción del crecimiento y desarrollo de las plantas y de los frutos.

Polvo soluble

Composición porcentual:

Porcentaje en peso

Ingrediente activo:

Ácido giberélico (GA3)

No menos de:..... 10%

Ingredientes inertes:

Diluyentes y acondicionadores

No más de:..... 90%

Total:.....100%

IPE (Información Profesional Especializada, S. A de C. V.) (1990).

## 2.8.2 Biozyme TF (regulador de crecimiento vegetal).

Definición. Es un estimulante hormonal de origen natural, cuyas funciones es el de estimular diferentes funciones fisiológicas en las plantas; de las cuales destacan la dimensión y diferenciación celular, translocación de nutrientes y diferenciación de yemas. Los ingredientes activos e inertes se describen a continuación:

### Composición porcentual

#### Ingredientes activos porcentaje en peso.

Micro elementos.....1.86 %

(Equivalente a 19.34 g/l).

Manganeso (Mn).....0.12%

Zinc (Zn)..... 0.37%

Fierro (Fe).....0.49%

Magnesio (Mg).....0.14%

Boro (B)..... 0.30 %

Azufre (S)..... 0.44 %

#### Extractos de origen vegetal y fitohormonas

Biológicamente activas.....78.87%

Giberelinas.....32.2ppm

(Equivalente a 0.031 g/l)

Ácido indolacético.....32.2ppm

(Equivalente a 0.031 g/l)

Zeatina.....82.2ppm

(Equivalente a 0.083 g/l)

#### Ingredientes inertes:

Diluyentes y acondicionadores.....19.27

Total.....100%

IPE (Información Profesional Especializada, S. A de C. V.) (1990)

### 2.8.3 Biozyme PP (regulador de crecimiento vegetal)

Definición. Es un estimulante hormonal de origen vegetal para tratamientos de semillas y plántulas, cuya aplicación aceleran los procesos metabólicos de transformación de los materiales de reserva en energéticos, además mejora el desarrollo del sistema radicular y el tallo. Los ingredientes activos e inertes se describen a continuación:

Polvo plus

Composición porcentual

Ingredientes activos porcentaje en peso:

Ingredientes activos:

Extractos de origen vegetal y fitohormonas.....27.50%

Giberelinas.....28.50 ppm

Ácido indolacético..... 12.25 ppm

Zeatina.....47.80 ppm

Caldo de extracto.....27.24%

(Equivalente a 272.44 g/kg)

Materia orgánica del extracto.....0.26%

(Equivalente a 2.5 g/kg)

Ingredientes inertes:

Diluyentes y acondicionadores..... 72.50%

Total: .....100.00%

IPE (Información Profesional Especializada, S. A de C. V.) (1990)

## 2.9 Estudios afines

Torres y Rojas (2008), con su experiencia en cultivos de árboles de navidad, aseguran que el éxito de la producción consiste en aplicar podas de conformación. Esto consiste en cortar la punta de las ramas dando al árbol el aspecto verde, follaje denso y vigoroso. El autor recomienda que se aplique cada tres meses fertilización de macronutrientes a base de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) hasta el periodo de la corta.

Mesón y Montoya (1993), definen que la poda es la corta de ramas de un árbol en pie y con ello se persiguen diversos objetivos, según el deseo del silvicultor. Los mismos autores reportan que en España aplican podas de fructificación en pino piñonero para aumentar la producción de frutos (piñas) y podas de formación para facilitar la colecta de piñas.

Cozzo (1995), encontró en una plantación de *Eucalyptus saligna-grandis*, en Corrientes, Argentina, que el corte del tallo líder favorece la proliferación de varios tallos, buscando en forma natural, que uno de ellos domine, a un año de la aplicación del tratamiento. El mismo autor, hace mención de que dicho tratamiento se aplica a algunas especies de pinos y que con ayuda de fertilizantes mejora la formación de follajes en las plantas.

Cortés (2005), en una plantación de *Pinus halepensis* y *Pinus pinceana* aplicó diferente dosis de lobi\*44 (15 gr por litro de agua) y fertilizantes de lenta liberación Agriform® (tabletas de 21 gr., NPK, 20,10,15), además de dos tipos de podas, y encontró para *Pinus halepensis* mejores respuestas a los tipos de fertilizantes y podas, mientras que *Pinus pinceana* no tuvo respuestas debido a la mortalidad de los mismos.

Bergara (1973), aplicó en *Eucalyptus grandis* fertilizante foliar (N 16%, P asimilable 2.5%, K 16.5% y elementos menores quelatados) logrando con los

tratamientos alturas de 45 cm. comparados con el testigo que alcanzó 25 cm en un periodo de 30 días.

Hernández y Rubilar (2012), estudiaron el efecto del nitrógeno y fósforo sobre el desarrollo y crecimiento fenológico de los brotes de setos de *Pinus radiata*, con las siguientes concentraciones de nitrógeno (0, 100, 200 y 400 mg L<sup>-1</sup>) y fósforo (0, 50, 100, 150 mg L<sup>-1</sup>). Las variables a evaluar fueron la elongación del brote y el crecimiento en diámetro. Encontraron que a medida que aumentan las concentraciones de nitrógeno proporcionadas al medio de crecimiento se incrementa el crecimiento en elongación de los brotes, sin embargo, el crecimiento en diámetro no es afectado. Las concentraciones de fósforo empleadas, no afectaron al crecimiento en elongación y diámetro de los brotes.

Ortiz y Flores (2008), cuantificaron a través de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia la concentración de ácido abscísico y la citocinina en el proceso de tuberización en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L. y *Solanum phureja* Juz. et Buk.), debido a la precocidad de la tuberización en algunas variedades. Los resultados en las variedades estudiadas relacionan la precocidad de la tuberización con la ausencia de ABA y los periodos de mayor latencia con su presencia; por otro lado, las concentraciones de citoquininas fueron evidentes en las variedades con mayor precocidad.

Lázaro (2011), realizó un estudio con diferentes dosis de fertilización NPK en relación al crecimiento de follaje nuevo e incremento de área basal, en *Pinus Patula* Schl. et Cham. En el sitio experimental se determinó deficiencia de N, respecto a la demanda del arbolado. El resultado obtenido fue que la fórmula 185-0-0 kg ha<sup>-1</sup> de NPK promovió el mayor crecimiento de follaje nuevo en términos de tasa relativa de crecimiento instantáneo de volumen, así como del área basal; este efecto también se reflejó en el diagnóstico nutricional de los brotes. La fórmula 138-0-0 kg ha<sup>-1</sup> de NPK promovió el mayor crecimiento de follaje nuevo en términos de tasa relativa de crecimiento instantáneo de peso seco.

Pérez *et al.*, (2001) Aplicaron giberelina, con el objetivo de modificar el crecimiento vegetativo y floración en mango “ataulfo” (*Mangifera indica* lin var. ataulfo) y “tommy atkins” (*Mangifera indica* lin var. *tommy atkins*); las dosis de aplicaciones de 25 y 50 mg./litro, se aplicaron 5 veces en diferentes meses del año; se logró inhibir la floración normal en ambas especies, además los brotes que estaban en crecimiento vegetativo o inactivo presentaron una floración retrasada de cuatro a cinco semanas en Tommy “Atkins” y de seis hasta nueve meses en “Ataulfo”.

Dorantes (2011), aplicó cuatro productos hormonales y dos tipos de podas en una plantación de *Pinus greggii* Engelm. en Saltillo, Coahuila, con la finalidad de encontrar repuestas a las variables número de brotes, longitud de brotes y otras variables dasométricas. Los resultados que obtuvo en su primera etapa experimental fue de 3.41 brotes por árbol, con poda despunte de ramas y 20 ml. de Biozyme TF/10 litros de agua; en la segunda etapa de su experimento obtuvo el mejor resultado en poda líder de ramas sin producto, con una media de 5.37 brotes por árbol. En longitud de brotes, en su primera etapa experimental, obtuvo una media de 9.45 cm con poda líder de ramas y 20 ml. de Biozyme TF/10 litros de agua; en la segunda etapa experimental obtuvo una media de 10.95 cm, aplicando poda líder de ramas y 25 ml. de Biozyme TF/10 litro de agua.

Salas (2011), en una plantación de *Pinus pinceana* Gordon, encontró respuestas positivas para la variable número de brotes aplicando poda líder de ramas en interacción factorial con un producto hormonal (Biogib); la dosis del producto hormonal fue de 10 gramos en 10 litros de agua, dicho resultado corresponde a una media de 7.370 brotes por árbol. Mientras tanto, para la variable longitud de brotes, encontró una media de 12.04 cm, la interacción factorial de este resultado corresponde a 200 gramos de Biozyme TS en 10 litros de agua, además de poda líder de rama.

