

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación de Cuatro Productos Hormonales Aplicando Dos Tipos de Podas en el
Crecimiento de *Pinus cembroides*, Zucc. en Saltillo, Coahuila.**

Por:

PEDRO MÉRIDA ALTÚZAR

T E S I S

Presentada como requisito parcial para

obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación de Cuatro Productos Hormonales Aplicando Dos Tipos de Podas en el Crecimiento de *Pinus cembroides*, Zucc. en Saltillo, Coahuila.

Por:

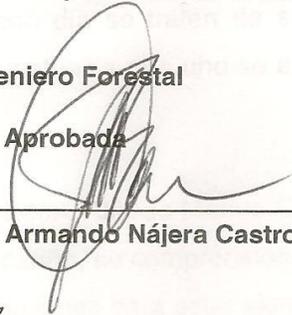
PEDRO MÉRIDA ALTÚZAR

Tesis

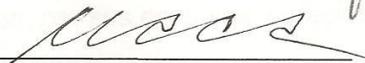
Como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Aprobada



M.C. José Armando Nájera Castro



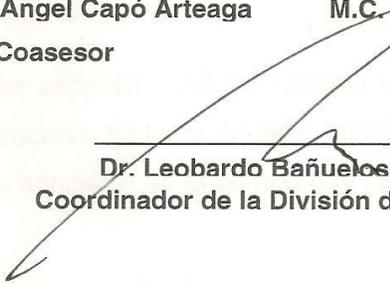
Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Coasesor



M.C. Jorge David Flores Flores

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2012.

DEDICATORIA

A DIOS: Por darme la oportunidad de vivir, y de cumplir la meta más importante de mi vida, que es obtener mi carrera profesional, además, por haberme cuidado, acompañado y ayudado en los momentos difíciles de mi estancia en la universidad.

A MIS PADRES: Pedro Mérida Méndez y Norma Isabel Altúzar Mérida, con mucho cariño, respeto y amor para las dos personas más importantes de mi vida, a quienes les debo la vida y lo que soy. Gracias por sus buenos consejos y porque nunca me dieron la espalda en los momentos más difíciles, por el gran sacrificio que han hecho por mí para lograr esta meta. Muchas gracias por confiar en mí. Los quiero mucho. Que Dios los bendiga siempre, que me los mantenga bien de salud y me los conserve muchos años más.

A mis hermanos: Ana Verónica Mérida Altúzar y Gustavo de Jesús Mérida Altúzar, gracias por los momentos que he compartido con ustedes que son únicos e inolvidables, por darme su cariño y por ser un motivo más para salir adelante, ya que quiero ser un ejemplo para ustedes, para que día con día se traten de superar y vean que si se puede. Pasa lo que pase, y en las circunstancias que uno se encuentre, todo es posible en esta vida, los quiero hermanitos.

A mis abuelos: Reina Lesbia Méndez León, Alfredo Mérida González, Rosaura Mérida Mérida y Raúl Altúzar Córdova, por su cariño, su comprensión, por compartir momentos lindos en mi vida, por sus consejos y oraciones para estar siempre con salud y felicidad; muchas gracias y los quiero.

A todos mis tíos: en especial a mi tío Trinidad Mérida Méndez y a su familia, Raúl Altúzar Mérida y Azucena Epifanía Mérida Méndez, por sus consejos y su apoyo incondicional que me brindaron en el tiempo que permanecí en el cumplimiento de esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Mater*, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de concluir esta etapa de mi vida en sus instalaciones, especialmente al personal docente del Departamento Forestal.

Al M.C. José Armando Nájera Castro, asesor principal, porque me brindo el espacio y la paciencia suficiente para llevar a cabo esta investigación, además, gracias por todas sus correcciones y observaciones en el presente trabajo. Gracias porque además de ser mi asesor principal fue mi mejor amigo, gracias por sus consejos, sugerencias y por la gran confianza que me tiene.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga y al M.C. Jorge David Flores Flores, muchas gracias por sus correcciones y observaciones en la asesoría de esta investigación, así como por brindarme durante este tiempo su amistad.

Al M.C. Carlos Rojas Peña y familia, por su apoyo y amistad incondicionales que me brindaron durante mi permanencia en la universidad y que a pesar de los problemas, se que siempre podre contar con él.

A todos los profesores del Departamento Forestal, gracias por su comprensión, su paciencia y su interés en transmitir sus conocimientos.

A mis compañeros y amigos: Eber, Rusbelí, Edilberto, Leonardo, Gamaliel, Angelina, Ángel, Marco, Verónica, Rodolfo, Ángela, Inocencia, Flor, Javier, Martín, Cecilio, Héctor, Saúl, Moisés, Manuel, Francisco, Zilmar, Adrian, Abi, Horacio, Rigoberto, Guadalupe, Bartolomé, Maybeth, Roci y Andrés, por todos los momentos de alegría, tristeza y enojo que pasamos juntos, les deseo lo mejor del mundo y que les vaya bien en la vida.

ÍNDICE	Pág
ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN	III
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del estudio	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivos del estudio	3
1.4. Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Descripción de la especie.	4
2.2 Crecimiento de las plantas	5
2.3 Definición de fitohormonas	6
2.4 Receptores hormonales	7
2.5 Auxinas..	7
2.5.1 Biosíntesis de las auxinas	8
2.5.2 Efectos fisiológicos.....	8
2.6 Giberelinas	9
2.6.1 Biosíntesis de las giberelinas	10
2.6.2 Efectos fisiológicos.....	10
2.7 Citocininas.....	11
2.7.1 Biosíntesis de las citocininas.....	11
2.7.2 Efectos fisiológicos.....	12

2.8 Etileno.....	12
2.8.1 Biosíntesis del etileno.....	13
2.8.2 Efectos fisiológicos.....	13
2.9 Ácido abscísico.....	14
2.9.1 Biosíntesis del ácido abscísico.....	15
2.9.2 Efectos fisiológicos.....	15
2.10 Funciones de los nutrientes en las plantas.....	15
2.11 Uso de árboles de navidad.....	17
2.12 Características de los arboles.....	18
2.13 Cultivo de árboles de navidad.....	18
2.14 Estudios afines.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Localización y descripción del área de estudio	25
3.2 Características de la plantación.....	30
3.3 Establecimiento del estudio.....	30
3.3.1 Descripción de los tratamientos	31
3.3.2 Descripción de los productos utilizados	33
3.3.3 Aplicación de los tratamientos de tipo de podas y hormonas.....	35
3.3.4 Diseño experimental.....	36
3.3.5 Variables de evaluación	37
3.3.6 Evaluaciones.....	38
3.3.7 Análisis estadístico.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39

4.1. Primera etapa.....	39
4.2. Segunda etapa.....	43
4.2.1. Resultados por Tratamiento	43
4.2.1.1 Incremento en altura	43
4.2.1.2 Incremento en diámetro de copa.....	45
4.2.2. Resultados por tipo de poda (Factor A).....	47
4.2.2.1 Incremento en altura por tipo de poda.....	47
4.2.2.2 Incremento del diámetro de copa por tipo de poda	48
4.2.3. Resultados por tipo de producto (Factor B).....	49
4.2.3.1 Incremento en altura por tipo de producto.....	49
4.2.3.2 Incremento en diámetro de copa por tipo de producto	51
4.2.3.3 Número de brotes por tipo de producto.....	52
4.2.3.4 Longitud de brotes por tipo de producto.....	54
V. CONCLUSIONES.....	56
VI. RECOMENDACIONES	58
VII. LITERATURA CITADA	59
APÉNDICE	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Funciones de los nutrientes en las plantas.....	15
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos de podas y aplicación de hormonas en la primer etapa del estudio.....	31
Cuadro 3. Descripción de los tipos de poda y dosis de los diferentes productos hormonales.....	32
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos de podas y aplicación de hormonas en la segunda etapa del estudio.....	32
Cuadro 5. Ingredientes activos del BIOGIB* 10 PS.....	33
Cuadro 6. Ingredientes activos del Biozyme* PP.....	33
Cuadro 7. Ingredientes activos del Biozyme TF.....	34
Cuadro 8. Ingredientes activos del Biozyme* TS.....	35
Cuadro 9. Aplicación de los diferentes tipos de podas y hormonas en la segunda etapa.....	36
Cuadro 10. Medias por tratamiento en las tres evaluaciones para la variable número de brotes en la primera etapa.....	40
Cuadro 11. Medias por tratamiento en las tres evaluaciones para la variable longitud de brotes en la primera etapa.....	42
Cuadro 12. Medias por tratamiento de los incrementos en altura.....	44
Cuadro 13. Medias por tratamiento del incremento en diámetro de copa.....	45
Cuadro 14. Medias del incremento en altura por tipo de poda.....	47
Cuadro 15. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de poda.....	49
Cuadro 16. Medias de incremento en altura por tipo de producto.....	50
Cuadro 17. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de producto.....	51
Cuadro 18. Medias del número de brotes por producto.....	53
Cuadro 19. Medias de longitud de brotes por producto.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del ácido indolacético.....	8
Figura 2. Estructura del ácido giberélico.....	9
Figura 3. Estructura de las citocininas generalizada y zeatina.....	11
Figura 4. Estructura del etileno.....	13
Figura 5. Estructura del ácido abscísico.....	14
Figura 6. Ubicación del área de estudio.....	26
Figura 7. Medias de número de brotes por árbol de las tres evaluaciones en la primera etapa del experimento.....	40
Figura 8. Medias de longitud de brotes por árbol de las tres evaluaciones en la primera etapa del experimento.....	42
Figura 9. Medias de incremento en altura por tratamiento.....	44
Figura 10. Medias de incremento en diámetro de copa por tratamiento.....	46
Figura 11. Medias de incremento en diámetro de copa por tratamiento.....	48
Figura 12. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de poda.....	49
Figura 13. Medias de incremento en altura por tipo de producto.....	50
Figura 14. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de producto.....	52
Figura 15. Medias del número de brotes por producto.....	53
Figura 16. Medias de longitud de brotes por producto.....	55

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de cuatro productos hormonales en la emisión y crecimiento de brotes, en combinación con podas, en una plantación para árboles de navidad de *Pinus cembroides* Zucc., ubicada en el Ejido San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila. El estudio se realizó en dos etapas; en la primera etapa (Agosto a Diciembre de 2010) se probaron cuatro productos hormonales y un tipo de poda; las variables evaluadas fueron número y longitud de brotes. En la segunda etapa (Enero a Mayo del 2011) se probaron cuatro productos hormonales y dos tipos de podas, evaluando el incremento en altura y diámetro de copa, y el número y longitud de brotes.

En ninguna de las dos etapas hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, en la primer etapa, el tratamiento donde se aplicó la poda de líder tallo y Biozyme TS presentó el mejor resultado numérico con una media de 6.6 brotes por árbol, y para la variable longitud de brotes los tratamientos que presentaron los mejores resultados numéricos fueron, poda de líder del tallo y aplicación de Biozyme TS y poda del líder del tallo, sin aplicación de hormonas, con una media de 8.6 cm.

En la segunda etapa el tratamiento a base de Biozyme TF obtuvo el mejor resultado numérico en la variable incremento de altura, y en incremento en diámetro de copa el ácido giberélico y el Biozyme TS.

En el análisis por factor, en el tipo de poda sobresalió la poda de despunte de líder de las ramas para las variables incremento en altura y diámetro de copa. En el factor tipo de producto no hubo diferencias numéricas importantes en ninguna de las variables. Así mismo, en el factor tipo de producto, en la variable número de brotes el Biozyme TS, mostró el mejor desempeño.

Palabras claves: plantación, *Pinus cembroides*, Biozyme TF, Biozyme TS, Biozyme PP, ácido giberélico, tipo de poda.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

Desde el punto de vista ambiental las plantaciones para la producción de árboles de navidad permiten reincorporar terrenos forestales degradados carentes de cubierta arbórea, a toda una gama de funciones ecológicas como la captura de carbono a través de la fotosíntesis, mitigar el fenómeno del efecto invernadero y el cambio climático global, y contribuye a disminuir la extracción clandestina de árboles pequeños de los bosques naturales (SEMARNAP, 1999); de igual forma, disminuyen la erosión hídrica y eólica, son refugio y protección para fauna silvestre, incrementan la captación del agua, forman barreras sónicas y retienen polvos (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura del Banco de México (FIRA), 1996). Además, una vez que se utilizan los árboles de navidad, estos pueden ser transformados en abono y reincorporados en forma de materia orgánica, manteniendo así la productividad de las áreas verdes en las ciudades grandes (SEMARNAP, 1999).

En lo económico, las plantaciones forestales para la producción de árboles de navidad representan una importante alternativa de ingreso para los dueños y poseedores de terrenos de vocación forestal ya que se obtienen productos de alto valor agregado y de rápida colocación en el mercado y al incrementarse la producción nacional de árboles de navidad se puede reducir y a la larga evitar la fuga de divisas que se da cada año por la importación de árboles de navidad (SEMARNAP, 1999).

La producción de árboles de navidad cobra gran importancia social ya que permite el arraigo de la población, la generación de empleos en las áreas rurales, así como dar un uso sustentable al suelo, generando con ello polos de desarrollo regional. Representa además una valiosa alternativa para evitar el avance de la mancha urbana sobre terrenos no arbolados, y evitar al mismo tiempo la emigración de habitantes de zonas rurales hacia las grandes ciudades (SEMARNAP, 1999).

El consumo de árboles de navidad naturales ha tenido un incremento en México en los últimos años, de tal manera que la producción nacional no es suficiente para cubrir la demanda de este producto, la cual asciende a más de 1.7 millones de árboles de navidad naturales por año y se importan aproximadamente un millón de unidades, principalmente de Estados Unidos y Canadá (Álvarez *et al.*, 2009).

A nivel nacional, existen 250 proyectos de plantaciones forestales comerciales, especializadas en el cultivo de árboles de navidad; de estos, un 25% se encuentran ya en producción, lo que equivale a 1,200 ha en 12 estados de la república mexicana, incidiendo principalmente en el Estado de México con 700 ha, Nuevo León con 110 ha, Distrito Federal con 100 ha, Veracruz con 120 ha, Puebla con 80 ha, Guanajuato con 50 ha y el resto se distribuye en Michoacán, Morelos, Hidalgo, Oaxaca y otras entidades (CONAFOR, 2009).

1.2 Planteamiento del problema

Una de las características deseables para la aceptación de un árbol de navidad es que tenga ramas bien distribuidas a lo largo del tronco principal, sin huecos en el follaje y muy resistentes, adecuadas para soportar diferentes adornos e instalaciones eléctricas (Sodwer, 1966, citado por Chapa, 1976).

Aún es escasa la información técnica que se tiene con relación al efecto que causan las hormonas reguladoras de crecimiento en la promoción de brotes al aplicar podas de conformación, en especies forestales, por lo que es necesario realizar estudios más específicos en cuanto a tipo de hormona, dosificación, técnica de aplicación y la intensidad y época de poda, motivo por el cual se plantea este trabajo para contribuir en este ramo de la forestería.

1.3. Objetivos del estudio

1. Determinar el efecto de cuatro productos hormonales en la emisión y crecimiento de brotes en combinación con podas en árboles de navidad.
2. Determinar el mejor tipo de poda de conformación en el crecimiento en altura y diámetro de copa en *Pinus cembroides*.

1.4. Hipótesis

Ho: No existen diferencias estadísticas en el efecto de los productos hormonales de crecimiento, así como en el efecto de las podas de conformación en el crecimiento de *Pinus cembroides*.

