

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



**Evaluación del Efecto de Cuatro Productos Hormonales
Aplicando Dos Tipos de Podas en *Pinus pinceana* Gordon en
Saltillo, Coahuila**

Por:

ERI ROSEMBERG SALAS ESCALANTE

TESIS PROFESIONAL

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación del Efecto de Cuatro Productos Hormonales
Aplicando Dos Tipos de Podas en *Pinus pinceana* Gordon en
Saltillo, Coahuila

POR:

ERI ROSEMBERG SALAS ESCALANTE

TESIS PROFESIONAL

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:

Asesor Principal



M.C. José Armando Nájera Castro

Coordinador de la División de
Agronomía



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
División de Agronomía



Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Evaluación del Efecto de Cuatro Productos Hormonales
Aplicando Dos Tipos de Podas en *Pinus pinceana* Gordon en
Saltillo, Coahuila**

POR:

ERI ROSEMBERG SALAS ESCALANTE

TESIS PROFESIONAL

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:



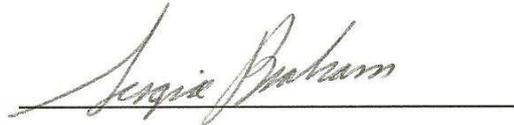
M.C. José Armando Nájera Castro

Asesor Principal



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Asesor



Ing. Sergio Braham Sabag

Asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2011.

DEDICATORIA

A mis padres *Consuelo Escalante López* y *Noé Salas Pérez* por darme la vida y su amor y darme las alas para volar y tener una visión diferente de la vida, por el esfuerzo que han hecho por mi bienestar, educación y formación como profesionalista y por su gran valentía que han demostrado, por esto y por muchas otras cosas, gracias. Todo lo que hago, lo hago pensando en ustedes y este logro se los dedico.

A mis hermanos (as): *Flor, Yuli, Sony, Rubí* y *Oliver* por ser mis grandes amigos, uno de los motivos principales de mi vida y un regalo que la vida me ha dado, por estar ahí en los momentos difíciles, alentarme en momentos difíciles y darme sus buenos deseos y consejos. Sin ustedes no hubiese sido posible este dar este gran paso en mi vida, gracias hermanos(as).

A mis sobrinos (as), por ser uno de los motivos por el cual luchar y ganar, ya que superé obstáculos gracias a ellos, pensando en ser un hombre ejemplar.

A mis tíos (as) y abuelos, por enseñarme a soñar y a tener ese coraje de lograr los propósitos de la vida y siempre sus consejos se hicieron presentes cuando más los necesitaba.-

A mis cuñados por contagiarme siempre de su fuerza y constancia, a enseñarme a no darme por vencido y sus exhortaciones de cómo enfrentar los problemas.

A mis amigos (as) por darme sus palabras alentadoras y sus buenos deseos, en especial a mi estimado *Ciro Ramírez Díaz*, ya que fui contagiado con su espíritu triunfador y alentador, sin ello no hubiese sido posible este paso en mi vida. Así también a las personas que mediante una oración al Creador me incluyeron en sus oraciones, muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre, por ser un motivo y guía en mi vida, por prestarme la vida, todo fue posible gracias a su infinito.

A mi "*Alma Mater*" (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) por acogerme y darme las herramientas necesarias para culminar mi carrera profesional.

Al M.C. José Armando Nájera Castro, por su comprensión y apoyo incondicional para realizar este trabajo de tesis, además de su aporte de conocimiento que me serán de utilidad en la vida.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga por sus comentarios y aportes al presente trabajo además de formar parte de mi formación académica.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por su importante y valiosa ayuda en la revisión y corrección de tesis ya que con ello fue posible la culminación de este trabajo profesional.

A todos mis compañeros de generación, especialmente al "comando pino" (Lalo, Lehovvy, Raúl, el tío Luckie, Edwin y Toño) como también a la banda "piel caliente" (Jairo, Osvaldo, Cesar, Fredy, Juan Carlos) y sin olvidar a las "mataditas" (Angy, Karen, Laura, Yesi, Marichuy, Ale, Vera y Marisol) todas estas bandas mencionadas se portaron bien, dándome su amistad incondicional.

A toda la gente del mágico lugar de Buenavista, les agradezco los momentos de felicidad y el apoyo brindado en el transcurso de mi vida, puesto que sus consejos y los momentos de alegría no los olvidaré jamás.

A mis amigos que me han dado su amistad y compartido experiencias inolvidables, Luver Mazariegos G. y Ervin Morales R. Estando presentes con sus consejos en el momento oportuno, siempre los llevare en mi mente.