Mérida (2012), llevó a cabo un estudio para evaluar cuatro productos hormonales y dos tipos de podas en una plantación de *Pinus cembroides* Zucc. de las variables a evaluar incluye el número de brotes y la longitud de brotes, al aplicar Ácido Giberélico, Biozyme TF, Biozyme PP y Biozyme TS, en interacción factorial con dos tipos de podas (Despunte de las ramas, eliminación del líder de las ramas). Y encontró en número de brotes una media de 2.26 brotes por árbol, con una dosis de 25 ml de Biozyme TF disueltos en 10 litros de agua; el mismo producto hormonal, con la misma dosis, arrojó una media de 2.42 cm en longitud de brotes.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

##### 3.1.1 Localización

El estudio se llevó a cabo en el ejido de San Juan de La Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas son 25°13'70" Latitud Norte y 101° 13'01" Longitud Oeste, a una altura aproximada de 1840 m.s.n.m El área se localiza a 32 kilómetros con rumbo al Sureste de la Ciudad de Saltillo; se toma la carretera federal 54 que conduce a Zacatecas; luego tomar la desviación a General Cepeda hasta llegar al poblado de San Juan de la Vaquería; posteriormente, tomar la desviación por carretera que conduce al ejido Refugio de las Cajas, a una distancia de 5 kilómetros aproximadamente (Martínez, 2006) (Figura 7).

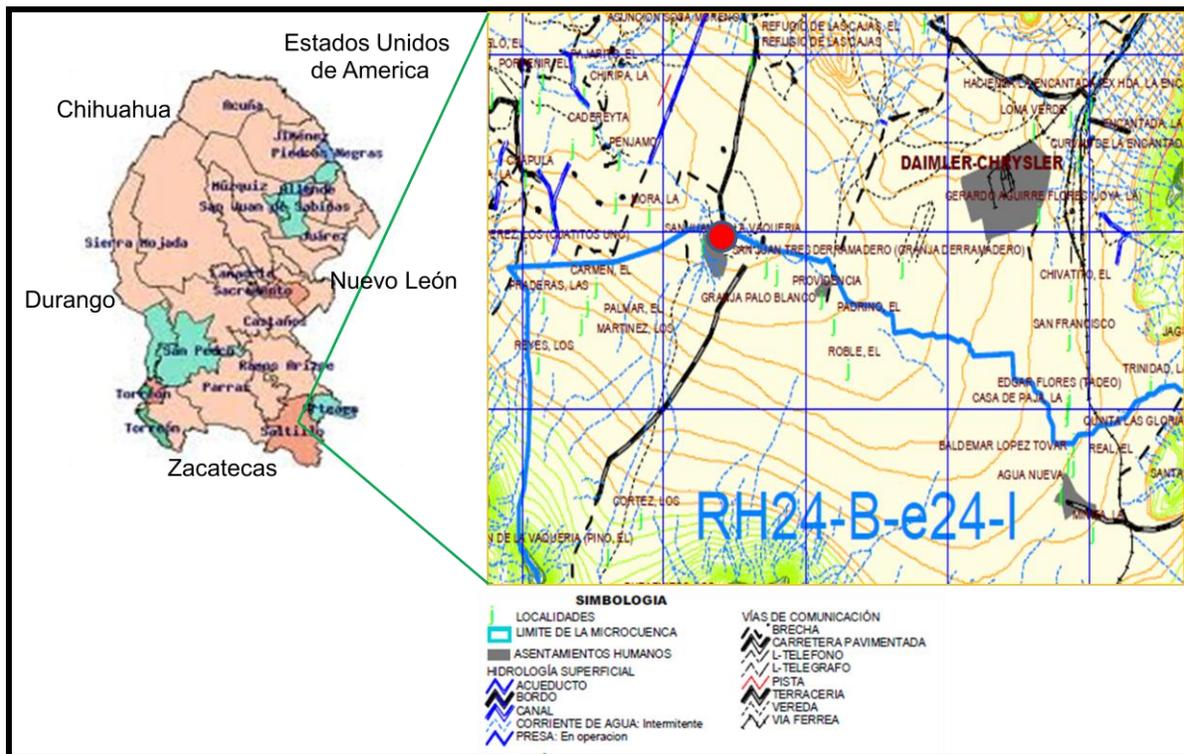


Figura 7. Localización del ejido, San Juan de la Vaquería ( ● ).

### **3.1.2 Clima**

Se desarrolla un clima tipo (BS1kx) que corresponde a climas semiseco templado, con verano cálido y lluvias de verano. La temperatura media anual oscila entre 12 °C y 18 °C; con temperaturas extremas de -3 °C y 38 °C. Otros datos indican que la temperatura media anual es de 16.9°C, con extremos máximos registrados durante el período de verano, especialmente en el mes de Junio (21.9 °C) y los mínimos durante el invierno, siendo el mes de enero en el cual se registra la menor temperatura media mensual (10.8 °C) (Martínez, 2006).

La precipitación medial anual registrada en el ejido San Juan de la Vaquería es de 457.5 mm, reportándose para el mes de julio la precipitación media mensual más alta (75.7 mm) y para noviembre la más baja (11.8 mm). El período con mayor humedad considerado como suficiente para asegurar el crecimiento vegetativo se inicia a la mitad del mes de mayo y termina hasta octubre, a partir de ese mes se inicia un período de sequía que culmina hasta el mes de abril (Martínez, 2006).

Vecinos del lugar aseguran que las heladas inician en los últimos días de Octubre y finalizan en febrero; ocasionando daños a cultivos de maíz, frijol y trigo. La temperatura en ocasiones llega a descender hasta los 10 grados centígrados, bajo cero.

### **3.1.3 Suelo**

Los suelos para estas áreas son del tipo Xerosol; son suelos propios de zonas áridas y semiáridas, se caracterizan por ser de color claro con poco contenido de materia orgánica, suelen incrementar su contenido de arcillas en los horizontes inferiores, con ello pueden presentar deficiencias de drenaje, aunque su fertilidad natural es elevada. De forma detallada, en el área se encuentra Xerosol cálcico y háplico, el primero se caracteriza por la presencia de un

horizonte cálcico a menos de un metro de profundidad. El segundo se caracteriza por tener un horizonte A ócrico, y contenido moderado de materia orgánica; con disponibilidad de agua son altamente productivos. De forma generalizada, los xerosoles se caracterizan por ser de baja susceptibilidad a la erosión excepto, cuando se localizan en pendientes o sobre caliche o tepetate (Martínez, 2006).

### 3.1.4 Vegetación

La vegetación que predomina en estas áreas es de matorral desértico micrófilo, la cual en su composición florística se caracteriza por tener plantas de hojas pequeñas perennifolias o que en algunas ocasiones tienden a perder el follaje. Este tipo de vegetación agrupa plantas con alturas que van de 0.40 a 1.0 m de alto y algunas de 1.5 m. entre las especies abundantes se encuentran la gobernadora (*Larrea tridentata*), hojaseñ (*Flourensia cernua*), la mariola, (*Parthenium incanum*), granjeno (*Celtis pallida*), corona de cristo (*Koeberlinia spinosa*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), gatuño (*Mimosa zygophylla*), agrito (*Berberis trifoliolata*), rosa de castilla (*Purshia plicata*) y ejemplares aislados de palma china (*Yucca filifera*) y palma samandoca (*Yucca carnerosana*). Así también se encuentran algunas cactáceas que son el coyonoxtle (*Opuntia imbricata*), tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), nopal cuijo (*Opuntia phaeacantha*), nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) y maguey cenizo (*Agave scabra*). Del estrato herbáceo se encuentran (*Dasyochloa pulchella*), *Scleropogon brevifolius*, zacate chino (*Bouteloua ramosa*), zacate burro (*Buchloe dactyloides*), zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y oreja de ratón (*Tiquilia canescens*) (Martínez, 2006).

En áreas con mayor concentración de humedad se encuentran *Condalia warnokii*, *Croton dioicus*, *Gutierrezia sarothrae*, *Brickellia laciniata*, *Rhus microphylla*, *Asclepias brachystephana*, *Chrysactinia mexicana*, *Menodora scabra*, *Porophyllum scoparium* y *Forestiera angustifolia*. También se encuentran individuos aislados de palo blanco (*Celtis laevigata*) (Martínez, 2006).

De la vegetación inducida y cultivada se encuentran nogal (*Carya illinoensis*), manzano (*Pyrus malus*), pera (*Pyrus communis*), durazno (*Prunus persica*), uva (*Vitis vinifera*) y chabacano (*Prunus armeniaca*), además de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*).