Ha: Existen diferencias estadísticas en el efecto de los productos hormonales de crecimiento, así como en el efecto de las podas de conformación en el crecimiento de *Pinus cembroides*.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción de la especie

Taxonomía

Reino: Metaphyta

División: Spermatophyta

Clase: Pinophyta

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*

Especie: *cembroides*

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

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

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

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

2.2 Crecimiento de las plantas

El funcionamiento normal de los organismos pluricelulares exige mecanismos precisos de regulación que permitan una perfecta coordinación de las actividades de sus células, tejidos y órganos. Además, el organismo debe ser capaz de percibir y responder a las fluctuaciones de su ambiente. Entre los posibles mecanismos de regulación, el más conocido es el sistema de mensajeros químicos (señales químicas), que permite la comunicación entre células y coordina sus actividades. En las plantas, la comunicación química se establece fundamentalmente a través de hormonas (o fitohormonas), aunque no excluye la existencia de otros posibles mediadores químicos cuya naturaleza, por el momento, se desconoce (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

El crecimiento y desarrollo de las plantas forman una combinación de diversos eventos en diferentes niveles, desde el biofísico y bioquímico hasta el organísmico, que dan como resultado la producción integral en un organismo. Una pequeña cantidad de las sustancias naturales en las plantas controla su crecimiento y desarrollo, pero varios procesos como la iniciación de las raíces, el establecimiento y la terminación de los periodos de letargo y reposo, la floración, la formación y desarrollo de los frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento, se encuentran bajo control hormonal (Lira, 1994).

El desarrollo de las plantas está controlado por hormonas, compuestos que se sintetizan en un lugar del organismo y se transportan a otro, en donde actúan regulando el crecimiento y metabolismo específicamente y en muy bajas concentraciones; el efecto de estas es indirecto y son activadas en pequeñísimas cantidades (Lira, 1994).

Los reguladores de crecimiento ofrecen posibilidades de compensar las deficiencias genotípicas que tomarían muchos años para tratar de solucionarse por métodos genéticos (Luckwill, 1976, citado por González, 1986).

2.3 Definición de fitohormonas

Las hormonas vegetales o fitohormonas son pequeñas moléculas orgánicas producidas por las plantas que, a bajas concentraciones, influyen sobre procesos fisiológicos relacionados principalmente con el crecimiento, la diferenciación y el desarrollo (Davies, 2004).

Las hormonas vegetales (fitohormonas) pueden ser definidas como un grupo de sustancias orgánicas, sintetizadas por las plantas, que tienen la capacidad de afectar a los procesos fisiológicos en concentraciones mucho más bajas que los nutrientes o las vitaminas (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Los fitorreguladores sintéticos constituyen, dentro de los agroquímicos, un grupo de sustancias que, añadidas en cantidades muy pequeñas, modifican las pautas normales de desarrollo de las plantas y pueden ayudar a incrementar la productividad, mejorar la calidad del cultivo, facilitar la recolección, etcétera (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

El mecanismo de acción de una hormona se define como la reacción primaria capaz de iniciar una serie de eventos moleculares que, en última instancia, conducen a un efecto fisiológico mensurable. Por lo tanto, la célula debe de estar programada para responder a las señales hormonales (primeros mensajeros) mediante mecanismos específicos. De un modo general, el mecanismo de acción tiene lugar mediante un acoplamiento estímulo-respuesta, que puede dividirse en tres fases: 1) percepción de la señal (primer mensajero) por parte de la célula; 2) generación y transmisión de la señal (traducción); y 3) activación de un cambio bioquímico (respuesta). El conjunto de los tres procesos constituye la llamada cadena de percepción y transducción de la señal o ruta de señalización, que requiere el reconocimiento del primer mensajero por un receptor y la utilización subsiguiente de una serie de moléculas (segundos mensajeros o proteínas efectoras), capaces de transmitir la señal que activará la respuesta. Esta cadena es la vía que utilizan las plantas para responder a todos los estímulos, tanto

externos (luz, temperatura, fuerzas mecánicas, agua, etc.) como internos (hormonas, fuerzas mecánicas generadas por la pared, etc.) que modulan su desarrollo. Las propiedades fundamentales de la cadena de transducción son tres: rapidez, sensibilidad y especificidad (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.4 Receptores hormonales

Como toda molécula, para ejercer su acción, las hormonas deben encontrar otra molécula con la cual puedan efectuar su trabajo químico. Como vías de percepción y traducción existen: 1) Proteínas receptoras intracelulares directamente incluidas en la expresión genética, traducción o transcripción. 2) Proteínas receptoras ligadas a la membrana plásmica funcionando como sistema sensorio para los niveles externos de hormonas que transmiten las señales vía fosfatidil-inositol o por los niveles de calcio citoplásmico (Rojas y Ramírez, 1987).

Los receptores deben cumplir dos propiedades fundamentales: unión específica y reversible a la hormona y, como consecuencia, inducción de una respuesta biológica (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.5 Auxinas

Es un término genético, aplicado al grupo de compuestos caracterizados por su capacidad para inducir la extensión de las células de los brotes (Weaver, 1976). La estructura de las auxinas se presenta en la Figura 1.

Los descubrimientos de las auxinas se dieron a partir de los experimentos de Went (1928), cuando elaboró una prueba para definir las concentraciones de la sustancias del crecimiento en el jugo de las plantas. Colocaba ciertas partes de la planta sobre el pequeño bloque de agar, para que la sustancia de crecimiento se pudiera difundir a éste o también impregnaba los bloques de agar con el extracto de la

planta investigada. Aquel bloque fue colocado lateralmente sobre el coleóptilo decapitado de avena estirando un poco la primera hoja arriba para que el bloque tuviera soporte. Poco tiempo después ocurría la curvatura del coleóptilo, proporcional a la concentración de la sustancia de crecimiento en el bloque. Posteriormente Kolg y otros investigadores encontraron esta sustancia llamándola heteroauxina, la cual después cambiaría al nombre de ácido indolacético (Jankiewicz, 2003).

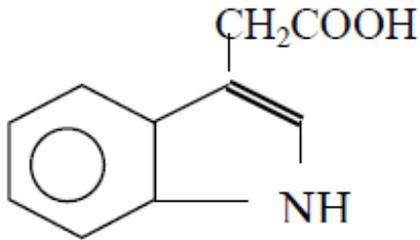


Figura 1. Estructura del Ácido indolacético.
Fuente: Saavedra (2008).

2.5.1 Biosíntesis de las auxinas

Las auxinas se sintetizan principalmente en los primordios de las hojas, en las hojas jóvenes y en las semillas en desarrollo, y son transportadas hasta la raíz (Davies, 2004).

Durante muchos años se ha considerado que el precursor en la síntesis del ácido indolacético (AIA) es el aminoácido triptófano. Hoy se admite que el AIA puede sintetizarse también a partir de un precursor del triptófano. Algunos estudios indican que, incluso en una misma planta y dependiendo de la edad, la síntesis de AIA puede ser dependiente o independiente del triptófano (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.5.2 Efectos fisiológicos

Los principales efectos de las auxinas son el agrandamiento y la división celular, el crecimiento del tallo, la diferenciación de tejidos vasculares y la iniciación de la raíz.

También están implicadas en el mantenimiento de la dominancia apical, ya que la síntesis de auxinas desde el meristemo apical del tallo inhibe la formación de meristemos laterales. Además, las auxinas inducen la fructificación y estimulan el crecimiento del fruto (Davies, 2004).

Las auxinas participan en la división, el crecimiento y la diferenciación de las células, estimulan el enraizamiento, dominancia apical y partenocarpia de frutos (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.6 Giberelinas

Son compuestos con un esqueleto de gibane que estimula la división o la prolongación celular, o ambas cosas (Paleg, 1965, citado por Weaver, 1976). La estructura de las giberelinas se presenta en la Figura 2.

Los primeros datos que documentan el descubrimiento de las giberelinas provienen del agricultor japonés Konishi, quien en 1898 descubrió una enfermedad en arroz que es conocida como bakanae. Esta enfermedad provoca un crecimiento excesivo de los tallos, alargamiento y clorosis de hojas, disminución del crecimiento del sistema radical y la ramificación excesiva de las plantas, ocasionándoles frecuentemente la muerte. Pero fue hasta el año 1958, cuando MacMillan y Suter aislaron de semillas inmaduras de frijol (*Phaseolus coccineus* L.) una giberelina muy activa, GA1, en forma cristalina (Jankiewicz, 2003).

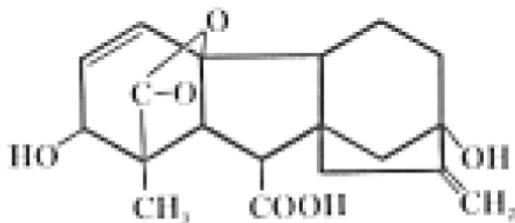


Figura 2. Estructura del Ácido giberélico.
Fuente: Saavedra (2008).

2.6.1 Biosíntesis de las giberelinas

Las giberelinas son un grupo de diterpenos que se sintetizan en tejidos jóvenes del tallo y en las semillas en desarrollo (Davis, 2004).

Los primeros pasos en la ruta de síntesis de giberelinas (GAs) son comunes al resto de los compuestos terpenoides y se han descrito tanto en animales como en vegetales. Un terpenoide es una sustancia compuesta por bloques o unidades de cinco átomos de carbono denominadas isoprenos. Atendiendo el número de isoprenos, los compuestos terpenoides se clasifican en monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), como las GAs, triterpenos (C30), como los esteroides, y tetraterpenos (C40) como los carotenoides. Estos primeros pasos abarcan la síntesis de geranylgeranyl pirofosfato (GGPP), el precursor de los diterpenos y, por tanto de las giberelinas. El GGPP se sintetiza principalmente en los plastidos a través de la ruta del metileritritol fosfato (MEP), aunque también se ha descrito una ruta de síntesis complementaria dependiendo del mevalonato (MVA) ubicada en el citoplasma (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.6.2 Efectos fisiológicos

Las giberelinas están involucradas en el crecimiento del tallo a través del estímulo de la división y el crecimiento celular, así como en la inducción de la germinación de las semillas. Al igual que las auxinas, las giberelinas participan en la iniciación de la fructificación y el crecimiento del fruto (Davis, 2004).

Las giberelinas controlan el crecimiento y la elongación del tallo, inducción floral, crecimiento y desarrollo de frutos y estimulan la germinación de numerosas especies (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.7 Citocininas

Son sustancias del crecimiento de las plantas, que provocan la división celular. Muchas citocininas exógenas y todas las endógenas derivan probablemente de la adenina, una base nitrogenada de purina (Weaver, 1976). La estructura de las citocininas se presenta en la Figura 3.

El descubrimiento de las citocininas remonta a los estudios realizados por Miller en 1961 y Letham en 1963, cuando aislaron de semillas inmaduras de maíz (*Zea mays*) un compuesto que estimulaba fuertemente las divisiones celulares en las plantas, del cual determinaron su estructura química y lo nombraron zeatina (Jankiewicz, 2003).

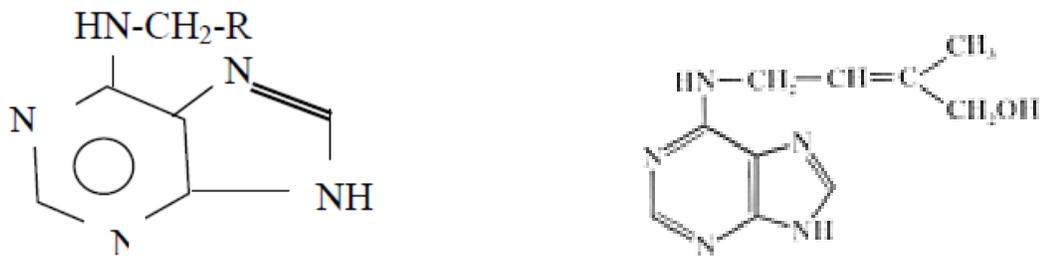


Figura 3. Estructura de las citocininas generalizada y zeatina.
Fuente: Saavedra (2008).

2.7.1 Biosíntesis de las citocininas

La mayoría de las citoquininas son derivados de bases púricas que se sintetizan en el ápice de la raíz y en las semillas en desarrollo (Davis, 2004).

Se ha considerado casi de forma axiomática, que las citocininas son sintetizadas, mayoritariamente, en las zonas meristemáticas de las raíces. Tal hecho, sin embargo, no excluye la participación de los órganos aéreos, especialmente de los tejidos meristemáticos, en el proceso de biosíntesis de estas hormonas. Durante la fase reproductora, también aparecen otros centros de producción importante de citocininas, principalmente el endospermo (durante el desarrollo de las semillas) o el eje

embrionario, que se convierte en el centro de producción y de distribución de las citocininas cuando se inicia la germinación de las semillas. Los análisis de los patrones de expresión espacial de los genes isopentil transferasa (IPT), utilizando sus promotores unidos a genes delatores, confirman que la síntesis de citocininas se produce tanto en las raíces como en los órganos aéreos (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.7.2 Efectos fisiológicos

Estimulan la división celular en presencia de auxinas, y promueven la iniciación del tallo, el crecimiento de meristemos laterales y la expansión de las hojas por agrandamiento celular. También inducen la fructificación, aunque en menor medida que las auxinas y las giberelinas (Davis, 2004).

Las citocininas controlan el ciclo celular, regula la neoformación de órganos, control de la dominancia apical, retrasan la senescencia foliar, promueven la expansión celular, controlan la germinación, la síntesis de pigmentos y el desarrollo de cloroplastos y mediatizan la transición floral en algunas plantas de día largo (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.8 Etileno

El etileno es un hidrocarburo simple, no saturado, que en condiciones normales ocurre como gas (Jankiewicz, 2003). La estructura del etileno se presenta en la Figura 4.

El descubrimiento de la actividad biológica del etileno empezó con la observación de que los árboles que crecían a lo largo de un gasoducto de gas para alumbrado, presentaba amarillamiento y caída precoz de hojas. Un poco después, el investigador ruso Neliubov mostro en 1901 que el componente activo biológicamente del gas de alumbrado era el etileno, el cual evoca en las plántulas de chícharo tres fenómenos

característicos, inhibe el alargamiento de tallos, causa engrosamiento de tallos y provoca el plagiotropismo de epicótilos (Jankiewicz, 2003).

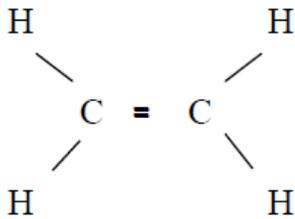


Figura 4. Estructura del etileno.
Fuente: Saavedra (2008).

2.8.1 Biosíntesis del etileno

El etileno es un gas que se sintetiza en casi todos los tejidos en respuesta a situaciones de estrés (Davis, 2004).

La primera etapa específica de la síntesis de etileno es la conversión de la S-adenosil-metionina (SAM) en ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), a través de la enzima ACC sintasa (ACS). Existen múltiples factores, tanto internos como externos, que estimulan la producción de etileno en los tejidos vegetales, de forma concomitante con el aumento del contenido de ACC y la síntesis de novo de ACS. Ello indica que esta actividad constituye, en la mayor parte de las situaciones fisiológicas, la etapa reguladora limitante de la producción de etileno. La actividad ACS se localiza predominantemente en el citosol. La etapa final de la síntesis de etileno es la oxidación de ACC a etileno por la enzima ACC oxidasa (ACO) (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.8.2 Efectos fisiológicos

Estimula distintos mecanismos defensivos y altera el crecimiento de la planta. Interviene también en la maduración del fruto y la abscisión de hojas y órganos florales (Davis, 2004).

El etileno estimula la germinación de semillas, inhibe el crecimiento del tallo y la raíz, participa en la diferenciación radicular, afecta la emergencia y desarrollo de las hojas, promueve el desarrollo de las plantas acuáticas, controla las respuestas al estrés e interviene en la maduración de frutos (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.9 Ácido abscísico

El ácido abscísico se presenta en la planta en la fase de letargo o dormancia, para sobrevivir en condiciones adversas. Inhibe el crecimiento, cierra las estomas durante el estrés por agua, mantiene la dormancia. Se encuentran en las hojas, tallos y frutos verdes (Santana, 2005, citado por García, 2007). La Estructura del ácido abscísico se presenta en la Figura 5.