### **3.1.5 Fauna**

De la fauna silvestre reportada para estas áreas se encuentra coyote (*Canis latrans*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), zorrillo (*Mephitis macroura*), tejón (*Taxidea taxus*), liebre (*Lepus californicus*) y ratón (*Peromyscus sp.*). También algunas aves como cuervo (*Corvus corax*), correcamino (*Geococcyx californicus*), aguililla (*Buteo swainsoni*), gavilán (*Falco sp.*), paloma huilota (*Zenaida macroura*), tecolote (*Bubo virginianus*) y codorniz escamosa (*Callipepla squamata*). Además de reptiles como víbora de cascabel (*Crotalus atrox*) y lagartija (*Sceloporus sp.*) (Nájera, 2006).

### **3.2 Características de la plantación**

La plantación se realizó en el mes de junio del 2004 con la especie de *Pinus cembroides* Zucc., para la producción de árboles de navidad bajo sistema de fertilización. El diseño de la plantación es del tipo “Tres bolillo” que son trazos en triángulos, con una distancia de espaciamiento de 2 m. x 2 m. y una densidad de 2,500 árboles por hectárea.

### **3.3 Tratamientos y Diseño Experimental**

El estudio se estableció en el mes de agosto del 2009 y se culminó en el mes de octubre del 2010; con el que se pretendió encontrar respuesta a las variables estudiadas, en la especie ya mencionada, las cuales son número de brotes y longitud de brotes por cada tratamiento aplicado. Los tratamientos

consistieron en aplicar tres tipos de podas y tres productos hormonales. Con la finalidad de observar el comportamiento de las variables definidas en el objetivo, se establecieron 12 tratamientos, incluyendo el testigo, respecto a la aplicación de los tipos de podas y productos hormonales.

En el presente trabajo se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial (3x4) resultando 12 tratamientos, incluyendo un testigo para cada tratamiento, con tres repeticiones, sumando un total de 36 unidades experimentales; cada unidad experimental se compone de cinco árboles. En total se usaron 180 árboles.

El arreglo factorial, respecto a tipos de podas y productos hormonales, se presenta a continuación (Cuadro 7):

Cuadro 7. Factores del diseño experimental

<b>FACTOR A (Tipo de poda)</b>	<b>FACTOR B (Producto hormonal)</b>
A1.- Líder de Rama	B1.- BIOGIB*10
A2.- Despunte de Yema	B2.-BIOZIME TF
A3.- Líder del Tallo	B3.- BIOZYME PP
	B4.- Sin producto

En el Cuadro 8 se describen los tratamientos que se originaron a partir de la interacción de factores mencionados en el Cuadro 7.

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos por la interacción de podas y productos hormonales.

Tratamiento	Descripción
T1	Poda líder de ramas + BIOGIB*10
T2	Poda líder de ramas + BIOZIME TF.
T3	Poda líder de ramas + BIOZYME PP
T4	Poda despunte de yemas + BIOGIB*10
T5	Poda despunte de yemas + BIOZIME TF
T6	Poda despunte de yemas + BIOZYME PP
T7	Poda líder del tallo + BIOGIB*10.
T8	Poda líder del tallo + BIOZIME TF
T9	Poda líder del tallo + BIOZYME PP
T10	Poda líder de ramas, sin producto.
T11	Poda despunte de yemas, sin producto.
T12	Poda líder del tallo, sin producto

De acuerdo al diseño experimental, la distribución de los tratamientos quedó de la forma siguiente (Cuadro 9):

Cuadro 9. Distribución de los tratamientos y sus repeticiones

—————→ N

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
T6R1	T7R1	T8R3	T1R1	T1R2	T10R1	T12R1	T12R3
T5R3	T9R1	T8R2	T5R1	T3R3	T2R1	T10R2	
T4R3	T4R2	T7R2	T6R2	T1R3	T2R2	T10R3	
T4R1	T9R3	T8R1	T9R2	T3R1	T11R1	T11R3	
T7R3	T5R2	T6R3	T2R3	T3R2	T11R2	T12R2	

En el cuadro 10 se describe el tipo de poda y la dosis aplicada a cada uno de los tratamientos, en la primera aplicación.

Cuadro 10. Tratamientos y dosis de productos hormonales en la primera aplicación.

Tratamiento	Descripción
T1	Poda líder de ramas + 5 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua.
T2	Poda líder de ramas + 20 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T3	Poda líder de ramas + 10 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T4	Poda despunte de yemas + 5 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua
T5	Poda despunte de yemas + 20 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T6	Poda despunte de yemas + 10 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T7	Poda líder del tallo + 5 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua.
T8	Poda líder del tallo + 20 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T9	Poda líder del tallo + 10 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T10	Poda líder de ramas, sin producto (testigo 1)
T11	Poda despunte de yemas, sin producto (testigo 2)
T12	Poda líder del tallo, sin producto (testigo 3)

La dosis de productos hormonales en la segunda aplicación se duplicó respecto a la primera, a continuación se presentan las cantidades (Cuadro 11).

Cuadro 11. Tratamientos y dosis de productos hormonales en la segunda aplicación.

Tratamiento	Descripción
T1	Poda líder de ramas + 10 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua.
T2	Poda líder de ramas + 40 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T3	Poda líder de ramas + 20 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T4	Poda despunte de yemas + 10 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua
T5	Poda despunte de yemas + 40 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T6	Poda despunte de yemas + 20 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T7	Poda líder del tallo + 10 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua.
T8	Poda líder del tallo + 40 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T9	Poda líder del tallo + 20 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T10	Poda líder de ramas (sin producto)
T11	Poda despunte de yemas (sin producto)
T12	Poda líder del tallo (sin producto)

Del mismo modo, en la tercera aplicación de productos hormonales se usó tres veces la cantidad de productos aplicados en la primera fecha. Dichas cantidades se describen a continuación (Cuadro 12):

Cuadro 12. Tratamientos y dosis de productos hormonales en la tercera aplicación.

Tratamiento	Descripción
T1	Poda líder de ramas + 15 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua.
T2	Poda líder de ramas + 60 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T3	Poda líder de ramas + 30 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T4	Poda despunte de yemas + 15 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua
T5	Poda despunte de yemas + 60 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T6	Poda despunte de yemas + 30 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T7	Poda líder del tallo + 15 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua.
T8	Poda líder del tallo + 60 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T9	Poda líder del tallo + 30 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T10	Poda líder de ramas, sin producto (testigo 1).
T11	Poda despunte de yemas, sin producto (testigo 2).
T12	Poda líder del tallo, sin producto (testigo 3).

De los productos hormonales utilizados para el estudio se resume en el siguiente cuadro, haciendo mención de los ingredientes activos e inertes de cada uno de ellos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Descripción de los productos hormonales utilizados.

Producto hormonal	Ingrediente activo	Ingrediente inerte
BIOGIB*10	Ácido Giberélico (GA3) 10%	Diluyentes y acondicionadores 90%
BIOZYME TF	Giberelinas 0.031 g/l Ácido Indolacético 0.031 g/l Zeatina 0.083 g/l	Diluyentes 200.4 g/l
BIOZYME PP	Giberelina 28.50 ppm, Ácido indolacético 12.25 ppm Zeatina 47.80 ppm	Diluyentes y acondicionadores 72.50%

### 3.3.1 Aplicación de los tipos de podas y de productos hormonales

Para identificar las unidades experimentales distribuidas en campo se utilizó cintas de colores, lo que permitió facilitar las actividades de poda y en seguida la aplicación del producto hormonal correspondiente. Para llevar a cabo la poda se utilizó la herramienta más adecuada; la poda de despunte de la rama líder lateral se realizó con tijeras podadoras de jardinería, para el despunte de yema se usó una navaja bien afilada, aunque esta actividad se puede realizar con sólo usar la uña, y para el despunte del tallo líder también se usó una navaja bien afilada. La aplicación de los productos hormonales, con el tratamiento correspondiente, se realizó con una bomba aspersora de mochila, de 15 litros de capacidad; se asperjó cada árbol hasta observar goteo suficiente, asegurando que todo el árbol estaría impregnado, en su totalidad. A cada tratamiento se le agregó un adherente agrícola comercial (Bionex) para asegurar la adherencia del producto hormonal y soportar los efectos del viento, la evaporación y en caso de que ocurra una lluvia en el momento de su aplicación. La aplicación del producto hormonal se llevó a cabo de las 4 a las 6 de la tarde, para evitar la intensidad del sol. Para La medición de los productos se utilizó una báscula de precisión a dos centésimos para gramos, mientras que para los mililitros se utilizó una probeta graduada.

Durante el periodo considerado para el estudio, las podas se hicieron en una sola fecha, mientras que la aplicación de productos hormonales se hizo en tres ocasiones, con la finalidad de encontrar mayores resultados en la medición de las variables estudiadas. Las fechas en que se llevaron a cabo las actividades para este estudio son las siguientes (Cuadro 14):

Cuadro 14. Fecha de aplicación de podas y productos

Actividades	Fecha
Podas y aplicación de productos hormonales	22 de Agosto del 2009
Aplicación de productos hormonales	4 de Febrero del 2010
Aplicación de productos hormonales	31 de Marzo del 2010

Las actividades complementarias durante el tiempo que se llevó a cabo el estudio, también se contempló el deshierbe con machete y desbrozadora, además el mantenimiento de cajetes para asegurar la captación de agua, en periodos de lluvias.

### **3.3.2 Variables de Evaluación**

Las variables evaluadas para este estudio fueron número de brotes y longitud de brotes, la evaluación de estos parámetros se llevó a cabo en el mes de octubre del 2010. Para la toma de datos se utilizó un formato previamente elaborado, para llevar a cabo un mejor control de la base de datos (Apéndice 1).

Número de brotes: para esta variable se identificaron tres ramas con la mayor cantidad de rebrotes, una vez ubicadas las ramas se procedió a contar el número de brotes para generar un solo dato, posteriormente se sacó una media de las tres cantidades.

Longitud de brotes: esta variable se midió en centímetros con una regla graduada; para medir esta variable se utilizaron las ramas donde se evaluó el número de rebrotes, y se tomaron tres datos de longitud de brote para generar un solo dato, posteriormente se obtuvo una media.

### 3.3.3 Modelo estadístico para el procesamiento de los datos

Modelo estadístico utilizado para el procesamiento de los datos es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$i = 1, 2, 3$  (número de podas).

$j = 1, 2, 3, 4$  (tipo de hormona).

$k = 1, 2, 3$  (repeticiones).

$\mu$  = media general.

$\alpha_i$  = efecto del factor A en el nivel  $i$ -ésimo.

$\beta_j$  = efecto del factor B en el nivel  $j$ -ésimo.

$\alpha\beta_{ij}$  = efecto conjunto del factor A y B.

$\epsilon_{ijk}$  = efecto del error experimental.

El procesamiento para el análisis de datos se hizo con el software estadístico Statistical Analysis System (SAS). Con este programa se realizó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias (Tukey), para las variables evaluadas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A 14 meses de haberse iniciado el estudio, se llevó a cabo la medición de las variables número de brotes y longitud de brotes. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS y mostraron resultados que definen el comportamiento de cada variable respecto a los tratamientos aplicados. Para tener una mejor apreciación del comportamiento de las variables estudiadas, también se tomó en cuenta el resultado de éstas mediante un análisis factorial, correspondiente a número de brote por tipo de poda y producto hormonal, así como también la longitud de brote por tipo de poda y producto hormonal. Para determinar la diferencia significativa de cada variable se utilizó un valor de  $\alpha=0.05$ , los resultados son los siguientes:

### 4.1 Análisis de datos por tratamiento

#### 4.1.1 Número de brotes por tratamiento

En esta variable se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $Pr>F=0.0001$ ), (Apéndice 2). De acuerdo a la prueba de comparación de media de Tukey, se tiene que los tratamientos T3, T1, T2 y T10 son estadísticamente iguales y mostraron valores más altos comparados con los tratamientos T11, T7, T9, T4, T6, T5, T8 y T12 que arrojaron valores más bajos. Los tratamientos T3 (Poda líder de ramas + 30 gr de Biozyme PP/ 10 litros de agua) y T1 (Poda líder de ramas + 15 gr de Biogib\*10/10 litros de agua) mostraron los mejores resultados, con 12.13 y 11.67 brotes, respectivamente; el T10 (Poda líder de ramas sin producto) presentó 7.27 brotes, mientras que el T5 (Poda despunte de yemas + 60 ml de Biozyme TF/10 litros de agua) y el T8 (Poda líder del tallo + 60 ml de Biozyme TF/10 litros de agua) mostraron los resultados más bajos, con 2.07 y 1.27, respectivamente; el T12 (Poda líder del tallo sin producto) arrojó el resultado más bajo de todos con 0.80 brotes en promedio (Cuadro 15).

Cuadro 15. Medias de número de brotes por tratamiento y agrupación Tukey.

Tratamiento	Medias (cm)	Agrupación Tukey	
3	12.13		A
1	11.67	B	A
2	10.47	B	A
10	7.27	B	C
11	4.00	D	C
7	3.47	D	C
9	2.73	D	C
4	2.60	D	
6	2.33	D	
5	2.07	D	
8	1.27	D	
12	0.80	D	

En la Figura 8 se puede observar la diferencia numérica entre las medias de cantidad de brotes, según el tratamiento.

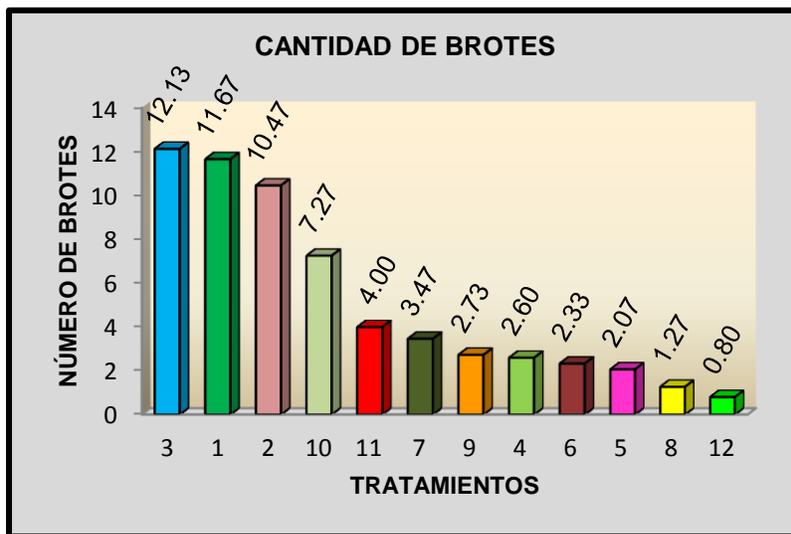


Figura 8. Presentación gráfica de medias para número de brotes por tratamiento.

Este estudio presenta resultados mayores a los que Dorantes, en el 2011, encontró en *Pinus greggii*, al aplicar poda líder de ramas sin producto hormonal, ya que su mejor resultado fue de 5.37 brotes por árbol. Por otro lado, Salas (2011) reportó una media de 7.37 brotes por árbol, al aplicar poda de líder de ramas más 10 gr de Biogib\*10/10 litros de agua, en una segunda etapa experimental. Estos resultados se puede deber a que cada especie tiene su nivel de requerimiento de hormonas para activar sus procesos fisiológicos, como lo menciona Mérida (2012), quien además, reportó una media de 6.6 brotes por árbol, al aplicar poda de líder del tallo más 40 ml de Biozyme TS/4 litros de agua, en *Pinus cembroides*. Esto quiere decir que a mayores concentraciones de ácido giberélico, auxinas y citocininas se inhibe la brotación de yemas; Biosyme TS contiene más partes por millón (ppm), respecto a Biozyme PP. Además, en este estudio al aplicar poda de líder de ramas más 15 gr de Biogib\*10/10 litros de agua, arrojó una media de 11.66 brotes por árbol, superior al resultado obtenido por Salas (2011), quien aplicó el mismo tratamiento, pero en dosis más baja del producto hormonal.

#### **4.1.2 Longitud de brotes por tratamiento**

Para esta variable se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $Pr > F = 0.0024$ ), (Apéndice 2). De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey, los tratamientos T4, T11, T6, T7, T9, T5, T1, T3 y T2 son estadísticamente iguales, pero diferentes de los tratamientos T10, T12 y T8. Los tratamientos T4 (Poda despunte de yemas + 15 gr de Biogib\*10/ 10 litros de agua) y T11 (Poda despunte de yemas, sin producto (testigo 2)), presentaron los resultados más altos, con 7.09 y 6.21, respectivamente, por lo que son altamente significativos, respecto a los demás resultados. Mientras que T10 (Poda líder de ramas, sin producto (Testigo 1)), T12 (Poda líder del tallo, sin producto, Testigo 3) y T8 (Poda líder del tallo + 60 ml de Biozyme TF/10 litros de agua), presentaron los valores más bajos, con 0.60 cm, 0.28cm y 0.08 cm, respectivamente (Cuadro 16).

Cuadro 16. Medias de longitud de brotes por tratamiento y agrupación Tukey.

Tratamiento	Medias (cm)	Agrupación Tukey
4	7.09	A
11	6.21	B A
6	4.70	B A
7	4.61	B A
9	3.57	B A
5	1.17	B A
1	1.09	B A
3	0.88	B A
2	0.78	B A
10	0.58	B
12	0.28	B
8	0.08	B

En la Figura 9 se puede apreciar las diferencias numéricas para las medias en longitud de brotes por tratamiento.