El ácido abscísico (ABA) fue aislado por primera vez en el año 1963, después se realizaron investigaciones de las sustancias inhibidoras del crecimiento recibidas de los extractos de diferentes plantas. Los inhibidores de crecimiento más activos que se encontraron en estos extractos fueron nombrados “abscisin II” por Addicott y colaboradores en EEUU y “dormin” por Wareing y colaboradores en Gran Bretaña, pero después se reveló que “dormin” y “abscisin II” son en realidad el mismo compuesto que fue nombrado finalmente ácido abscísico (Jankiewicz, 2003).

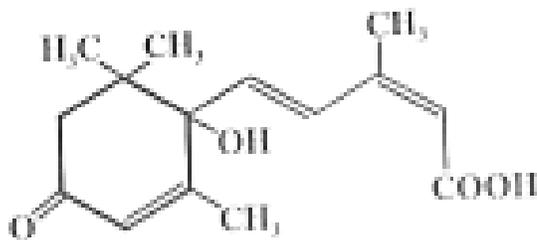


Figura 5. Estructura del Ácido abscísico.
Fuente: Saavedra (2008).

2.9.1 Biosíntesis del ácido abscísico

El ácido abscísico (ABA) se sintetiza en la planta a partir del farnesilpírofosfato, directamente o a través de la violaxantina. El ABA se encuentra en todos los órganos de la planta: frutos, semillas y yemas jóvenes son ricos en él (Rojas y Ramírez, 1987).

El ácido abscísico es un sesquiterpeno apocarotenoide, que se sintetiza en los cloroplastos y otros plastidios mediante la escisión oxidativa de los epoxicarotenoides neoxantina y violaxantina (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.9.2 Efectos fisiológicos

El ácido abscísico inhibe el crecimiento de muchas plantas y partes vegetales, inhibe el crecimiento de los brotes y las hojas, prolonga el reposo de muchas semillas y provoca reposo en las yemas (Weaver, 1976).

El ácido abscísico aumenta por el estrés hídrico e induce el cierre de los estomas, puede ser un mecanismo de defensa ante otros tipos de estrés, controla el desarrollo embrionario de las semillas, inhibe el desarrollo vegetativo, mediatiza la abscisión e interviene en la interacción planta-patógeno (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.10 Funciones de los nutrientes en las plantas

Los macronutrientes y micronutrientes y sus principales funciones en las plantas, obtenido de Bidwell (2002) y Pérez y Martínez-Laborde (1994) se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Funciones de los nutrientes en las plantas.

Elemento químico	Partícula química de donde se obtiene	Principales funciones en la planta
Azufre	SO_4^{2-}	Forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, y es un importante constituyente de proteínas.

Continúa Cuadro 1.

Boro	$H_2BO_3^{1-}$	Es esencial para el crecimiento de la planta, el transporte y absorción de los azúcares.
Calcio	Ca^{2+}	Es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular, está involucrado en el metabolismo de formación del núcleo, las mitocondrias y la pared celular.
Cloro	Cl^{1-}	Es esencial para el crecimiento de algunas especies y es requerido en la fotosíntesis de cloroplastos aislados.
Cobre	Cu^{1+}, Cu^{2+}	Es parte de varias enzimas, está presente en la plastocianina de los cloroplastos, es componente del sistema transportador de electrones de la fotosíntesis y está involucrado en la reducción de nitritos.
Fierro	Fe^{2+}, Fe^{3+}	Es parte de muchas enzimas oxido-reductoras, es esencial para la formación de clorofila, agente transportador de electrones, está estructuralmente involucrado en lípidos lamelares del núcleo, cloroplastos y mitocondrias y se requiere en la síntesis de proteínas de membranas.
Fosforo	$H_2PO_4^{1-}, HPO_4^{2-}$	Es parte de ácidos nucleicos y fosfolípidos, desempeña una función indispensable en el metabolismo energético.
Magnesio	Mg^{2+}	Está implicado en la estabilización de partículas ribosómicas, es decisivo en las reacciones del metabolismo energético y en la síntesis de constituyentes del núcleo, cloroplasto y ribosoma. Constituye una parte integrante de la molécula de clorofila siendo esencial en la fotosíntesis.
Manganeso	Mn^{2+}	Es activador de enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del nitrógeno y la fotosíntesis, se necesita para la operación de algunas enzimas en el metabolismo de la hormona ácido indolacético y tiene un papel estructural en los cloroplastos.
Molibdeno	MoO_4^{2+}	Su función más importante es la reducción de nitratos y fijación de nitrógeno.
Nitrógeno	NO_3^{1-}, NH_4^{1+}	Es constituyente de las proteínas, ácidos nucleicos y otras muchas sustancias importantes, además esta estructuralmente implicado en las moléculas catalíticas.

Continúa Cuadro 1.

Potasio	K^{1+}	Está implicado en el mantenimiento del balance iónico de las células, en la síntesis de proteínas, es esencial en la respiración y el metabolismo de carbohidratos.
Zinc	Zn^{2+}	Tiene relación directa con la síntesis del ácido indolacético (IAA), es activador obligado de numerosas e importantes enzimas y parece estar implicado en la síntesis de proteínas.

2.11 Uso de árboles de navidad

El uso de los árboles naturales para adorno de los hogares durante la temporada de navidad, tuvo su origen en el oeste de Alemania aproximadamente en los años 1500 (INIFAP, 2006). El árbol de navidad se usaba para simbolizar la esperanza de un mejor año por venir; sin embargo, es hasta principios del siglo dieciocho cuando el árbol de navidad pasa del ámbito rural al ámbito urbano (CONAFOR, 2007).

Esta costumbre se generalizó en Europa y más tarde en Norteamérica, probablemente por inmigrantes alemanes, hacia 1804 (Chapa, 1976), de donde, a principios del siglo XX se difunde a todo el mundo. El consumo de árboles naturales de navidad en Estados Unidos se populariza tanto que hacia la tercera década del siglo pasado se inician grandes proyectos de plantaciones comerciales que hoy en día satisfacen el consumo interno, mismo que asciende a 36 millones de árboles por año, con una superficie plantada de 500 mil hectáreas que además les permite exportar a México y Centro América (CONAFOR, 2007).

En México el uso de árboles de navidad comenzó a desarrollarse en la primera mitad del siglo XX. Sin embargo, su demanda aumentó a niveles que propiciaron aprovechamientos clandestinos en los bosques naturales, situación que obligó a las autoridades forestales, a prohibir el aprovechamiento de los árboles de bosques naturales en 1949, y permitir la importación de árboles de navidad de Estados Unidos y Canadá (Magaña, 1996).

2.12 Características de los arboles

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

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

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

Numero 1: Árbol de densidad media a abundante, con follaje frondoso por tres caras.

Regular: follaje de densidad ligera a mediana con pequeñas imperfecciones.

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

2.13 Cultivo de árboles de navidad

Fertilización

El fertilizante se debe aplicar cuando se hayan controlado los excesos de humedad en el suelo y de vegetación, ya que provocan que los arboles se tornen amarillentos y cloróticos con pobre crecimiento aún cuando se fertilicen. El nitrógeno es el elemento más utilizado para mejorar el crecimiento y color del árbol, excepto en casos aislados en que las limitaciones de otros nutrientes puede causar problemas, por lo que los análisis de suelos y de follaje ayudan a resolverlos. Los fertilizantes nitrogenados requieren de humedad y temperaturas frescas para moverse a la zona de raíces del árbol, por lo que marzo es una buena fecha para aplicar el fertilizante. Cuando los árboles tienen menos de 1.0 m de altura la aplicación de fertilizantes en forma individual es más precisa que al voleo, ya que el volumen de las raíces de los árboles es pequeña y limita el aprovechamiento del fertilizante aplicado al voleo (Landgren y Douglas, 1993, citado por Prieto y Merlín, 2002).

La aplicación de fertilizante depende del desarrollo de la planta y de la disponibilidad de humedad, deben realizarse fertilizaciones periódicas, especialmente en suelos arenosos. Se ha empleado en diversas regiones la fórmula 18-6-10 de NPK, mas elementos menores al año. Es preferible el uso de fórmulas de liberación lenta que provean de nutrientes tres o cuatro meses. Para mejores resultados, aplicar en marzo 10 g de fertilizante por cada 30 cm de altura del árbol y la misma cantidad a finales de junio o durante julio. Es necesario que el fertilizante se aplique sobre la línea de goteo de la copa del árbol, asegurándose que la maleza de herbáceas y pastos sean controlados alrededor de los árboles (Lindstrom *et al.*, 1997, citado por Prieto y Merlín, 2002).

Poda del líder

Se hace con la finalidad de incrementar la densidad del follaje del arbolado y ayudar a conformarlos, para ello se cortan los crecimientos excesivos del tallo principal o líder y se eliminan los líderes indeseables. Existen varios criterios para definir la longitud de los cortes a los líderes dependiendo del producto final deseado. Por ejemplo, cuando se requiere un árbol denso, que es en la mayoría de los casos, nunca debe dejarse un líder mayor de 25 cm del último verticilo. En el caso de la corta del líder, 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 a principios de agosto (Landgren y Douglas, 1993, citado por Prieto y Merlín, 2002).

Con la poda de la rama del líder se incrementa la densidad del follaje, pero se retrasa el crecimiento en altura del árbol (Landgren y Douglas, 1993, citado por Prieto y Merlín, 2002). Si se quiere un árbol cerrado, la poda del líder debe efectuarse a 15 ó 20 cm del verticilo superior con un corte lo más inclinado posible, para favorecer el desarrollo de la yema más cercana al corte como rama líder (Prieto y Merlín, 2002).

Poda lateral

Consiste en cortar las puntas de las ramas laterales para corregir el exceso de ancho de la copa e incrementar la densidad. El corte lateral debe ser después del líder para establecer la cima del cono y tener una guía para cortar la parte baja del árbol. Cuando los árboles alcanzan un metro es necesario formarlos cortando el crecimiento lateral excesivo de las ramas (Landgren y Douglas, 1993, citado por Prieto y Merlín, 2002). Las podas pueden efectuarse al terminar la estación de crecimiento, de acuerdo con la especie cultivada (Prieto y Merlín, 2002).

El *Pinus cembroides* en plantaciones experimentales ha mostrado crecimiento lento en comparación con otras especies evaluadas, pero por sus características de forma y persistencia del follaje son favorables para utilizarse como árboles de navidad (Prieto y Merlín, 2002).

Plagas, enfermedades y otros daños

Las plagas más frecuentes en el cultivo de los árboles de navidad son la *Eucosma sonomana*, *Retinia edemoidana*, *Tetralopha alternata*, *Neodiprion spp*, *Pineus sp*, *Oligonychus ununguis*, *Pissodes zitacuarensis* y *Phyllophaga spp* (Campos, 1999, citado por Monárrez, 2000). Otra de las plagas frecuentes en el valle de Guadiana, Durango son el pulgón lanífero (*Eriosoma lanigerum*) que ataca el follaje de *Pinus eldarica* y la tuza (*Geomys sp.*) que troza completamente la base del tallo de los brinzales, causándoles la muerte (Prieto y Merlín, 2002).

Las enfermedades más frecuentes son las causadas por el *Fusarium sp.*, *Heterobasidion annosum*, *Lophodermella maureri* y *Lophodermium sp.* (Campos, 1999, citado por Monárrez, 2000).

Otros factores que causan la muerte del arbolado de las plantaciones son la tensión causada por el frío, alta temperatura, sequía y el fuego, el cual en época de estiaje es frecuente y si la plantación no se limpia de maleza seca y no se protege con brechas cortafuego, puede ocasionar daños severos (Prieto y Merlín, 2002).

Control de malezas

Las malezas reducen la calidad de los árboles debido a la competencia por agua y nutrientes del suelo, provocan sombreado y suprimen el crecimiento de las plántulas, propician la presencia de plagas, enfermedades e incendios. El control puede ser manual, con azadón o guadaña, o mediante el uso de herbicidas para suprimir la maleza en la línea de plantado. La vegetación entre surcos puede controlarse mediante chaponeo o paso de rastra, labores rápidas y económicas, aunque pueden provocar la compactación del suelo y reducir el crecimiento y calidad del árbol (Landgren y Douglas, 1993, citado por Prieto y Merlín, 2002).

2.14 Estudios afines

Muñoz (2010) en un trabajo realizado sobre el efecto del AG4/7 y anillado en la inducción de estructuras reproductivas y crecimiento del brote en árboles juveniles de *Pseudotsuga menziesii*, encontró que en los árboles tratados con AG4/7 los brotes crecieron en promedio 12% más que los testigos, apoyando la hipótesis de que las giberelinas endógenas y exógenas son utilizadas primero para procesos de crecimiento vegetativo y que la floración sólo ocurre cuando esta demanda ha sido satisfecha. Una dosis baja (1.27 mg/cm²) fue suficiente para acelerar y generar las mayores tasas de crecimiento.

Cortés (2005) en su estudio sobre evaluación de una plantación de árboles de navidad de *Pinus halepensis* Miller y *Pinus pinceana* Gordon, tratada con fertilización y podas, en Saltillo, Coahuila, encontró que de la dos especies estudiadas, *Pinus halepensis* respondió mejor a los tratamientos, resultando con mayor crecimiento el tratamiento donde se aplicó 15 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final de la primavera y poda de líder, en las variables crecimiento en altura y diámetro basal, y en cuanto a la variable diámetro de copa, el mayor valor se presentó en el tratamiento donde se aplicó 10 gr. por litro de agua de Lobi*44 cada 30 días, más poda lateral al final del verano y poda de líder.

Vázquez (2005) en un estudio hecho sobre la inducción del crecimiento del cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) mediante aplicación de fitorreguladores, encontró que estadísticamente no hubo diferencias significativas, pero numéricamente si, en donde la fertilización con Foltron plus fue el que tuvo mayor efecto en la variable grosor; la fertilización con Grosol obtuvo mayor incremento para el número de hojas, mientras el que tuvo mayor incremento en la variable altura fue el Biozyme TF.

Tzanahua (2006) en una evaluación de la fertilización en tres plantaciones de árboles de navidad en *Pinus cembriodes* Zucc. en el Noreste de México, encontró que la plantación de la Localidad del Rancho el Edén, Nuevo León respondió mejor a la fertilización con la dosis menor de urea foliar para el crecimiento en diámetro basal, mostrando el valor más alto respecto a los tratamientos fertilizados. Y también respondió mejor con la dosis mayor de urea foliar, en el crecimiento en altura y diámetro de copa.

Silva *et al.*, (2001) en un trabajo realizado sobre el efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol, encontró que la aplicación de Biogib (giberelina) determinó un mayor aumento en la altura de las plantas, pero un decremento en el rendimiento, en cambio el Biozyme TF fue el segundo producto en el aumento de la altura de la planta, pero en rendimiento fue el primero.

Domínguez *et al.* (2008) en un trabajo hecho sobre efecto de citocininas en la propagación in vitro de agaves mexicanos, demostró que es posible propagar in vitro de manera eficiente a las especies de *Agave cupreata*, *A. difformis*, *A. karwinskii*, *A. obscura* y *A. potatorum*, para las que no se tenían antecedentes en este sentido. Los protocolos desarrollados generaron entre 6.1 y 11 brotes por explante en promedio, según la especie; estas tasas de propagación se lograron en el mejor tratamiento con citocininas, y después de 90 días de incubación.

Cortés (2010) en un estudio realizado sobre el crecimiento inicial en una plantación de árboles de navidad tratada con 7 tipos de fertilizantes en Saltillo, Coahuila, encontró que el mejor de los siete fertilizantes en cuanto a las variables evaluadas (incremento del diámetro basal, incremento de diámetro de copa e incremento en altura del árbol) fue el Western fol 66 plus con una aplicación de 0.5 gramos por planta y fue el mejor para las tres especies evaluadas (*Pinus cembroides*, *P. ayacahuite* y *P. eldarica*). También concluye que con la aplicación de fertilizantes se puede acelerar el crecimiento de las especies evaluadas y se puede obtener en corto plazo producción de árboles de navidad.