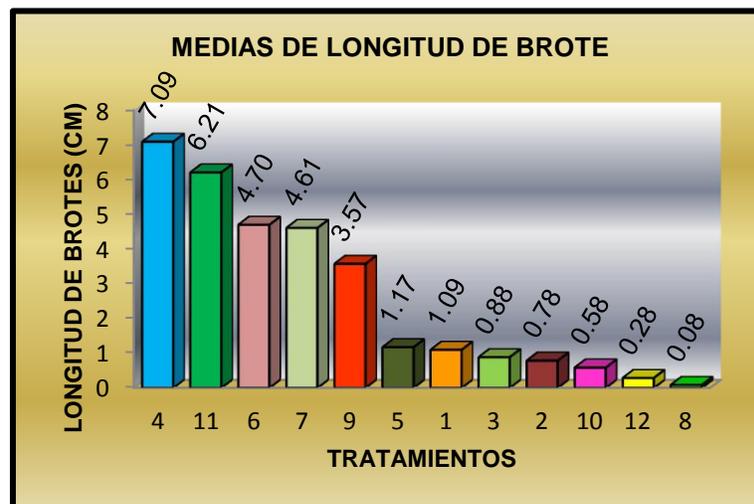


Figura 9. Presentación gráfica de medias para longitud de brotes por tratamiento.

Los resultados obtenidos en este estudio son diferentes a los obtenidos por Dorantes en el 2011, quien reportó una media de 10.95 cm de longitud de brote al aplicar poda de líder de rama más 25 ml de Biozyme TF/10 litros de agua, en la segunda evaluación de su experimento en una plantación de *Pinus greggii*. Salas en el 2011 también encontró en *Pinus pinceana* un resultado diferente al aplicar poda de líder de rama más 40 ml de Biozyme TS, en su primera evaluación encontró una media de 15.05 cm de longitud de brote. Mientras que Mérida en el 2012, en *Pinus cembroides*, obtuvo como resultado al aplicar poda líder del tallo más 40 ml de Biozyme TS, un promedio de 8.6 cm de longitud de brote, en su primera etapa experimental. En este sentido, se puede decir que los productos hormonales tanto biozyme TF, Biozyme TS y Biozyme PP promueven el crecimiento de brotes siempre y cuando la dosis de estas sustancias sean las más adecuadas en su aplicación.

## **4.2 Análisis de datos por tipo de poda y por producto**

### **4.2.1 Número de brotes por tipo de poda**

El resultado en este análisis estadístico fue altamente significativo ( $Pr>F=0.0001$ ), (Apéndice 2). A la vez, la prueba de comparación de medias de Tukey, muestra que el tipo de poda 1 es diferente respecto al tipo de poda 2 y 3. El tipo de poda 1 (Poda líder de ramas), mostró el resultado más alto, con 10.38 brotes en promedio; mientras que, el tipo de poda 2 (Poda despunte de yemas) y la poda 3 (Poda líder del tallo) resultaron ser los valores más bajos, con 2.71 y 2.05 brotes en promedio, respectivamente (Cuadro 17).

Dorantes en el 2011, en *Pinus greggii*, aplicando poda de líder de ramas, encontró una media de 4.86 brotes por árbol, en una segunda etapa experimental; mientras que Mérida en el 2012, reportó una media de 3.90 brotes por árbol, al aplicar poda de líder del tallo, en *Pinus cembroides*. Los resultados anteriores son inferiores a los resultados obtenidos en este estudio, al aplicar poda de líder de

ramas en *Pinus cembroides*, en el cual se obtuvo una media de 10.38 brotes por árbol. Por lo que, se puede afirmar que *Pinus cembroides* responde mejor a la poda de líder de ramas, ya que ésta ayuda a incrementar la densidad del follaje del árbol. Al cortar el crecimiento excesivo lateral de las ramas se estimula la formación de brotes, que finalmente le darán el aspecto denso del follaje, tal como se demuestra en este estudio.

Cuadro 17. Número de brotes por tipo de poda.

Tipo de poda	Medias (cm)	Agrupación Tukey
1	10.38	A
2	2.71	B
3	2.05	B

En la Figura 10 se pueden apreciar las diferencias numéricas resultantes en cantidad de brote, respecto a tipos de podas.

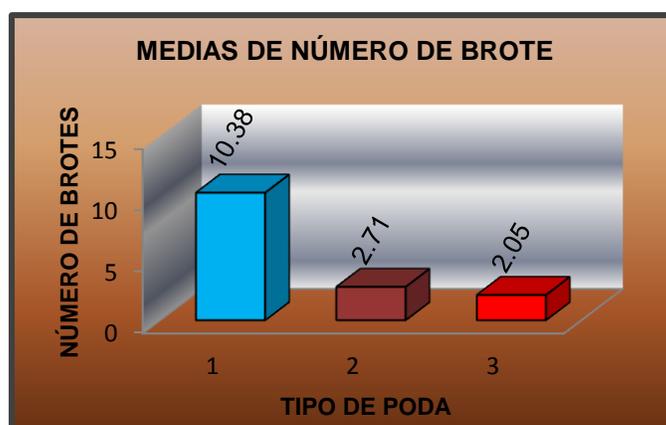


Figura 10. Presentación gráfica en las medias de número de brotes por tipo de poda.

#### 4.2.2 Longitud de brotes por tipo de poda

El análisis estadístico fue altamente significativo ( $Pr > F = 0.0007$ ), (Apéndice 2). Y en la comparación de medias de Tukey la longitud de brote, significativa, alcanzada fue de 4.60 cm, dicho resultado corresponde al tipo de poda 2 (Poda despunte de yemas). Mientras que, el tipo de poda 3 (Poda líder del tallo) y 1 (Poda líder de ramas) presentaron los resultados más bajos, con 2.04 cm y 0.82 cm, respectivamente (Cuadro 18).

Cuadro 18. Medias de longitud de brotes por tipo de poda.

Tipo de poda	Medias (cm)	Agrupación Tukey
2	4.60	A
3	2.04	B
1	0.82	B

En la Figura 11 se pueden apreciar las medias para longitud de brote que corresponden a cada tipo de poda.

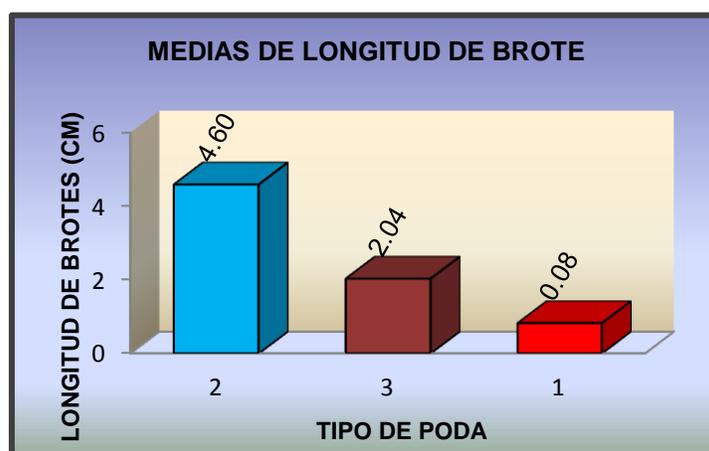


Figura 11. Medias de longitud de brote por tipo de poda.

En este estudio el resultado obtenido es diferente al resultado que encontró Dorantes en el 2011 en *Pinus greggii*, quien reportó una media de 9.60 cm de longitud de brote, aplicando poda de líder de rama; dicho resultado supera al resultado que reportó Mérida en el 2012 al aplicar en *Pinus cembroides* poda de líder del tallo, con una media de 8.60 cm de longitud de brote. La diferencia se debe a que *Pinus cembroides* es una especie de lento crecimiento, como se demuestra en este estudio al obtener una media de 4.60 cm de longitud de brote, aunque responde favorablemente a estas prácticas silvoculturales como lo menciona Oviedo en el 2000.

#### 4.2.3 Número de brotes por producto hormonal

Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P > F = 0.0647$ ), (Apéndice 2). Sin embargo, en la prueba de comparación de medias de Tukey, se encontraron diferencias numéricas respecto a las medias de número de brotes por tipo de producto. En este sentido el producto 1 (15 gr de Biogib\*10/10 litros de agua), presentó el mayor número de brotes, con una media de 5.83, seguido del producto 3 (30 gr de Biozyme PP/ 10 litros de agua), con 5.73 unidades; mientras que el producto 2 (60 ml de Biozyme TF/10 litros de agua) y 4 (sin producto), presentaron medias de 4.60 y 4.02 brotes por árbol, respectivamente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Medias de número de brotes por tipo de producto.

Producto hormonal	Medias (cm)	Agrupación Tukey
1	5.83	A
3	5.73	A
2	4.60	A
4	4.02	A

Para apreciar mejor las diferencias numéricas, respecto a las medias para número de brotes por producto hormonal, se presentan en la Figura 12 los resultados obtenidos en esta variable.