Dorantes (2011) en una investigación realizada sobre el efecto de hormonas reguladoras de crecimiento aplicando dos tipos de podas en *Pinus greggii* Engelm. en Saltillo, Coahuila, encontró que no hubo diferencias estadísticas significativas por tratamiento, pero es importante resaltar los tratamientos sobresalientes. En el primer experimento, para longitud de brotes sobresale el tratamiento donde se aplicó poda de líder de ramas y Biozyme TF; en número de brotes sobresalió el tratamiento que corresponde al despunte de ramas y Biozyme TF; para el diámetro de copa sobresalió el tratamiento que corresponde al despunte de ramas y Biozyme TF; y en altura el tratamiento que sobresalió fue el que consiste en el despunte de rama y Biogib. En esta evaluación el mejor producto fue el Biozyme TF. En cuanto al segundo experimento, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo en número de brotes el mejor tratamiento fue donde se realizó poda de líder sin producto, en longitud de brotes el mejor fue el tratamiento donde se aplicó poda de líder de ramas y Biozyme TF, en altura y diámetro de copa sobresale el tratamiento que corresponde a la poda de líder de rama y Biozyme PP.

Salas (2011) en un estudio hecho sobre el efecto de cuatro productos hormonales aplicando dos tipos de podas en *Pinus pinceana* Gordon en Saltillo, Coahuila, encontró que en base a los resultados obtenidos en ambas etapas del experimento en las variables incremento en altura y diámetro de copa el tratamiento

donde se realizó poda despunte de yemas, sin producto es el que destacó. Con base en lo anterior se deduce que los productos hormonales utilizados en este experimento inhiben el desarrollo del árbol en *Pinus pinceana*, además, menciona que si se desea obtener la mayor cantidad de rebrotes teniendo una mayor longitud de los mismos, se debe recurrir al tratamiento que corresponde a la poda líder de ramas más 200 gr de Biozyme*TS / 10 litros de agua de la segunda etapa experimental, ya que demuestra estadísticamente ser el mejor en longitud y numéricamente el mejor en número de brotes, ya que también no afecta el diámetro de copa ni el crecimiento en altura.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y descripción del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el Ejido San Juan de la Vaquería que está situado en el Municipio de Saltillo, Coahuila. Se ubica entre los 25°14'07.17" de Latitud Norte y los 101°14'15.09" de Longitud Oeste. La altitud es de 1832 metros sobre el nivel del mar (Figura 5).

Acceso

El predio se localiza a 35 km, al sur de la ciudad de Saltillo, el acceso para llegar al predio es por la carretera 54 que conduce a Zacatecas, desviándose por la carretera que va a General Cepeda, tomando la desviación que está pasando el poblado de San Juan de la Vaquería (Figura 6).

Geología

Las rocas de la región son del tipo sedimentarias. La apariencia de una roca sedimentaria queda determinada por las partículas que contiene. Características como el tamaño y la forma del grano o la presencia de fósiles pueden ayudar a clasificar este tipo de rocas. El tamaño de los granos de las rocas sedimentarias varía mucho, desde grandes cantos hasta las minúsculas partículas de arcilla. Los conglomerados y las brechas, compuestos de guijarros y cantos rodados, son las rocas sedimentarias de grano más grueso; la arenisca está formada por partículas del tamaño de granos de arena y el esquisto es la roca sedimentaria de grano más fino.

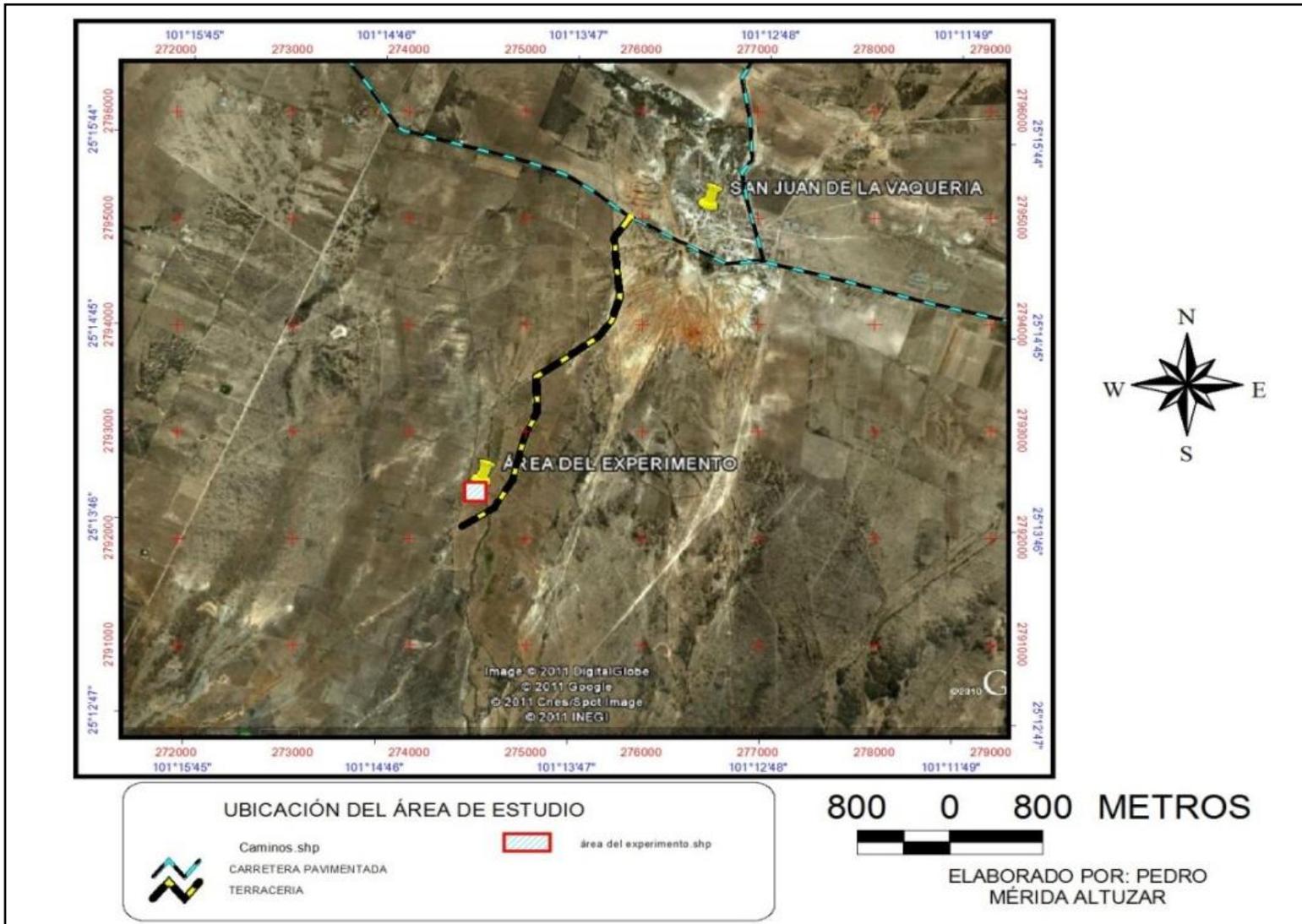


Figura 6. Ubicación del área de estudio.

La forma de los granos que integran las rocas sedimentarias depende de cómo éstos se han transportado. La erosión del viento crea partículas de arena esféricas y guijarros angulosos. La acción del agua origina partículas de arena angulosas y guijarros esféricos. Los fósiles son restos animales o vegetales conservados en capas de sedimentos. El tipo de fósil que contiene una roca indica su origen. Por ejemplo, un fósil marino sugiere que la roca se formó a partir de sedimentos depositados en el lecho oceánico. Los fósiles suelen aparecer principalmente en rocas sedimentarias, nunca en las ígneas y raramente en las metamórficas (INEGI, 2000).

Fisiografía

La fisiografía del predio se caracteriza por una topografía que consiste en terrenos planos en el valle, donde se ubica el área agrícola y terrenos ligeramente inclinados con pendientes menores de 12 %, en el pie de monte y lomeríos, hasta pendientes mayores en las sierras. La exposición que domina es cenital, presentándose también la norte y sur. La elevación del terreno varía entre 1850 y 1900 m.s.n.m. (SPP, 1987).

Hidrología

El predio en mención se encuentra dentro la cuenca “B” Río Bravo – San Juan, subcuenca “e” La Casita – El Recreo, de la región hidrológica “RH24” Bravo - Conchos, con un coeficiente de escurrimiento de 5 a 10% (SPP, 1987).

Suelos

Los suelos presentes en este predio, según lo señalado por la carta edafológica (CETENAL, 1977), son de los tipos castañozem háplico y cálcico, sin fase salina a ligeramente salinos los cuales se localizan en el valle, presentan textura fina; en el pie de monte los suelos son xerosol háplico y cálcico, sin fase salina a ligeramente salinos y presentan textura fina.

Castañozem

Suelos con horizonte A mólico de color pardo oscuro y acumulación calcárea u horizontes cálcico o gypsico de alta productividad agrícola o prácticola.

Castañozem háplico

Suelos con acumulación calcárea moderada, abajo del horizonte A.

Castañozem cálcico

Suelos con horizonte cálcico o gypsico.

Xerosol

Se caracterizan por tener una capa superficial de tono claro y muy pobre en humus, debajo de la cual puede haber un subsuelo rico en arcillas. Muchas veces presentan manchas, polvo o aglomeraciones de cal a cierta profundidad, así como cristales de yeso o caliche. Ocasionalmente son salinos. La explotación del matorral se lleva a cabo en estos suelos en especies como la candelilla. Los xerosoles tienen baja susceptibilidad a la erosión, excepto cuando están en pendientes o sobre caliche.

Xerosol háplico

Son suelos de zonas áridas y semiáridas con un horizonte A ócrico, y contenido moderado de materia orgánica; pueden presentar horizonte B cámbico. En condiciones de disponibilidad de agua, son capaces de lograr una elevada producción agrícola. Los más fértiles de este subgrupo son los que tienen elevado contenido en material calcáreo.

Uso del suelo

De acuerdo con la carta de uso del suelo (CETENAL, 1975), el uso potencial es para la agricultura de temporal permanente limitada. El uso pecuario es en el matorral espinoso y pastizal natural.

Clima

El clima pertenece al tipo BS1kx' el cual corresponde a climas semisecos templados. La temperatura media anual es de 18 a 22 grados centígrados y la del mes más frío menor de 18°; el régimen de lluvias en los meses de verano es por lo menos diez veces mayor en el mes más húmedo en la época lluviosa del año, que en el mes más seco; presenta un porcentaje de lluvia invernal de entre 5 y 10.2 del total anual; extremoso, con oscilaciones entre 7 y 14 grados centígrados (UNAM, 1970).

La precipitación que se presenta en el predio es de 450 a 550 milímetros, acentuándose la mayor proporción durante los meses de mayo a octubre y además se presentan lluvias en los meses de diciembre y enero. Los vientos predominantes tienen una dirección sur, con velocidades de 8 a 15 kilómetros/hora.

Vegetación

La vegetación de la región es principalmente de los tipos matorral subinermes, chaparral, izotal y mezquital, con especies predominantes de mezquite (*Prosopis glandulosa*), vara prieta (*Acacia constricta*), gatuño (*Mimosa biuncifera*), palo blanco (*Celtis laevigata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), jazmín (*Jasminum sp.*), correoso o lantrisqueño (*Rhus microfila*), palo amarillo (*Berberis trifoliolata*), gobernadora (*Larrea tridentata*). Así mismo los pastos más abundantes son: zacate banderita (*Boteloua curtipendula*), *Muhlenbergia sp.*, *Stipa sp.*, *Buchloe dactyloides*, zacate de tres barbas (*Aristida glauca*). También se puede encontrar vegetación inducida y cultivada como es el caso de las especies como maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), nogal (*Carya*

illinoensis), durazno (*Prunus persicae*), manzana (*Pyrus malus L.*), pera (*Pyrus sp.*) y chabacano (*Prunus armeniaca*) (INEGI, 2000).

Fauna

Las especies más comunes de fauna en la región son las siguientes: Aguililla (*Buteo sp.*), gavilán (*Falco sp.*), codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), huilota (*Zenaida macroura*), coyote (*Canis latrans*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), liebre (*Lepus sp.*), zorrillo (*Mephitis macroura*), tejón (*Taxidea taxus*), tlacuache (*Didelphys marsupialis*), correcaminos (*Geococcyx californicus*), cuervo (*Corvux corax*), tecolote (*Bubo virginianus*), víbora de cascabel (*Crotalus sp.*), lagartija (*Sceloporus sp.*) y ratón (*Peromyscus sp.*) (Nájera, 2006).

3.2 Características de la plantación

La plantación se realizó en el año 2004 con la especie de *Pinus cembroides*, para la producción de árboles de navidad, plantando 2500 árboles por hectárea, con un diseño de plantación de marco real en bordo, teniendo una equidistancia de 2 metros y con líneas de plantación orientadas de este a oeste.

3.3 Establecimiento del estudio

El presente estudio se llevo a cabo en dos etapas:

La primera etapa del estudio se inició el 11 de Agosto del 2010 y finalizó el 29 de Enero del 2011.

La segunda etapa del estudio se inició el 29 de Enero del 2011 y finalizó el 21 de Mayo del 2011.

3.3.1 Descripción de los tratamientos

La primera etapa de este estudio, consistió en realizar la poda del líder del tallo, a una longitud promedio de 26 cm del verticilo superior y se aplicaron diferentes dosis de hormonas reguladoras de crecimiento, en forma foliar a cada planta. La combinación de poda más los diferentes productos hormonales definieron los tratamientos que se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos de podas y aplicación de hormonas en la primera etapa del estudio.

Tratamientos	Descripción
1	Poda del líder del tallo y aplicación de 40 ml Biozyme TS por 4 litros de agua.
2	Poda del líder del tallo y aplicación de 12.5 ml de Biozyme TF por 4 litros de agua.
3	Poda del líder del tallo y aplicación de 10 gr de Ácido Giberélico por 5 litros de agua.
4	Poda del líder del tallo y aplicación de 50 gr de Biozyme PP por 5 litros de agua.
5	Testigo, se realizó la poda del líder del tallo, sin aplicación de hormonas.

La segunda etapa de este estudio, consistió en realizar dos tipos de podas laterales (Factor A) y la aplicación de diferentes productos hormonales (Factor B). Los factores y tratamientos se describen en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Descripción de los tipos de poda y dosis de los diferentes productos hormonales.

Factor A	Descripción
A1	Poda lateral que consistió en el despunte de las ramas.
A2	Poda que consistió en la eliminación del líder de las ramas.
B1	Aplicación de 10 gr de Ácido Giberélico disueltos en 10 litros de agua.
B2	Aplicación de 25 ml de Biozyme TF disueltos en 10 litros de agua.
B3	Aplicación de 150 gr de Biozyme PP disueltos en 10 litros de agua.
B4	Aplicación de 200 ml de Biozyme TS disueltos en 10 litros de agua.
B5	Sin aplicación de hormonas.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos de podas y aplicación de hormonas en la segunda etapa del estudio.

Tratamientos	Descripción
1	A1XB1
2	A1XB2
3	A1XB3
4	A1XB4
5	A1XB5
6	A2XB1
7	A2XB2
8	A2XB3
9	A2XB4
10	A2XB5

La distribución de las unidades experimentales se realizó de manera aleatoria y al mismo tiempo se etiquetaron los árboles con cintas de colores que representaban el tipo de poda y el tipo de hormona aplicada.