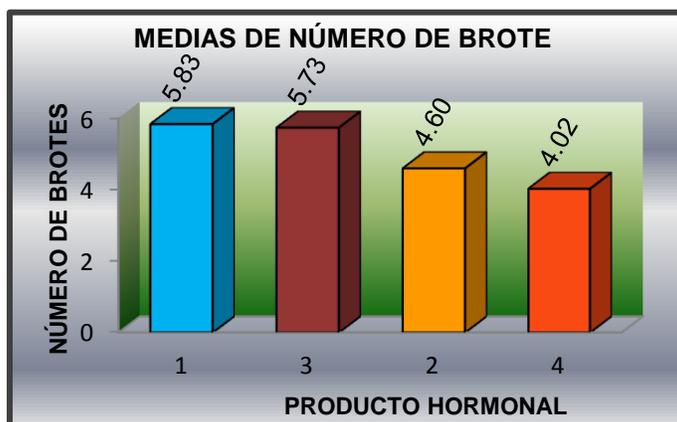


Figura 12. Presentación gráfica en las medias de número de brotes por tipo de producto hormonal.

El resultado obtenido por Dorantes en el 2011 aplicando 20 ml de Biozyme TF, en *Pinus greggii*, arrojó una media de 5 brotes por árbol, inferior al testigo que arrojó una media de 5.07 brotes por árbol, mientras que Mérida en el 2012 encontró el mejor resultado al aplicar 25 ml de Biozyme TF, con una media de 2.26 brotes por árbol, en *Pinus cembroides*. Los dos resultados anteriores difieren a los resultados obtenidos en este estudio, ya que el mejor resultado se halla al aplicar 15 gr de Biogib\*10/10 litros de agua arrojando una media de 5.83 brotes. Respecto a la aplicación de Biozyme Tf, en este estudio se obtuvo una media de 5.73 brotes por árbol, en una dosis de 60 ml/10 litros de agua; dicho resultado supera a los resultados obtenidos por Dorantes (2011) y Mérida (2012). En este sentido, la diferencia de resultados de este estudio con los dos estudios anteriores se debe a la dosis de productos hormonales que fueron aplicadas y dado que el ácido giberélico es un estimulante de la brotación de yemas, además impulsa el crecimiento de los tallos, es por ello que Biogib\*10 resultó ser mejor en los resultados de este experimento.

#### 4.2.4 Longitud de brotes por producto hormonal

En esta variable se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P > F = 0.0081$ ), (Apéndice 2). De acuerdo con la comparación de medias de Tukey el producto 1, 3 y 4 son estadísticamente iguales, pero diferente del producto 2. Siendo el producto 1 (15 gr de Biogib\*10/ 10 litros de agua) el que presentó el resultado más alto, con 4.13 cm; seguido del producto 3 (30 gr de Biozyme PP/ 10 litros de agua), con 3.05 cm. Mientras que el producto 2 (60 ml de Biozyme TF/10 litros de agua) presentó el valor más bajo, con 0.40 cm. (Cuadro 20).

Cuadro 20. Medias de longitud de brotes por producto hormonal

Producto hormonal	Medias (cm)	Agrupación Tukey
1	4.13	A
3	3.05	B A
4	2.36	B A
2	0.40	B

Para observar mejor el comportamiento de los resultados, respecto a longitud de brotes por producto hormonal, se presenta la Figura 13.

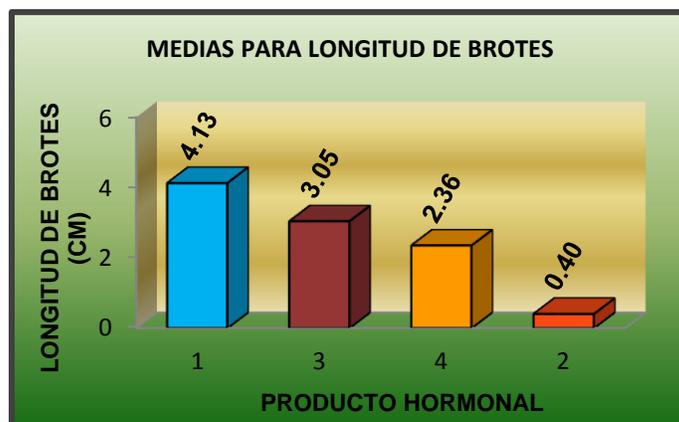


Figura 13. Presentación gráfica en las medias para longitud de brotes por tipo de producto hormonal.

Dorantes en el 2011, en su segunda etapa experimental en *Pinus gregii* encontró una media de 10.1 cm en longitud de brotes al aplicar 10 gr de Biogib\*10/10 litro de agua; este resultado es superior al mejor resultado que se obtuvo en el presente estudio al encontrar una media de 4.13 cm en longitud de brote, aunque el resultado que encontró Mérida en el 2012 en *Pinus cembroides* al aplicar 25 gr de Biozyme PP es menor al resultado de este estudio al haber encontrado una media de 2.42 cm. El resultado de este estudio comparado con el resultado obtenido por Mérida (2012) es superior tomando en cuenta que 30 gr de Biozyme PP/10 litros de agua, arrojó una media de 3.08 cm en longitud de brotes. Cabe señalar que Biogib\*10 es un promovente del crecimiento del tallo, acelera la actividad celular y moviliza las reservas de azúcares.

Aunque la aplicación de las podas difiere de las fechas recomendadas por Monárrez (2000), los resultados obtenidos para este estudio son altamente significativos al hacer el análisis estadístico por tratamiento, considerando que la dosis aplicada de cada producto es la adecuada para esta investigación. En todas las variables se encontró diferencias estadísticas altamente significativas, a excepción en la variable número de brotes por producto hormonal, que no mostró diferencias en los resultados pero estimularon la formación de brotes.

En general, en el tipo de poda 1 combinado con los tres productos hormonales (T3, T2 y T1) con la dosis correspondiente (Biogib\*10: 15 gr/10 litros de agua; Biozyme TF:60 ml/10 litros de agua y Biozyme PP: 30 gr/10 litros de agua), el resultado es significativo por obtener los valores más altos respecto al tipo de poda 2 (Poda despunte de yemas) y poda 3 (Poda líder del tallo), en combinación con los mismos productos y misma dosis (Biogig al 10%, Biozyme TF y Biozyme PP); dichos tratamientos, inclusive, superan numéricamente al Tratamiento 10 (Poda líder de ramas, sin producto). Estos resultados coinciden con los valores obtenidos, respecto a la evaluación, número de brotes por tipos de poda; el número de brotes por producto, según los resultados numéricos, nos

indica como mejor producto el Biogib\*10, cuya mezcla es 15 gr/10 litros de agua, arrojando un promedio de 5.73 brotes por árbol; este mismo producto hormonal en interacción con el tipo de poda 1 (Poda líder de rama) arrojó un promedio de 11.67 brotes por árbol, y se mantiene en la posición de mejores resultados.

En lo que se refiere a longitud de brote, el resultado más alto se encuentra en la interacción factorial de tipo de poda 2 (Poda despunte de yemas) con el producto 1 (Biogib al 10%), superior al testigo 2. El tipo de poda 2 combinado con los tres productos hormonales (T4, T6 y T5) y su respectiva dosis (Biogib\*10: 15 gr/10 litros de agua; Biozyme TF: 60 ml/10 litros de agua y Biozyme PP: 30 gr/10 litros de agua), mostró resultados similares con respecto al tipo de poda 1 (Poda líder de rama) y poda 3 (Poda líder del tallo).

## V. CONCLUSIONES

Después de 14 meses de iniciado el experimento, en el ejido San Juan de la Vaquería, y haber analizado los datos se concluye lo siguiente.

Para número de brotes, el tipo de poda 1 (Poda líder de ramas) combinado con los tres productos hormonales tiene efectos positivos sobre esta variable; encontrándose para Biogib\*10 una media de 10.47 brotes, para Biozyme TF una media de 11.67 brotes y para Biozyme PP una media de 12.13 brotes. Caso contrario para la variable longitud de brote, donde esta misma interacción factorial no tiene efectos significativos al respecto; Biogib\*10 presenta una media de 1.09 cm, Biozyme TF una media de 0.78 cm y Biozyme PP presenta una media de 0.88 cm.

Para la variable longitud de brote, tuvo mejor respuesta el tipo de poda 2 (Poda despunte de yemas) en interacción factorial con el producto 1 (Biogib\*10) al presentar una media de 7.09 cm y con el producto 3 (Biozyme PP) al presentar una media de 4.70 cm; mientras que esta misma poda en interacción factorial con el producto 2 (Biozyme TF) no fue significativo por presentar el valor más bajo, con una media de 1.17 cm.