3.3.2 Descripción de los productos utilizados

Información general BIOGIB* 10PS. Es un estimulante de crecimiento vegetal hecho a base de ácido giberélico (GA3), que puede ser utilizado en hortalizas, frutales, forrajes y ornamentales, donde actúa uniformizando la floración, acelera la germinación de semillas, mejora el amarre de frutos y brotación de tubérculos. Los ingredientes de dicho producto se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Ingredientes activos del **BIOGIB* 10PS.**

Ingrediente activos	% en peso
Ácido giberélico	10
Ingredientes inertes	90
Total	100

Información general del BIOZYME* PP. Es un estimulante hormonal de origen natural para tratamiento de semillas. La acción principal sobre la semilla es la de acelerar los procesos metabólicos de transformación de los materiales de reserva en energéticos, promoviendo una rápida y uniforme germinación, así como un mejor desarrollo del sistema radicular. Los ingredientes de dicho producto se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Ingredientes activos del **BIOZYME* PP.**

Ingredientes activos	% en peso
Extractos vegetales y fitihormonas biológicamente activas:	27.5
Giberelinas	28.70 ppm
Ácido indolacético	12.25 ppm
Zeatina	47.80 ppm
Caldo de extracto (Equivalente a 272.44 gr/kg) 27.24 %	
Materia orgánica del extracto (Equivalente a 2.5 gr/kg) 0.26 %	
Ingredientes inertes:	
Diluyentes y acondicionadores	72.5
Total	100.0

Información general del BIOZYME* TF. Es un fitorregulador hormonal complejo de origen natural, constituido por tres de las principales hormonas vegetales que participan en el desarrollo de las plantas, además de contener microelementos y otras moléculas biológicamente activas contenidas en los extractos vegetales. Su objetivo es el de estimular diferentes procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas como: división y diferenciación celular, translocación de sustancias, síntesis de clorofila, diferenciación de yemas, uniformidad en floración y amarre de flores y frutos, entre otros. Todo esto se resume en una mayor eficiencia metabólica que se traduce en un crecimiento y desarrollo más armónico de las plantas. Los ingredientes de dicho producto se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Ingredientes activos del **BIOZYME* TF.**

Ingredientes activos		% en peso
Microelementos		1.86
Manganeso (Mn) 0.12 %, Zinc (Zn) 0.37 %, Hierro (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	32.2 ppm	
Ácido indolacético	32.2 ppm	
Zeatina	83.2 ppm	
Ingredientes inertes:		
Diluyentes y acondicionadores		19.27
Total		100.00

Información general del BIOZYME* TS. Es un estimulante hormonal de origen vegetal para tratamiento de semillas. La acción principal sobre la semilla es la de acelerar los procesos metabólicos de transformación de los materiales energéticos de reserva, promoviendo una rápida y uniforme germinación, así como un mejor desarrollo del sistema radicular. Los ingredientes de dicho producto se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Ingredientes activos del **BIOZYME* TS.**

Ingredientes activos		% en peso
Extractos vegetales y fitihormonas biológicamente activas:		79.84
Giberelinas	77.40 ppm	
Ácido indolacético	33.00 ppm	
Zeatina	128.70 ppm	
Caldo de extracto (Equivalente a 802.860 gr/kg) 79.10 %		
Materia orgánica del extracto (Equivalente a 7.53 gr/kg) 0.74 %		
Ingredientes inertes:		
Diluyentes y acondicionadores		20.10
Total		100.0

3.3.3 Aplicación de los tratamientos de tipo de podas y hormonas

Las podas del líder del tallo se realizaron con una tijera de mano y las podas laterales con tijeras para podar setos, utilizándose además cintas métricas y vernier para realizar todas las mediciones. La medición de las hormonas que vienen en polvo se realizó con una báscula de precisión y las que vienen en formula líquida con un vaso graduado, las aplicaciones se hicieron de manera foliar con una bomba manual. Para poder identificar los diferentes tratamientos aplicados en las dos etapas del este estudio se utilizaron cintas de colores (rojo, verde, amarillo, rosado, blanco, azul, plata).

La aplicación de la poda de líder de tallo y los diferentes productos hormonales (única) en la primera etapa de este estudio se realizó el 11 de agosto del 2010 y la aplicación de los dos tipos de podas y los diferentes productos hormonales para la segunda etapa se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Aplicación de los diferentes tipos de podas y hormonas en la segunda etapa.

Fecha de aplicación	Actividad realizada
29 de Enero del 2011	Aplicación de los dos tipos de podas y los diferentes productos hormonales.
24 de Febrero del 2011	Aplicación de los diferentes productos hormonales.
16 de Marzo del 2011	Aplicación de los diferentes productos hormonales.

3.3.4 Diseño experimental

En la primera etapa de este estudio se utilizó un diseño completamente al azar, procesando los datos mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado en las diferentes variables.

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ (Tratamientos).

$j = 1, 2, 3$ (Repeticiones).

μ = Media General.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

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

El diseño experimental utilizado en la segunda etapa fue el Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial, procesando los datos con el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

$i = 1, 2$ (número de podas).

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ (tipo de hormona).

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

μ = media general.

α_i = efecto del factor A en el nivel i -ésimo.

β_j = efecto del factor B en el nivel j -ésimo.

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

ξ_{ijk} = efecto del error experimental.

En la primera etapa del estudio, la unidad experimental fue de tres árboles, con tres repeticiones por tratamiento, con cinco tratamientos (incluyendo al testigo), o sea 45 individuos considerados para esta etapa.

En la segunda etapa del estudio, la unidad experimental fue de tres plantas, con tres repeticiones por tratamiento, con diez tratamientos (incluyendo al testigo), o sea 90 individuos considerados para esta etapa.

3.3.5 Variables de evaluación

Primera etapa (poda de líder de tallo):

- a). Número de brotes: se conto el número total de brotes por cada árbol.
- b). Longitud de brote: se procedió a medir la longitud del brote más largo por cada árbol con un Vernier de alta precisión.

Segunda etapa (poda lateral de despunte de ramas y eliminación del líder de ramas):

- a). Diámetro de copa: este diámetro se obtuvo midiendo el diámetro mayor y diámetro menor de copa, promediando los dos para cada individuo, usando una cinta métrica.
- b). Altura del árbol: la altura se tomó desde la base del tallo hasta la yema apical, utilizando para ello una cinta métrica.

c). Número de brotes: se contó el número total de brotes por cada árbol.

d). Longitud de brote: se procedió a medir la longitud del brote más largo por cada árbol con un vernier de alta precisión.

3.3.6 Evaluaciones

Primera etapa:

1. La primera evaluación, se realizó el 20 de Octubre del 2010.
2. La segunda evaluación, se realizó el 27 de Noviembre del 2010.
3. La tercera evaluación, se realizó el 29 de Enero del 2011.

Segunda etapa:

1. La primera evaluación, se realizó el 29 de Enero del 2011.
2. La segunda evaluación, se realizó el 21 de Mayo del 2011.

3.3.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete SAS (Statistical Analysis System) practicando análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey para cada una de las variables evaluadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del efecto de los tratamientos aplicados en este experimento no resultaron diferentes estadísticamente, de acuerdo con el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey, esto se debe probablemente a que el tiempo que se le dio al experimento, no fue suficiente para permitir que los tratamientos tuvieran efectos en todos los individuos, sin embargo, se presentan las medias obtenidas por tratamiento. A continuación se presentan los resultados por separado de las dos etapas que comprendió el estudio.

4.1. Primera etapa

En la primera evaluación (a los 70 días de establecido el experimento) se observó que el Tratamiento 1 mostró la media más alta en la variable número de brotes con 4.6 brotes por árbol, siendo 328.6 % superior al testigo, el cual tuvo una media de 1.4 brotes. El Tratamiento 2 presentó resultados similares al Tratamiento 1, con 4.2 brotes por árbol. El tratamiento 3 resultó ser un inhibidor de la promoción de brotes del tallo, en la dosis utilizada, al presentar únicamente 0.2 brotes por árbol. El Tratamiento 4 y el testigo presentaron medias iguales con 1.4 brotes por árbol (Cuadro 10 y Figura 7).

En la segunda evaluación realizada (a los 108 días de establecido el experimento) la tendencia se mantiene, ocupando el mismo lugar los tratamientos, con excepción del testigo que ahora ocupa el tercer lugar con una media de 3.9 brotes por árbol, siendo 121.9 % superior al Tratamiento 4, el cual obtuvo una media de 3.2 brotes por árbol (Cuadro 10 y Figura 7).

En la tercera y última medición (a los 171 días de establecido el experimento) se mantiene la misma tendencia en cuanto al lugar que ocupan los tratamientos, teniendo en el primer lugar al Tratamiento 1 con una media de 6.6 brotes por árbol y como último lugar se mantiene el Tratamiento 3 que sigue indicando que en la dosis utilizada

es un inhibidor de la promoción de brotes al tener la media más baja con 0.4 brotes por árbol (Cuadro 10 y Figura 7).

Cuadro 10. Medias por tratamiento en las tres evaluaciones para la variable número de brotes en la primera etapa.

Tratamiento	Agrupación Tukey	No. de brotes 1ª evaluación	Agrupación Tukey	No. de brotes 2ª Evaluación	Agrupación Tukey	Evaluación final
1	A	4.6	A	6.6	A	6.6
2	A	4.2	A	4.9	A	5.0
3	A	0.2	A	0.4	A	0.4
4	A	1.4	A	3.2	A	3.4
5	A	1.4	A	3.9	A	3.9

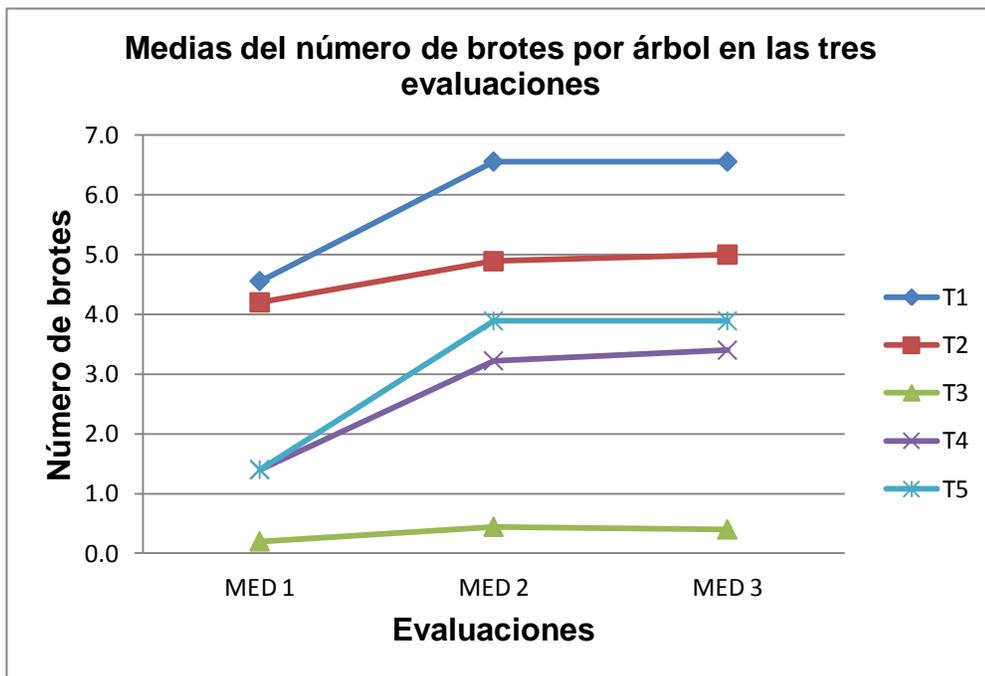


Figura 7. Medias de número de brotes por árbol de las tres evaluaciones en la primera etapa del experimento.

En lo que respecta a la longitud de brotes en la primera medición (a los 70 días de establecido el experimento) se observó que el Tratamiento 1 mostró la media más alta con una media de 3.6 cm, siendo 189.47 % superior al testigo, el cual tuvo una media de longitud de brotes de 1.9 cm. El Tratamiento 2 presentó una media de

longitud de brotes similar a la del Tratamiento 5 con una media de longitud de brotes de 2.3 cm. El tratamiento 3 resultó ser un inhibidor del crecimiento en longitud de los brotes del tallo, en la dosis utilizada, al presentar únicamente una media de 0.2 cm. El Tratamiento 4 presentó una media similar a la del testigo: 1.2 cm (Cuadro 11 y Figura 8).

En la segunda evaluación realizada (a los 108 días de establecido el experimento) la tendencia se mantiene, en cuanto al lugar que ocupa el Tratamiento 1 con una media de longitud de brotes de 6.9 cm, con excepción de los Tratamientos 2, 4 y 5 que presentan medias similares en longitud de brotes con 4.3, 4.1 y 4.8 cm respectivamente; en lo que respecta al Tratamiento 3 sigue presentando la media más baja con 1.1 cm (Cuadro 11 y Figura 8).

En la medición final (a los 171 días de establecido el experimento) los Tratamientos 1 y 5 presentaron medias iguales en longitud de brotes con 8.6 cm, además los Tratamientos 2 y 4 presentaron medias similares con 4.9 y 4.4 cm respectivamente; el Tratamiento 3 sigue presentado la media más baja con 1.4 cm (Cuadro 11 y Figura 8).

Los resultados en ambas variables evaluadas, tanto en el número y la longitud brotes se presentaron los mayores valores con el Tratamiento 1 debido a que este producto presenta el mayor contenido de zeatina una citocinina que promueve la división celular, también contiene ácido indolacético una auxina que ayuda a mantener la dominancia apical y presenta el contenido más alto de ácido giberélico el cual ayuda a la elongación celular, estos resultados respaldan a lo dicho por Davis (2004).

Cuadro 11. Medias por tratamiento en las tres evaluaciones para la variable longitud de brotes en la primera etapa.

Tratamiento	Agrupación Tukey	Longitud de brotes (cm) 1ª evaluación	Agrupación Tukey	Longitud de brotes (cm) 2ª Evaluación	Agrupación Tukey	Evaluación final (cm)
1	A	3.6	A	6.9	A	8.6
2	A	2.3	A	4.3	A	4.9
3	A	0.2	A	1.1	A	1.4
4	A	1.2	A </td <td>4.1</td> <td>A</td> <td>4.4</td>	4.1	A	4.4
5	A	1.9	A	4.8	A	8.6

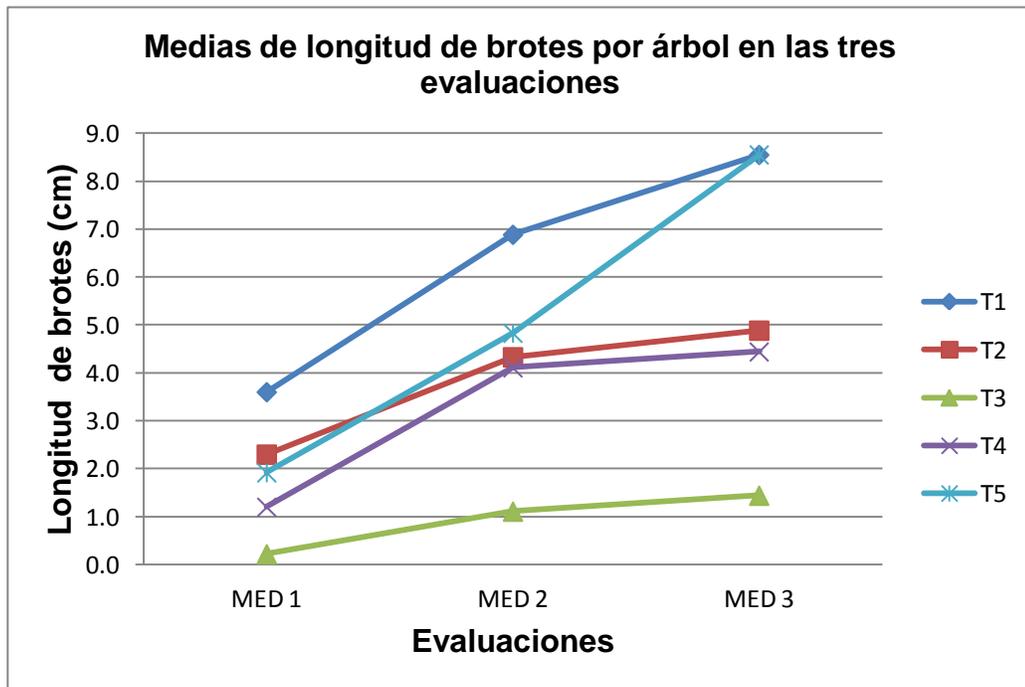


Figura 8. Medias de longitud de brotes por árbol de las tres evaluaciones en la primera etapa del experimento.

4.2. Segunda etapa

4.2.1. Resultados por Tratamiento

4.2.1.1 Incremento en altura

Los mayores resultados en la variable crecimiento en altura los arrojó el Tratamiento 7 con una media de 26.2 cm, seguido por el Tratamiento 6 con una media de 20.9 cm y por el Tratamientos 9 con una media de 20.6 cm de incremento. Los valores más bajos se presentaron en el Tratamiento 5 con una media de 15.5 cm de incremento (Cuadro 12 y Figura 9).

Los resultados obtenidos en este estudio son muy diferentes al estudio hecho por Salas (2011) en *Pinus pinceana* en la primer etapa de su experimento, al obtener los mejores resultados en esta variable con el tratamiento donde se aplicó poda despunte de yemas y sin hormonas con una media de 51.77 cm, repitiéndose los mismos resultados en la segunda etapa con una media de 17.56 cm, a diferencia de los resultados obtenidos en el estudio hecho por Dorantes (2011) en *Pinus greggii* en donde encontró que en la primera etapa, el tratamiento donde se realizó despunte de ramas y Biogib donde obtuvo la media más alta con 53.74 cm; en la segunda etapa los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento que consistió en la poda de líder de ramas y Biozyme PP con una media de 31.44 cm. En el presente estudio hecho con *Pinus cembroides* el Tratamiento 5 fue el que presentó los resultados más bajos, a diferencia a lo obtenido por Salas (2011) en donde la aplicación de este tratamiento presentó los resultados más altos en las dos etapas realizadas. Estos resultados se pueden deber a que cada especie tiene su nivel de requerimiento de hormonas para que los procesos fisiológicos se puedan activar, por eso es bueno probar diferentes dosificaciones de productos para ver cuál es la correcta, ya que si no se hace nunca se podrán obtener resultados diferentes a los obtenidos, porque la dosis que se está aplicando puede no ser suficiente para poder activar los procesos fisiológicos referidos a la división y elongación celular. Además, en este estudio los resultados más altos fueron obtenidos con la aplicación de Biozyme TF, uno de los productos que contiene

una mayor cantidad de ácido indolacético, una auxina que ayuda a mantener la dominancia apical y la división celular; también contiene ácido giberélico una giberelina que ayuda a la elongación celular según lo dicho por Davis (2004) y Azcón-Bieto y Talón (2008).

Cuadro 12. Medias por tratamiento de los incrementos en altura.

Tratamientos	Incremento en altura (cm)	Incremento en altura (%)	Agrupación Tukey
T7	26.2	17.31	A
T6	20.9	15.55	A
T9	20.6	13.5	A
T3	20.6	15.18	A
T10	20.1	12.83	A
T8	20.0	13.98	A
T1	18.7	14.64	A
T2	17.8	13.75	A
T4	15.4	12.07	A
T5	15.2	11.56	A

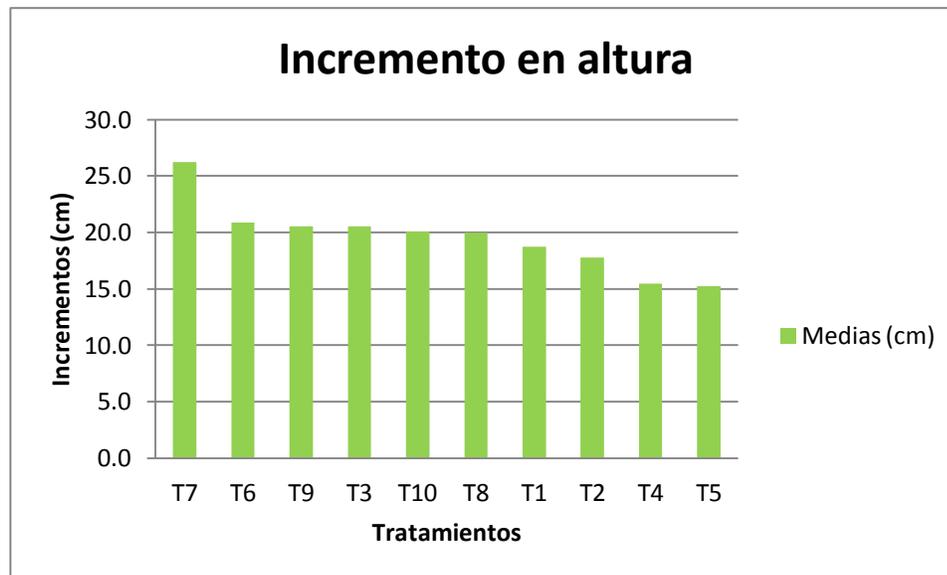


Figura 9. Medias de incremento en altura por tratamiento.

En relación al análisis estadístico realizado con los porcentajes de incremento, no hubo diferencias estadísticas significativas en la variable incremento en altura; además, el Tratamiento 7 se mantiene en primer lugar con un incremento de 17.31 % y

el Tratamiento 5 se mantiene en último lugar con un incremento de 11.56 %, como ocurre con los valores nominales (Cuadro 12 y Figura 9).

4.2.1.2 Incremento en diámetro de copa

Los resultados más altos en la variable diámetro de copa los arrojaron los Tratamientos 6 y 9 con medias similares de 15.4 y 15.2 cm, respectivamente. El resultado con el valor más bajo de incremento fue para el Tratamientos 2 con una media de 6.2 cm (Cuadro 13 y Figura 10).

Cuadro 13. Medias por tratamiento del incremento en diámetro de copa.

Tratamientos	Incremento en diámetro de copa (cm)	Incremento en diámetro de copa (%)	Agrupación Tukey
T6	15.4	20.07	A
T9	15.2	18.78	A
T7	13.2	15.42	A
T4	12.7	19.9	A
T5	11.6	16.7	A
T3	11.4	13.81	A
T1	10.3	14.09	A
T8	9.6	10.65	A
T10	7.9	8.29	A
T2	6.2	7.29	A

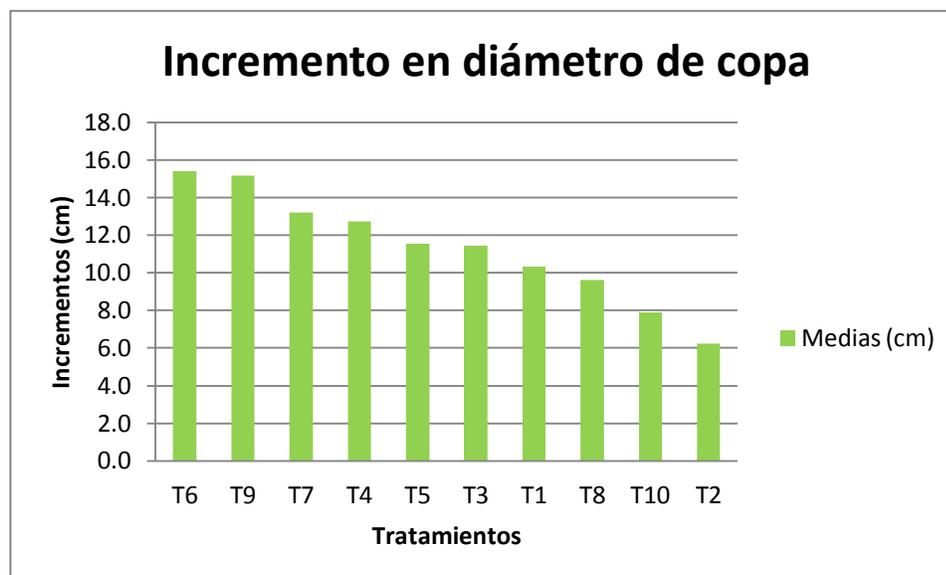


Figura 10. Medias de incremento en diámetro de copa por tratamiento.

Los mayores resultados obtenidos por Salas (2011) en la primera etapa de su estudio fueron con el tratamiento donde se efectuó la poda líder de ramas y Biozyme TF con una media de 35.86 cm y en la segunda el tratamiento que dio los valores más altos fue donde se realizó poda despunte de yemas y sin hormonas, con una media de 9.44 cm, a diferencia de los resultados obtenidos por Dorantes (2011), en la primera etapa donde el tratamiento que consiste en poda de líder de ramas y Biozyme TF obtuvo la media más alta con 35.88 cm y en la segunda el tratamiento que consiste en poda de líder de ramas y Biozyme PP fue el que presentó los mejores resultados con una media de 14.33 cm. Los resultados de los trabajos anteriores son muy diferentes a los obtenidos en este estudio con *Pinus cembroides* ya que los mayores resultados se obtuvieron con los Tratamientos 6 y 9, esto se debe y afirma lo dicho por Davis (2004) y Azcón-Bieto y Talón (2008) que las giberelinas promueven la elongación celular, ya que los productos que arrojaron los mayores valores para el incremento en diámetro de copa son los que contienen la mayor cantidad de ácido giberélico.

El análisis estadístico realizado en los valores porcentuales de incremento, no detecto diferencias estadísticas significativas en la variable incremento en diámetro de copa. El Tratamiento 6 es el que se mantiene en primer lugar con un incremento de 20.07 % y el Tratamiento 2 se ubica en último lugar con un incremento de 7.29 %; estas

posiciones son iguales a las observadas en los valores nominales (Cuadro 13 y Figura 10).

4.2.2. Resultados por tipo de poda (Factor A)

4.2.2.1 Incremento en altura por tipo de poda

El tipo de poda que presentó los mayores resultados en el incremento de la altura de los árboles fue la A2 con una media de 21.56 cm siendo 122.92 % superior a la poda A1 (Cuadro 14 y Figura 11).

Los resultados obtenidos en el trabajo realizado por Dorantes (2011) con *Pinus greggii* en la primer etapa del experimento son totalmente diferentes ya que el tipo de poda que sobresalió es A2 (despunte de ramas) con una media de 47.64 cm; sin embargo, en la segunda etapa la poda que sobresalió fue la A1 (líder de rama) con una media de 24.02 cm, presentando los mismos resultados en cuanto al tipo de poda en el estudio realizado con *Pinus cembroides*. Estos resultados están favorecidos por el tipo de poda ya que al eliminar el líder de las ramas quedan otras yemas de crecimiento, facilitando el desarrollo de las demás yemas y a lo contrario con el tipo de poda de despunte de las ramas que tiene que comenzar su crecimiento de cero.

Cuadro 14. Medias del incremento en altura por tipo de poda.

Tipo de poda	Incremento en altura (cm)	Agrupación Tukey
Poda A2	21.56	A
Poda A1	17.54	A

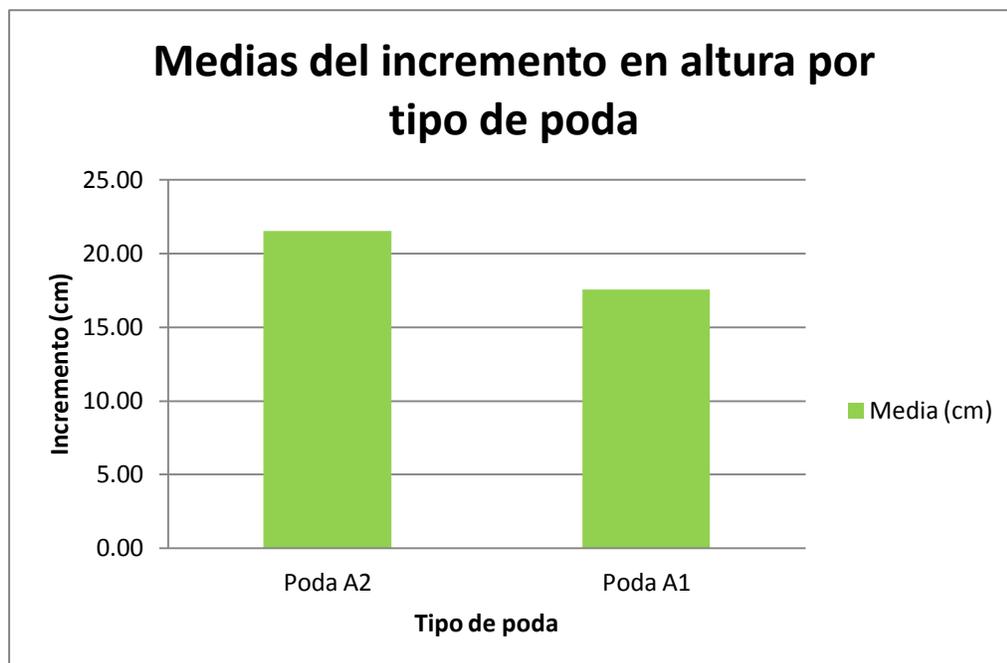


Figura 11. Medias de incremento en diámetro de copa por tratamiento.

4.2.2.2 Incremento del diámetro de copa por tipo de poda

El tipo de poda que presentó los mayores resultados en el incremento del diámetro de copa fue la A2 con una media de 12.26 cm siendo 119.51 % superior a la poda A1 (Cuadro 15 y Figura 12).

Los resultados obtenidos en el trabajo realizado por Dorantes (2011) con *Pinus greggii* en la primer etapa el tipo de poda que sobresalió fue la A1 (líder de rama) con una media de 32.23 cm, al igual que la segunda etapa donde obtuvo una media de 8.52 cm, dando los mismos resultados en cuanto al tipo de poda, que los obtenidos en este estudio realizado con *Pinus cembroides*. Estos resultados están favorecidos por el tipo de poda ya que al eliminar el líder de las ramas quedan otras yemas de crecimiento, facilitando el desarrollo de las demás yemas y en forma contraria con el tipo de poda de despunte de las ramas, que tiene que comenzar su crecimiento de cero, y hasta que se desarrollen nuevas yemas.

Cuadro 15. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de poda.

Tipo de poda	Incremento en diámetro de copa(cm)	Agrupación Tukey
Poda A2	12.25	A
Poda A1	10.45	A

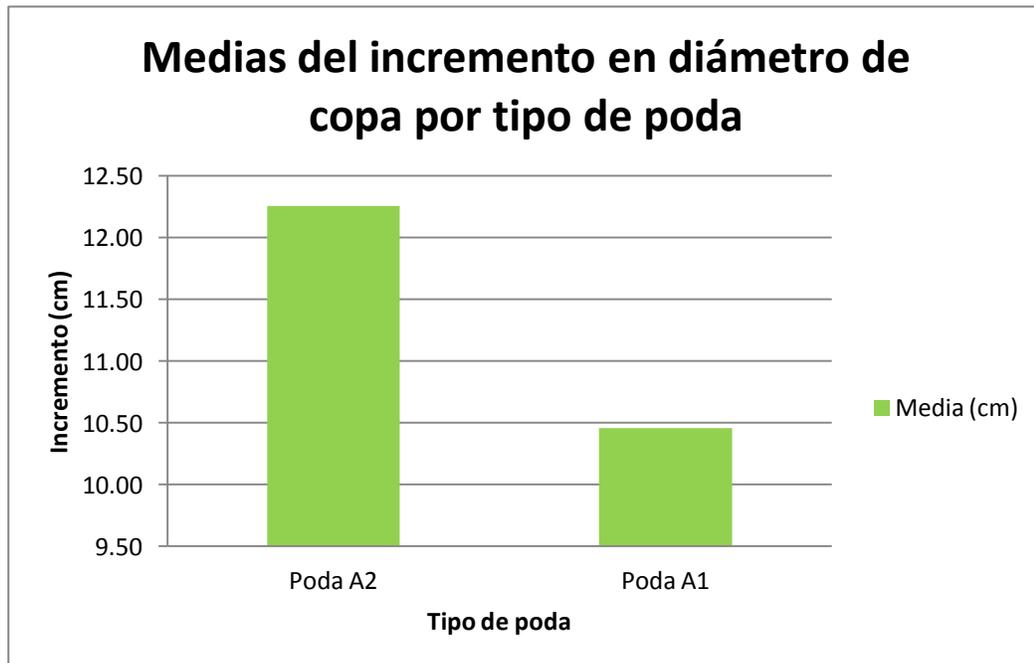


Figura 12. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de poda.