En conclusión, el tipo de poda con mejores resultados es el 1 (poda de líder de ramas) al presentar una media de 12.13 brotes en interacción factorial con el producto 3 (Biozyme PP), cuyo resultado también es coincidente con la media generada para el tipo de poda 1, en relación al resultado por tipo de poda, con un valor de 10.38 brotes. Mientras, que el producto que tuvo mejores resultados en esta investigación es el producto 1 (Biogib\*10) al presentar valores significativos para número de brotes con 5.83 brotes, y la longitud de brote alcanzada es de 4.13 cm; en este mismo producto en interacción factorial con tipo de poda 2 (poda despunte de yemas), la longitud de brote encontrada es de 4.70 cm.

Para fines del cultivo de árboles de navidad se puede llevar a cabo el tipo de poda 1 (Poda líder de ramas) en combinación con el producto 1 (Biogib\*10); esta poda, es fácil de realizar si se cuenta con la herramienta adecuada. Con esta poda se puede tener un buen número de brotes y también se tienen buenos resultados al estimular el crecimiento en longitud de los mismos; de esta manera, tendremos con seguridad, un producto con características deseables que cumpla con el objetivo de tener un árbol bien conformado y con follaje denso.

En contraste con el tipo de poda, que sea elegido, también son de suma importancia las labores culturales, ya que éstas le dan a la plantación una imagen atractiva para acceder a la elección del árbol que será usado como árbol de navidad.

## VI. RECOMENDACIONES

Dado que el resultado de este estudio es diferente a los estudios que se han realizado anteriormente, en plantaciones para árboles de navidad, se recomienda que se sigan probando los mismos productos hormonales en diferentes dosis, en al menos, dos pruebas más, en cada especie establecida.

Asimismo, se recomienda probar otros productos que contengan hormonas reguladoras de crecimientos y evaluar las partes por millón que se requieren para una mejor respuesta de las plantas.

Es recomendable llevar a cabo la poda de líder de ramas al terminar la estación de crecimiento.

La poda 3 (Poda líder del tallo) sólo es recomendable para casos específicos; es decir, sólo cuando se tenga un árbol con ápice prominentemente largo y puede aplicarse un producto hormonal, de preferencia Biogib\*10, por haber alcanzado una media de 3.47 brotes, lo que significa que se tendrá la oportunidad de poder elegir el próximo tallo líder, para seguir con la conformación del árbol. En la práctica puede coincidir el tipo de poda 3 (Poda líder del tallo), con el tipo de poda 1 (Poda líder de ramas).

## VII. LITERATURA CITADA

- Alm A., A., C. Vogt E. and C. Wegner D. 1994. Christmas trees. University of Minnesota. U.S.A. <http://www.mes.umn.edu/documents/d/d/dd2022.html>.
- Álvarez M., J. G. 2009. Tratamientos de poscosecha en árboles de navidad de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Revista Ciencia Forestal en México. 34 (106): 171-190.
- Arteaga, M. B., S. León y C. Amador. 2003. Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. Foresta Veracruzana. Xalapa, México. 5 (2): 9-16.
- Azcon, J., y M. Talon. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda Edición. McGraw-Hill Interamericana. Pp: 349- 445.
- Bergara, R. A. 1976. Fertilización con abono foliar en *Eucalyptus grandis*. Cátedra de Dasonomía. Universidad de Buenos Aires. (3): 25. Pg 7.
- Brown, H. J., F. G. Cowen, y B. R. Heiligmann. 1999. Manual de productores de árboles de navidad de Ohio. U.S.A. Boletín 670. Disponible en: <http://ww2-.ag.ohiostate.edu/~ohioline/b670/index.html>.
- Burdett, A. N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the developement of specifications for forest planting stock. Canadian Journal of Forest Research. 20: 415-427.
- Cañellas, I., L. Finat, A. Bachiller, y G. Montero. 1999. Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: Ensayos de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. Investigación Agronómica. Sistema de Recursos Forestales. Vol. 8 (2).
- Capo A., M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: los ingredientes del éxito. Primera edición. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Pp: 15-18.
- Cetina A., V. M., M. L. Ortega D., V. A. González H., A. Villegas M., y J. Vargas H. 2002. Supervivencia y crecimiento en campo de *Pinus gregii* Engelm. previamente sometido a podas o sequía en vivero. Agrociencia. México. (36) (2): 233-241.

- Chapa B., M.C.1972. Principales técnicas de cultivo para árboles de navidad. Boletín División Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Núm. 41. México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Producción y Productividad; Plantaciones Forestales Comerciales. México. Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=94&Itemid=145](http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=94&Itemid=145).
- Cortés H., A.2005. Evaluación de una plantación de árboles de navidad de *Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon. tratada con fertilización y podas. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila. México.
- Cozzo, D. (1995). Silvicultura de plantaciones maderables. Orientación Gráfica Editora. Universidad Nacional de la Plata. Argentina. Vol. 1(1): 433-905.
- Domínguez C., P. A., J. J. Návar C., y J. A. Loera O. 2001. Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. Instituto de Tecnología A. C. Xalapa, México. Madera y Bosque 7(1): 27- 35.
- Domínguez, V. A. 1997. Tratado de fertilización. Tercera edición. Grupo Mundi-Prensa. España. 613 p.
- Dorantes R., K. J. 2011. Evaluación del efecto de hormonas reguladoras de crecimiento aplicando dos tipos de poda en *Pinus greggii* Engelm. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Espinoza U., M. A. 2006. Evaluación del crecimiento de tres especies de árboles de navidad y análisis de sus costos de producción. Tesis de Ingeniero en Manejo de Recursos Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo. México. 130 p.
- Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco (FIPRODEFJO). 2009. Experiencias y Manual para la Producción de árboles de navidad en el estado de Jalisco, México. Pp. 32-43.
- Flores A., E. 1999. Espaciamientos en plantaciones comerciales de árboles de navidad. México. Documento a publicarse en "Tecnología llave en mano del NIFAP". 2 p.

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

Flores O., R. 1985. Estudio florístico-ecológico de *Pinus cembroides* Zuc. En Nuevo León. En memoria del I simposio Nacional sobre Pinos piñoneros. UANL. Linares. NL. P. 121-129.

García M., E., J. González A., J.J. Vargas H., A. Trinidad S., A. Romero M. y V.M. Cetina A. 2006. Evaluación de la producción y análisis de conos y semillas de *Pinus cembroides* Zucc. Revista Chapingo. Serie Ciencias forestales y del ambiente. 12 (2): 133-138.

Gerding, V., J. E. Schlatter, y L. Barriga. 1986. Fertilización para el establecimiento de *Pinus radiata* D. Don. Universidad Austral de Chile, Valdivia. Bosque 7(2): 121-128.

Hernández C., A., y R. Rubilar P. 2012. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en el desarrollo y fenología de brotes de setos de *Pinus radiata*. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. *BOSQUE* 33(1): 53-61.

Hill, T. A. 1977. Hormonas reguladoras del crecimiento vegetal. Cuaderno de Biología. Editorial Omega. Barcelona, España. 64 p.

<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=-63795433>

<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=64865228>

<http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=65089618>

<http://fertienda.com/blog/35-giberelinas-auxinas-y-citoquininas-en-agricultura>

<http://mbv.fcien.edu.uy>

[http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas\\_vegetales\\_y\\_reguladores.htm](http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas_vegetales_y_reguladores.htm)

<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm#TableContents>

<http://www.mexicoforestal.gob.mx/imprimir.php?seccion=notas&id=341> (16/02/09).

<http://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas.shtml>

- Información Profesional Especializada, S. A de C. V. (IPE). 1990. VADECUM AGRICOLA: Agroquímicos y Semillas. Reza editores. S.A. primera Edición. México D. F. Pp. 185-189.
- Jordán, M. y J. Casaretto. 2006. Hormonas y reguladores del crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. Fisiología Vegetal (F.A. Squeo & L. Cardemil, eds.) La Serena, Chile. 28 p.
- Knelling, M. R. 1991. Shearing recommendations for Christmas tree producers. North Central Regional Extension Publication. No. 310.
- Lallana, V.H. y M del C. Lallana. 2003. Manual de prácticas de fisiología vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 53 p.
- Lázaro D., M. O. 2011. Fertilización NPK en árboles de *Pinus patula*. Schl et Cham. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. México.
- Lindstrom O., M.; D. J. Mothered, and G.W. Kent. 1997. Propagation and care of leyend cypress as Christmas trees. <http://www.bugwood.org>.
- Magaña, G. E. 1996. Evolución del mercado de los árboles de Navidad en el periodo 1980-1995. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México. 66 p.
- Marcus, A. 1971. Enzyme induction in plants. Inn. Rev. Plant-Physiol. pp: 313-336.
- Martínez B., O. U. 2006. Propuesta de acciones para la elaboración del plan de manejo integral de la microcuenca "San Juan de la Vaquería" del municipio de Saltillo, Coahuila. Campo Experimental Saltillo. Publicación Especial Núm. 9. Coahuila, México. 53p.
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Segunda Edición. Editorial Botas. México. 361 p.
- Mendoza H., M. 2004. Fertilización de tres especies de pino bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 56 p.
- Mérida A., P. 2012. Evaluación de cuatro productos hormonales aplicando dos tipos de podas en el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. en Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila.

- Merlín, B. E. y J. A. Prieto R. 2002. Producción de árboles de navidad en regiones semiáridas del norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto técnico. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. Durango, Dgo. 26 p.
- Mesón, M., y M. Montoya. (1993). Selvicultura mediterránea. El cultivo del monte. Mundi-prensa. Madrid. 368 pp.
- Monárrez G., J. C. 2000. Guía para el establecimiento, manejo y comercialización de plantaciones especializadas de árboles de navidad. Tesis de Ingeniero Forestal. Chapingo, México. 106 p.
- Nájera C., J. A. 2006. Programa de manejo de forestal comercial simplificado. Reg. For. Nal. Secc. 4ª, Libro 10; vol.1, a fojas 142, Núm. 493.
- Navarro C., R. M. y J. Calvo. 2003. Efecto de la fertilización de crecimiento con N sobre la arquitectura y el contenido de almidón en la raíz de brinzales de *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Aiton y *Pinus pinea* L. Departamento de ingeniería forestal. Universidad de Córdoba. *Scientia gerundensis*. 26: 29-39.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-013-SEMARNAT-2004), que regula sanitariamente la importación de árboles de navidad naturales de las especies de los géneros *Pinus* y *Abies*; y la especie *Pseudotsuga menziesii*. Diario Oficial de la Federación.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (FAO e IFA). 2002. Los Fertilizantes y su uso. Cuarta Edición. Roma. Pp. 5-10.
- Oliet, J., M. L. Segura, F. Martín D., E. Blanco, R. Serrada, M. López A., y F. Artero. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol. 8 (1): 208-228.
- Ortiz, L.Y. y J. Flóres V. 2008. Comparación cuantitativa de ácido abscísico y citoquininas en la tuberización de *Solanum tuberosum* L. y *Solanum phureja* Juz. et Buk. *Agronomía Colombiana* 26(1): 32-39.
- Ortiz, V. B., y S. C. Ortiz. 1990. Edafología. México. Universidad Autónoma Chapin- go. 394 p.

- Oviedo R., J. L. 2000. Evaluación del efecto de prácticas silviculturales en la producción y calidad de semillas de *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus halepensis* Miller. Tesis de doctorado. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Peñuelas R., J. L., I. Carrasco M., L. F. Benito M., P. Villar S., S. Domínguez L., N. Herrero S., y J. L. Nicolás P. 2001. Fertilización convencional y exponencial con diferentes dosis en plantas de *Pinus halepensis* y *Pinus nigra* cultivadas en contenedor. Actas del III Congreso Forestal Español. Granada. Mesa 3: 757-762.
- Pérez B., M., V. Vázquez V. y J. Osuna G. 1999. Uso de la giberelinas para modificar crecimiento vegetativo y floración en mango “*Tommy atkins*” y ataulfo”. I.N.I.F.A.P.
- Perry, J. 1991. The pines of México and Central América. Agricultural Science Program The Rockefeller Foundation 231 p.
- Petit, J., G. Uribe., y R. Muchacho. 2010. Comportamiento del ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill.) en la producción de árboles de navidad bajo condiciones de clima alto Andino, Venezuela. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16(1): 13-19.
- Pimentel, B. L. 1987. La preparación manual del terreno con fines forestales. Universidad Autónoma Chapingo, México. Serie de apoyo académico Núm.29. 20 p.
- Prieto, R. J. y A. Sánchez V. 1991. Guía básica de la reforestación. Universidad Autónoma Chapingo, México. 74 p.
- Puértolas, S. J. 2002. Efecto del riego y la fertilización nitrogenada sobre la calidad de planta de *Pinus halepensis* Mill. y su comportamiento en campo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Rendowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México 432 pp.
- Reyes M., J. A. 2009. Respuesta de *Pinus radiata* a fertilizantes de liberación controlada aplicados al establecimiento en suelo rojo arcilloso. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 52 p.
- Ríos C., E., R. D. Hoogh, N. J. J. Návar C. 2008. Ensayos de especies con pinos piñoneros en el Nordeste de México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 14 (2): 97-104.

- Rojas, G. M. 1975. Usos agrícolas de los fitoreguladores en la agronomía. No. 164, ITESM. Monterrey, N. L. 252 p.
- Rojas G., M. y M. Rovalo. 1972. Fisiología vegetal aplicada. 2ª edición. Mc Graw-Hill. México. Pp. 91-102, 161,166-169.
- Rojas R. F. y G. Torres C. 1989. Árboles de navidad, establecimiento y manejo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie informativa Núm. 19. 47 p.
- Salas E., E. R. 2011. Evaluación del efecto de cuatro productos hormonales aplicando dos tipos de podas en *Pinus pincea* Gordon en Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- SAS. (Statistical Analysis System). 2000. SAS-STAT User's Guide. Cary, North Carolina. USA. 1028 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. Anuario de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cultivo de árboles de navidad en México.
- Secretaría del medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2003. Cultivo de Árboles de Navidad en México. Recuperado: 23-10-2009 de <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/ArbolesNavidad.html>.
- Silva, G.M., H. Gámez G., F. Zavala G., B. Cuevas H., y M. Rojas G. 2001. Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. CIECIA UANL. N. L. México. Número IV (001): Pp. 69-75.
- Torres C., G. y F. Rojas R. 2008. Árboles de navidad: un cultivo forestal a muy corto plazo. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 5(14).
- Torres, J. 1998. Patología Forestal. Mundi Prensa. Madrid, España. 13-16 p.
- Vallejo M., G.E. 1997. Asociación de variables a diferentes niveles de producción de conos en pino piñonero *Pinus cembroides* Zucc. en el Sur de Nuevo León. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Forestales. Linares, NL. México.
- Vera, C. G. 1998. Plantaciones comerciales. México, UACH. División de Ciencias Forestales, Dpto. de Ingeniería forestal. Apuntes del curso.

Wright, J. W. 1965. Choice of species for Christmas tree plantations. *Journal of forestry* 63(11):844-846.

## VIII. APENDICES

Apéndice 1. Formato empleado para la toma de datos en campo.

Formato: Medición de variables Proyecto: Evaluación de productos hormonales y podas Localidad: San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coahuila. Levantó: _____ Fecha: _____				
Tratamiento	Repetición	Árbol No.	Número de brote	Longitud de brote

## Apéndice 2. Análisis de Varianza

Análisis de varianza para número de brotes por tratamiento.

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr>F
Modelo	11	575.52	52.32		
Error	24	59.6	2.4833333	21.07	0.0001
Total	35	635.12			
	R-Cuadrada	C. V	Raíz CME	Media	
	0.906159	31.10249	1.57586	5.066667	

Análisis de varianza para longitud de brotes por tratamiento.

FV	GL	Suma de Cuadrados	cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Modelo	11	206.7417528	18.7947048	3.95	0.0024
Error	24	114.338519	4.764105		
Total	35	321.0802718			
	R-Cuadrada	C. V	Raíz CME	Media	
	0.662571	85.02656	2.113943	2.486215	

Análisis de varianza para número de brotes por tipo de poda.

FV	GL	Suma de Cuadrados	cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tipo	2	514.6004167	257.3002083	100.70	0.0001
Producto	3	21.0990972	7.0330324	2.75	0.0647
Tipo*prod	6	40.4556944	6.7426157	2.64	0.0414

Análisis de varianza para longitud de brote por tipo de poda.

FV	GL	Suma de Cuadrados	cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tipo	2	88.98295929	44.49147965	9.96	0.0007
Producto	3	66.45717474	22.15239158	4.96	0.0081
Tipo*prod	6	55.15458849	9.19243142	2.06	0.0968

Análisis de varianza para número de brotes por producto.

FV	GL	Suma de Cuadrados	cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tipo	2	514.6004167	257.3002083	100.70	0.0001
Producto	3	21.0990972	7.0330324	2.75	0.0647
Tipo*prod	6	40.4556944	6.7426157	2.64	0.0414

Análisis de varianza para longitud de brotes por producto.

FV	GL	Suma de Cuadrados	cuadrado medio	Valor de F	Pr>F
Tipo	2	88.98295929	44.49147965	9.96	0.0007
Producto	3	66.45717474	22.15239158	4.96	0.0081
Tipo*prod	6	55.15458849	9.19243142	2.06	0.0968