4.2.3. Resultados por tipo de producto (Factor B)

4.2.3.1 Incremento en altura por tipo de producto

Los mayores resultados en la evaluación de esta variable se obtuvieron con el B2 con una media de 22 cm, seguido por el B3 con una media de 20.28 cm. Los menores resultados se obtuvieron con el B5 al obtener una media de 17.67 cm (Cuadro 16 y Figura 13).

Según los resultado obtenidos por Dorantes (2011) en *Pinus greggii* en la primer etapa de su estudio la aplicación de Biozyme TS obtuvo el mayor valor con una media

de 51.30 cm, a diferencia de la segunda etapa donde la aplicación de Biozyme PP tuvo la media más alta con 27.16 cm. Los mayores resultados tanto en este experimento realizado con *Pinus cembroides* y como en el anterior, se obtuvieron con las diferentes presentaciones de Biozyme, esto se debe a que estos productos presentan dentro de sus ingredientes activos ácido giberélico una giberelina que ayuda a la elongación celular, ácido indolacético una auxina que ayuda a mantener la dominancia apical y zeatina una citocinina que ayuda a promover la división celular, comprobando lo dicho por Davis (2004) y Azcón-Bieto y Talón (2008) sobre estas fitohormonas, además, también se debe que las dosificaciones en las dos especies se asume que fueron las correctas ya que para activar los procesos fisiológicos cada especie tiene su nivel de requerimiento de hormonas.

Cuadro 16. Medias de incremento en altura por tipo de producto.

Tratamientos	Incremento en altura (cm)	Agrupación Tukey
B2	22.00	A
B3	20.28	A
B1	19.81	A
B4	18.00	A
B5	17.67	A

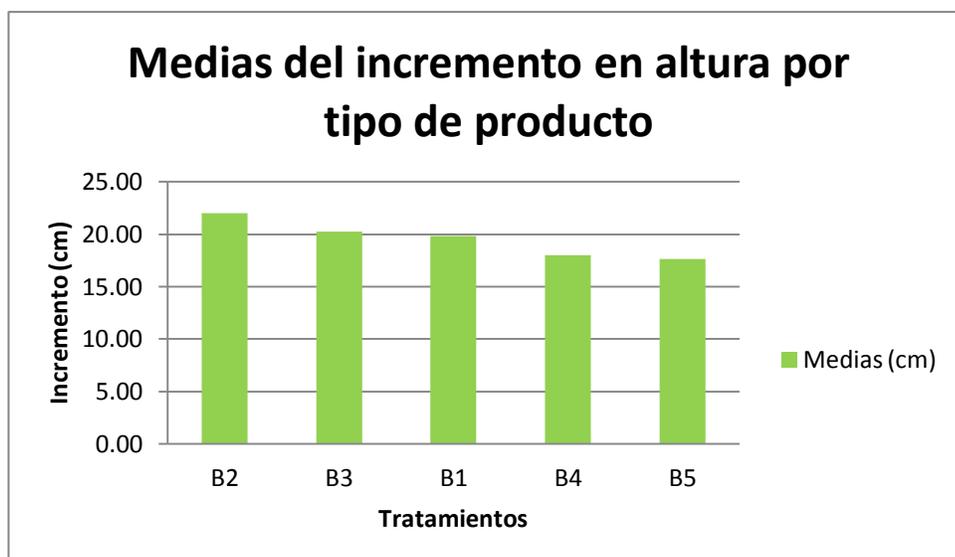


Figura 13. Medias de incremento en altura por tipo de producto.

4.2.3.2 Incremento en diámetro de copa por tipo de producto

Los valores más altos al evaluar esta variable se obtuvieron con el B4 con una media de 13.94 cm, seguido por el B1 con una media de 12.86 cm. Los resultados más bajos se obtuvieron con el B5 y B2 con medias iguales de 9.72 cm (Cuadro 17 y Figura 14).

Según los resultados obtenidos por Dorantes (2011) en *Pinus greggii* en la primera etapa de su estudio la aplicación de Biozyme TS obtuvo la media más alta con 33.08 cm y en la segunda etapa la aplicación de Biozyme PP fue lo que mostró los mayores resultados con una media de 12.02 cm. Los resultados obtenidos en este estudio con *Pinus cembroides* son iguales con el estudio anterior en la primera etapa en cuanto al producto, pero diferentes en la segunda etapa; aún así los mayores resultados los siguen arrojando los productos de Biozyme, ya que estos productos presentan dentro de sus ingredientes activos ácido giberélico, comprobando lo dicho por Davis (2004) y Azcón-Bieto y Talón (2008) sobre estas fitohormonas.

Cuadro 17. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de producto.

Tratamientos	Incremento en altura (cm)	Agrupación Tukey
B4	13.94	A
B1	12.86	A
B3	10.53	A
B5	9.72	A
B2	9.72	A

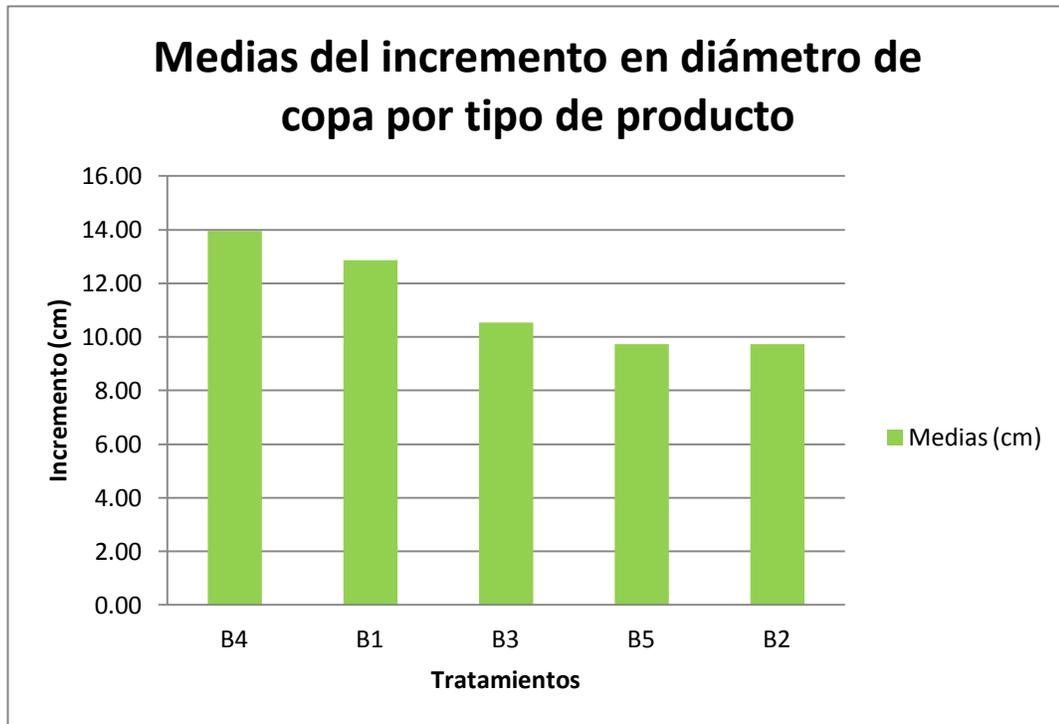


Figura 14. Medias de incremento en diámetro de copa por tipo de producto.

4.2.3.3 Número de brotes por tipo de producto

Los valores más altos en la evaluación de esta variable se obtuvieron con el B2 con una media de 2.26 brotes por árbol, seguido por el B4 con una media de 1.07 brotes por árbol. Los peores resultados se obtuvieron con el B5 con una media de 0.67 brotes por árbol (Cuadro 18 y Figura 15).

Los resultados obtenidos en el estudio hecho por Dorantes (2011) en *Pinus greggii* son diferentes a los obtenidos en este estudio con *Pinus cembroides*, ya que en la primera etapa obtuvo sus valores más altos con la aplicación de Biozyme PP, con una media de número de brotes por árbol de 3.18, a diferencia de la segunda etapa donde sin la aplicación de hormonas se obtuvo la media más alta de número de brotes por árbol con 5.07. En cambio, en el presente estudio los mayores resultados se obtuvieron con el Biozyme TF debido a que es uno de los productos que contiene más ácido indolacético, una auxina que ayuda a la división celular y Zeatina, una citocinina

que también promueve la división celular, comprobando lo dicho por Davis (2004) y Azcón-Bieto y Talón (2008) sobre estas fitohormonas, además, la dosificación de este producto fue la correcta para esta especie en esta variable, ya que la diferencia entre medias es grande, solo entre los dos primeros lugares hay una superioridad del B2 con 211.21 % y con el último lugar una diferencia de 337.31 % (Cuadro 18 y Figura 14).

Cuadro 18. Medias del número de brotes por producto.

Tratamiento	No. de brotes	Agrupación Tukey
B2	2.26	A
B4	1.07	A
B3	0.89	A
B1	0.81	A
B5	0.67	A

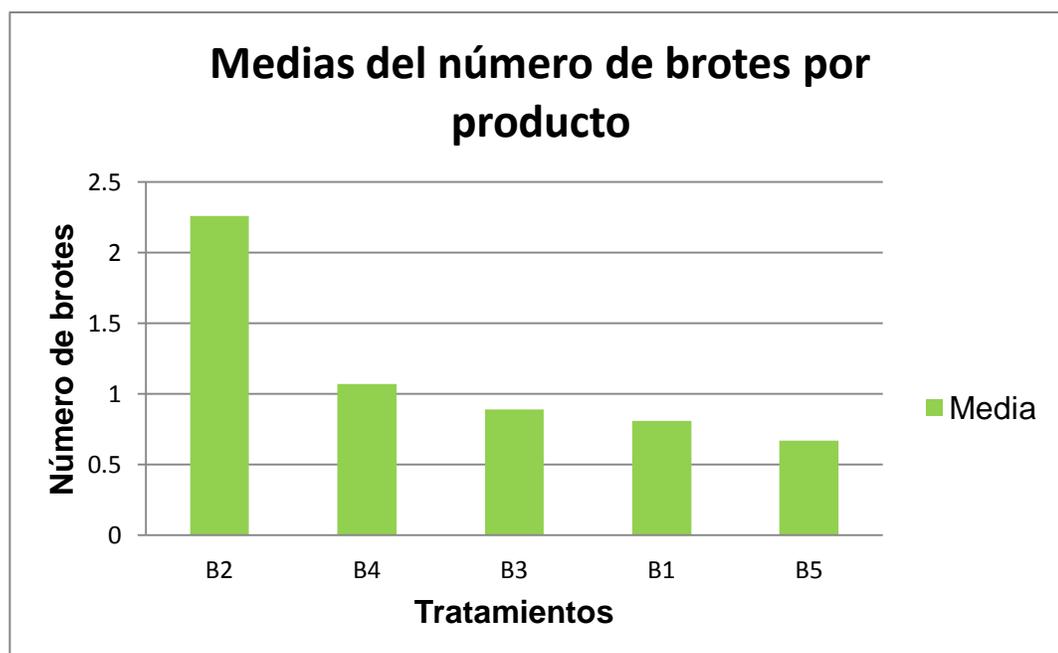


Figura 15. Medias del número de brotes por producto.

4.2.3.4 Longitud de brotes por tipo de producto

Los mayores resultados al evaluar esta variable se obtuvieron con el B2 con una media de 2.42 cm de longitud, seguido por el B1 con una media de 2.31 cm. Los menores resultados se obtuvieron con el B5 con una media de 1.06 cm de longitud (Cuadro 19 y Figura 16).

Los resultados obtenidos por Dorantes (2011) en *Pinus greggii* son diferentes a los obtenidos en este estudio con *Pinus cembroides*, ya que en las dos etapas la aplicación de ácido giberélico, fue el que presentó las medias más altas con 8.04 y 10.01 cm, respectivamente; por el contrario este tratamiento en este estudio fue el que presentó los valores más bajos. En el presente trabajo los valores más altos se obtuvieron con la aplicación de Biozyme TF ya que es uno de los productos que contiene mayor cantidad de ácido giberélico, que promueve la elongación celular, comprobando lo dicho por Davis (2004) y Azcón-Bieto y Talón (2008) sobre esta fitohormona.

Cuadro 19. Medias de longitud de brotes por producto.

Tratamiento	Media (cm)	Agrupación Tukey
B2	2.42	A
B1	2.31	A
B4	1.97	A
B3	1.31	A
B5	1.06	A

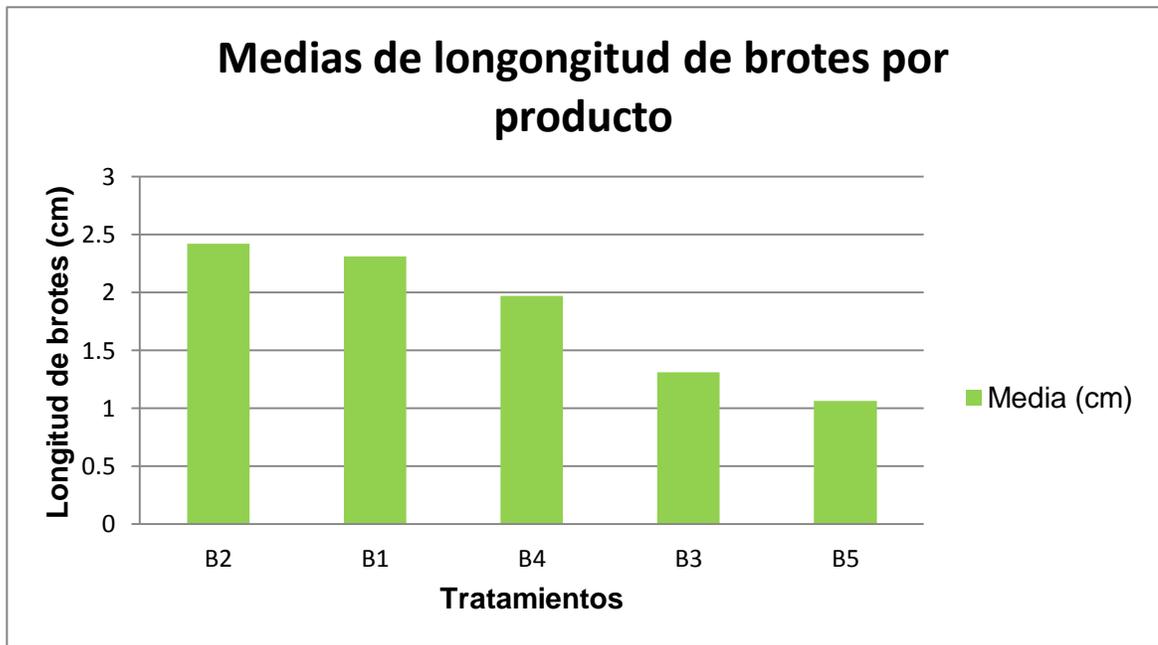


Figura 16. Medias de longitud de brotes por producto.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis estadístico que se realizó en el presente trabajo y a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula (no existen diferencias estadísticas en el efecto de los productos hormonales de crecimiento, así como en el efecto de las podas de conformación en el crecimiento de *Pinus cembroides*) y se rechaza la alternativa, además, se concluye lo siguiente.

En la primera etapa del estudio no hubo diferencias estadísticas por tratamiento en las variables número de brotes y longitud de brotes. Sin embargo, el tratamiento donde se realizó la poda de líder del tallo y aplicación de Biozyme TS, presentó la media mayor, con 6.6 brotes por árbol y el testigo con solo poda, presentó una media de 3.9 brotes. En la variable longitud de brotes, los tratamientos que presentaron los mayores resultados fueron donde se efectuó poda de líder del tallo y aplicación de Biozyme TS y poda del líder del tallo, sin aplicación de hormonas, con una media de 8.6 cm, por lo que se concluye que los productos hormonales no estimulan el crecimiento del brote.

En la segunda etapa del experimento no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni entre factores en las variables evaluadas, incremento en altura y en diámetro de copa, número de brotes de ramas, y longitud de brotes. El tratamiento donde se efectuó la poda del líder de ramas y se aplicó Biozyme TF, mostró el mayor valor en la variable incremento en altura, con una media de 26.2 cm, contra 15.2 cm del testigo de poda de despunte de ramas y 20.1 cm del testigo de poda de líder de ramas, ambos sin productos hormonales, por lo que se concluye que el Biozyme TF, tuvo cierto efecto en el incremento en altura. En la variable diámetro de copa, el tratamiento que consistió en la poda del líder de las ramas y ácido giberélico mostró el resultado mayor con una media de 15.4 cm, siendo superior a ambos testigos; en el factor (A) tipo de poda, en la variable incremento en altura, el mejor tratamiento fue donde se realizó la eliminación del líder de las ramas, con una media de 21.56 cm, al igual, que en la variable diámetro de copa con una media de 12.26 cm; en el factor

(B) tipo de producto, en la variable incremento en altura el mejor tratamiento fue donde se realizó la aplicación de Biozyme TF con una media de 22 cm; en diámetro de copa la media mayor fue donde se aplicó de Biozyme TS con 13.94 cm; en las variables número y longitud de brotes donde se aplicó Biozyme TF, con medias de 2.26 brotes por árbol, y 2.42 cm de longitud.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se llega a las siguientes recomendaciones:

- Realizar más pruebas con diferentes dosificaciones de los productos que dieron los mejores resultados, a fin de determinar la dosis óptima, en la que todos los procesos fisiológicos de *Pinus cembroides* Zucc. referidos a la división y elongación celular, sean activados al máximo.
- Probar otras hormonas de crecimiento como son los brasinoesteroides que promueven tanto la división como la elongación celular, para observar que comportamiento tendría esta especie en comparación de las otras hormonas utilizadas.
- La poda del líder se recomienda realizarla después que se desarrolle el brote de primavera para no perder este crecimiento.
- En la poda lateral de despunte de ramas en la variable número de brotes se recomienda la aplicación de Biozyme TF, ya que los resultados obtenidos con este tratamiento casi arrojan diferencias estadísticas, además, la diferencia entre el primero y el segundo lugar es de 211.21 %.
- No se recomienda utilizar el tratamiento donde se aplicó ácido giberélico, debido a los resultados obtenidos.

VII. LITERATURA CITADA

- Álvarez M., J., G. 2009. Tratamientos de poscosecha en árboles de navidad de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.). Revista ciencia forestal en México. 34 (106): 171-190.
- Azcon-Bieto J., y M. Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición. McGRAW-HILL de España, S.A.U. 651 p.
- Bidwell R., G., S. 2002. Fisiología vegetal. Primera edición. A.G.T. Editor, S.A.. México. 784 p.
- Borkowska B., y S. Jankiewicz L. 2003. Citocininas. In: Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Volumen I. Propiedades y acción. Jankiewicz, L.S. (Coor). Ediciones Mundi-Prensa. México. pp: 93-122.
- Chapa B., M., C. 1976. Principales técnicas de cultivo "árboles de navidad". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín divulgatorio No 41. México. 54 p.
- CETENAL. 1975. Carta de Uso del Suelo. G14C43. Saltillo Esc. 1: 50,000. México.
- CETENAL. 1977. Carta Edafológica. G14C43. Saltillo Esc. 1: 50,000. México.
- CONAFOR. 2007. Árboles de Navidad: Cultivo en México. Comisión Nacional Forestal. www.conafor.gob.mx/portal/index.php?s1=9&s2=3 Diciembre 5, 2007.
- CONAFOR. 2009. Plantaciones Forestales Comerciales: Árboles de Navidad (www.Conafor.gob.mx).
- 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, en Saltillo, Coahuila. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Cortés P., A., S. 2010. Crecimiento inicial en una plantación de árboles de navidad tratada con 7 tipos de fertilizantes en Saltillo, Coahuila. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Davies P., J. (2004). The plant hormones: their nature, occurrence and functions. En "Plant hormones". Ed. Davies, P. J. Kluwer Academic Publishers.
- Domínguez R., M., S., A. G. Alpuche S., N. L. Vasco M., y E. P. Molphe B. 2008. Efecto de citocininas en la propagación in vitro de agaves mexicanos. Revista fitotecnia mexicana. 31 (004): 317-322.

- Dorantes R., K., J. (2011). Evaluación del efecto de hormonas reguladoras de crecimiento aplicando dos tipos de podas en *Pinus greggii* Engelm. en Saltillo, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México). 1996. Plantaciones forestales comerciales. México. Boletín informativo Núm. 285. 29 p.
- García A. 1998. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. México. 175 p.
- García Y., L. 2007. Efecto de bioestimulantes de crecimiento en aguacate (*Persea americana*) de vivero. Tesis licenciatura. Instituto Politécnico Loyola. San Cristóbal, República Dominicana.
- González A., J. Raciman., y M. Aguirre. 1999. Hormonas Vegetales. Disponible en <http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/auxinas.htm>.
- Grochowska M., y J. M. Mejía-Muñoz. 2003. Giberelinas. In: Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Volumen I. Propiedades y acción. Jankiewicz, L.S. (Coor). Ediciones Mundi-Prensa. México. pp: 67-92.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). 2000. Carta Geológica G14C33 (Saltillo). Escala 1:50 000. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). 2000. Carta de Vegetación G14C33 (Saltillo). Escala 1:50 000. México.
- INIFAP. 2006. Validación de tecnología para la producción de árboles de navidad en terrenos forestales de la sierra norte y mixteca. Documento Interno. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Jankiewicz L., S., y C. Acosta-Zamudio. 2003. Auxinas. In: Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Volumen I. Propiedades y acción. Jankiewicz, L.S. (Coor). Ediciones Mundi-Prensa. México. pp: 21-66.
- Kubik M., y S. Jankiewicz L. 2003. Ácido Abscísico. In: Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Volumen I. Propiedades y acción. Jankiewicz, L.S. (Coor). Ediciones Mundi-Prensa. México. pp: 145-162.
- Lira S., H. 1994. Fisiología vegetal. Primera edición. Editorial Trillas. México. 227 p.
- Magaña G., E. 1996. Evolución del mercado de árboles de navidad periodo 1980-1995. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Martínez M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas. 361 p.

- Monárrez G., J., C. 2000. Guía para el establecimiento, manejo y comercialización de plantaciones especializadas de árboles de navidad. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- Muñoz G., L. 2010. Efecto del AG4/7 y anillado en la inducción de estructuras reproductivas y crecimiento del brote en árboles juveniles de *Pseudotsuga menziesii*. Tesis maestría. Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Montecillos, Texcoco, México.
- Nájera C., J., A. 2006. Programa de manejo de plantación forestal comercial simplificado. Reg. For. Nal. Secc. 4ª, Libro 1º, Vol. 1, a hojas 142, Num. 493.
- Plich H., y S. Jankiewicz L. 2003. Etileno. In: Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Volumen I. Propiedades y acción. Jankiewicz, L.S. (Coor). Ediciones Mundi-Prensa. México. pp: 257-294.
- Pérez G., F., y J. B. Martínez-Laborde. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 218 p.
- Prieto R., J., A., y E. Merlín B. 2002. Producción de árboles de navidad en regiones semiáridas del norte de México. INIFAP. Folleto técnico número 17. Durango, México. 26 p.
- Robert M., F. 1971. Notas sobre el estudio ecológico fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc en México. Ciencias forestales. Vol. (10). pp: 49-50.
- Rojas G., J., y H. Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Fisiología-Tecnología-Experimentación. Segunda edición. LIMUSA. México. 263 p.
- Saavedra S., G. 2008. Estructura de hormonas vegetales. Revista ciencia ahora. 21: 41-44.
- Salas E., E., R. (2011). Evaluación del Efecto de Cuatro Productos Hormonales Aplicando Dos Tipos de Podas en *Pinus pinceana* Gordon en Saltillo, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- SEMARNAT. 1999. La producción de árboles de navidad en México. Dirección General Forestal. Documento de información al público. 11 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1987. Síntesis Geográfica del Estado de Coahuila. México, D.F. 165 p.
- Silva G., M., H. Gámez G., F. Zavala G., B. Cuevas H., y M. Rojas G. 2001. Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. Ciencia UANL. IV (001): 69-75.

- Tzanahua S., J. 2006. Fertilización en tres plantaciones de árboles de navidad en *Pinus cembriodes* Zucc., en el Noreste de México. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Vázquez P., F. 2005. Inducción del crecimiento del cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) mediante aplicación de fitorreguladores. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Weaver R., J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Primera edición. Editorial Trillas, México. 622 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza y prueba de Tukey para evaluar las medias del número de brotes y longitud brotes por tratamiento (Primera etapa).

Variable dependiente: Medición 1 del número de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	43.6	10.9	0.71	0.6045
Error	10	153.93	15.39		
Total corregido	14	197.53			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.22	165	3.92	2.38		

Prueba de Tukey para Medición 1 del número de brotes.

Tratamiento	N	Media	Agrupación Tukey
1	3	4.56	A
2	3	4.22	A
5	3	1.44	A
4	3	1.44	A
3	3	0.22	A

Variable dependiente: Medición 1 de la longitud de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	19.06	4.76	0.61	0.66
Error	10	77.96	7.8		
Total corregido	14	97.01			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.2	150.89	2.79	1.85		

Prueba de Tukey para Medición 1 de la longitud de brotes.

Tratamiento	N	Media (cm)	Agrupación Tukey
1	3	3.6	A
2	3	2.3	A
5	3	1.92	A
4	3	1.2	A
3	3	0.22	A

Variable dependiente: Medición 2 del número de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	61.14	15.29	0.7	0.61
Error	10	218.37	21.84		
Total corregido	14	279.51			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.22	122.97	4.67	3.8		

Prueba de Tukey para Medición 2 del número de brotes.

Tratamiento	N	Media	Agrupación Tukey
1	3	6.56	A
2	3	4.89	A
5	3	3.89	A
4	3	3.22	A
3	3	0.44	A

Variable dependiente: Medición 2 de la longitud de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	51.55	12.89	0.52	0.72
Error	10	245.5	24.55		
Total corregido	14	297.05			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.17	116.43	4.95	4.25		

Prueba de Tukey para Medición 2 de la longitud de brotes.

Tratamiento	N	Media (cm)	Agrupación Tukey
1	3	6.89	A
5	3	4.83	A
2	3	4.33	A
4	3	4.11	A
3	3	1.11	A

Variable dependiente: Medición final del número de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	61.21	15.3	0.68	0.62
Error	10	225.19	22.52		
Total corregido	14	286.4			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.21	122.73	4.75	3.87		

Prueba de Tukey para Medición final del número de brotes.

Tratamiento	N	Media	Agrupación Tukey
1	3	6.56	A
2	3	5	A
5	3	3.89	A
4	3	3.44	A
3	3	0.44	A

Variable dependiente: Medición final de la longitud de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	77.93	19.48	0.58	0.68
Error	10	335.43	33.54		
Total corregido	14	413.36			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.19	116.09	5.79	4.99		

Prueba de Tukey para Medición final de la longitud de brotes.

Tratamiento	N	Media (cm)	Agrupación Tukey
1	3	8.56	A
5	3	5.61	A
2	3	4.89	A
4	3	4.44	A
3	3	1.44	A

Apéndice 2. Análisis de varianza y prueba de Tukey para evaluar las medias del en altura y diámetro de copa por tratamiento (Segunda etapa).

Variable dependiente: Incremento en altura.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	9	0.03	0.003	0.92	0.53
Error	20	0.06	0.003		
Total corregido	29	0.09			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.29	28.99	0.06	0.2		

Prueba de Tukey para el incremento en altura.

Tratamiento	N	Media (m)	Agrupación Tukey
7	3	0.26	A
6	3	0.21	A
9	3	0.21	A
3	3	0.21	A
10	3	0.2	A
8	3	0.2	A
1	3	0.19	A
2	3	0.18	A
4	3	0.15	A
5	3	0.15	A

Variable dependiente: Incremento en altura en porcentaje.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	9	79.47	8.83	0.59	0.79
Error	20	299.82	14.99		
Total corregido	29	379.29			
R-cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.21	27.58	3.87	14.04		

Prueba de Tukey para el incremento en altura en porcentaje.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
7	3	17.31	A
6	3	15.55	A
3	3	15.18	A
1	3	14.64	A
8	3	13.98	A
2	3	13.75	A
9	3	13.5	A
10	3	12.83	A
4	3	12.07	A
5	3	11.56	A

Variable dependiente: Incremento en diámetro de copa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	9	0.02	0.003	1.24	0.32
Error	20	0.04	0.002		
Total corregido	29	0.07			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.36	40.42	0.05	0.11		

Prueba de Tukey para el incremento en diámetro de copa.

Tratamiento	N	Media (m)	Agrupación Tukey
6	3	0.15	A
9	3	0.15	A
7	3	0.13	A
4	3	0.13	A
5	3	0.12	A
3	3	0.11	A
1	3	0.1	A
8	3	0.1	A
10	3	0.08	A
2	3	0.06	A

Variable dependiente: Incremento en diámetro de copa en porcentaje.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	9	570.74	63.42	2.13	0.08
Error	20	594.2	29.71		
Total corregido	29	1164.94			
R-cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.49	37.59	5.45	14.5		

Prueba de Tukey para el incremento en diámetro de copa en porcentaje.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
6	3	20.07	A
4	3	19.9	A
9	3	18.78	A
5	3	16.7	A
7	3	15.42	A
1	3	14.09	A
3	3	13.81	A
8	3	10.65	A
10	3	8.29	A
2	3	7.29	A

Apéndice 3. Análisis de varianza y prueba de Tukey para evaluar las medias de crecimiento por factor.

Variable dependiente: Incremento en altura.

Fuente de variación	Grados libertad	Error Tipo I	Cuadrado medio	F	Pr > F
Poda	1	0.01	0.01	3.76	0.07
Producto	4	0.008	0.002	0.59	0.68
Poda*prod	4	0.007	0.002	0.54	0.71

Prueba de Tukey para incremento en altura (Factor A).

Podas	N	Media (m)	Agrupación Tukey
2	15	0.22	A
1	15	0.18	A

Prueba de Tukey para incremento en altura (Factor B).

Producto	N	Media (m)	Agrupación Tukey
2	6	0.22	A
3	6	0.2	A
1	6	0.2	A
4	6	0.18	A
5	6	0.18	A

Variable dependiente: Incremento en diámetro de copa.

Fuente de variación	Grados libertad	Error Tipo I	Cuadrado medio	F	Pr> F
Poda	1	0.002	0.002	1.15	0.3
Producto	4	0.009	0.002	1.07	0.4
Poda*prod	4	0.01	0.003	1.44	0.26

Prueba de Tukey para incremento en diámetro de copa (Factor A).

Podas	N	Media (m)	Agrupación Tukey
2	15	0.12	A
1	15	0.1	A

Prueba de Tukey para incremento en diámetro de copa (Factor B).

Producto	N	Media (m)	Agrupación Tukey
4	6	0.14	A
1	6	0.13	A
3	6	0.11	A
5	6	0.1	A
2	6	0.1	A

Apéndice 4. Análisis de varianza y prueba de Tukey para evaluar las medias de número y longitud de brotes por tratamiento (Segunda etapa).

Variable dependiente: Número de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	4.95	1.24	3.5	0.05
Error	10	3.53	0.35		
Total corregido	14	8.48			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.58	52.09	0.59	1.14		

Prueba de Tukey para el número de brotes.

Tratamiento	N	Media (cm)	Agrupación Tukey
2	3	2.26	A
4	3	1.07	A
3	3	0.89	A
1	3	0.81	A
5	3	0.67	A

Variable dependiente: Longitud de brotes.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Modelo	4	4.4	1.1	1.11	0.4
Error	10	9.9	0.99		
Total corregido	14	14.3			
R- cuadrada	C.V.	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.31	54.87	0.99	1.81		

Prueba de Tukey para la longitud de brotes.

Tratamiento	N	Media (cm)	Agrupación Tukey
2	3	2.42	A
1	3	2.31	A
4	3	1.97	A
3	3	1.31	A
5	3	1.06	A