Y por último a todos (as) mis profesores (as) que me formaron académicamente desde la primaria hasta esta etapa profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Paginas
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Importancia de los árboles de navidad en México.....	4
2.2 Impacto ecológico.....	5
2.3 Establecimiento de una plantación de árboles de navidad.....	6
2.3.1 Ejecución de la plantación.....	6
2.3.2 Selección de la especie.....	7
2.3.3 Habilitación del terreno.....	8
2.3.4 Preparación del suelo.....	9
2.3.5 Siembra o plantación.....	10
2.4 Manejo de la plantación.....	11
2.4.1 Especies no deseables.....	11
2.4.2 Riego.....	11
2.4.3 Control de plagas y enfermedades.....	12
2.4.4 Fertilización.....	13
2.5 Podas de árboles de navidad.....	14
2.5.1 Poda líder de tallo.....	14
2.5.2 Poda lateral.....	15

2.5.3 Poda de yemas.....	15
2.5.4 Poda de ramas basales.....	16
2.5.5 Poda de conformación.....	16
2.6 Hormonas reguladoras de crecimiento.....	16
2.6.1 Auxinas.....	17
2.6.2 Citocininas.....	18
2.6.3 Giberelinas.....	19
2.6.4 Etileno.....	21
2.6.5 Ácido abcísico.....	23
2.7 <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	24
2.7.1 Descripción taxonómica.....	24
2.7.2 Características morfológicas.....	24
2.7.3 Distribución geográfica.....	25
2.7.4 Importancia.....	25
2.8 Trabajos afines.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 Descripción del área de estudio.....	28
3.1.1 Localización.....	28
3.1.2 Clima.....	28
3.1.3 Geología y suelos.....	28
3.1.4 Vegetación.....	30
3.1.5 Fauna.....	30
3.1.6 Uso del suelo.....	31
3.2 Procedimiento y ejecución del experimento.....	31
3.3 Realización de las podas y aplicación de productos hormonales.....	32

3.4 Diseño experimental.....	34
3.5 Parámetros evaluados.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1 Primera etapa del experimento.....	39
4.1.1 Crecimiento en altura.....	39
4.1.2 Crecimiento en diámetro de copa.....	43
4.1.3 Número de brotes.....	47
4.1.4 Longitud de brotes.....	49
4.2 Segunda etapa del experimento.....	50
4.2.1 Crecimiento en altura.....	50
4.2.2 Incremento en diámetro de copa.....	52
4.2.3 Número de brotes.....	53
4.2.4 Longitud de brotes.....	55
4.4 Discusión..	56
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
VI. LITERATURA CITADA.....	61
VII. APÉNDICE.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Distribución de los tratamientos y repeticiones.	32
2 Ingredientes activos e inertes de los productos hormonales utilizados.	32
3 Aplicación de productos y podas de la primera etapa del experimento.	34
4 Aplicación de productos y podas de la segunda etapa del experimento.	34
5 Factores del diseño experimental.	35
6 Tratamientos y dosis de aplicación de la primera etapa experimental.	36
7 Tratamientos y dosis de aplicación de la segunda etapa experimental.	36
8 Fechas de medición de la primera etapa del experimento.	37
9 Fechas de medición de la segunda etapa del experimento.	37
10 Medias de incremento en diámetro de copa por evaluación y total, y agrupación Tukey.	40
11 Medias de crecimiento en diámetro de copa por evaluación y total, y agrupación Tukey.	44
12 Media del número de brotes y la agrupación Tukey por tratamientos de la primera etapa experimental.	48
13 Media de longitud de brotes por tratamientos y agrupación Tukey.	49

14	Medias de la variable incremento en altura y la agrupación Tukey de la segunda etapa experimental.	51
15	Medias de la variable incremento en diámetro de copa y agrupación Tukey por tratamientos de la segunda etapa experimental.	53
16	Medias de la variable número de rebrotes y agrupación Tukey de la segunda etapa experimental.	54
17	Medias de la variable longitud de rebrotes y agrupación Tukey de la segunda etapa experimental.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Poda despunte de rama y poda despunte de yema.	33
2	Tendencia del crecimiento en altura en las tres fechas de medición.	41
3	Incremento de crecimiento en altura de las dos evaluaciones.	42
4	Incremento en altura total por tratamientos en la primera etapa experimental.	43
5	Tendencia del crecimiento en diámetro de copa en las tres fechas de medición.	45
6	Incremento en diámetro de copa de las dos evaluaciones en la primera etapa experimental.	46
7	Incremento en diámetro de copa total por tratamientos de la primera etapa experimental.	47
8	Cantidad de brotes por tratamiento.	48
9	Longitud de brotes por tratamiento.	50
10	Incremento en altura por tratamiento de la segunda etapa experimental.	51
11	Incremento en diámetro de copa por tratamiento de la segunda etapa experimental.	53
12	Media de número de brotes por tratamiento de la segunda etapa experimental.	55
13	Media de longitud de brotes por tratamientos de la segunda etapa experimental.	56

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar el efecto de cuatro productos hormonales disponibles en mercado aplicando dos tipos de podas para acelerar el crecimiento en *Pinus pinceana* Gordon. El experimento se estableció en una plantación de edad de 6 años de edad ubicada en el ejido San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coah. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (2 x 5) resultando 10 tratamientos, con tres repeticiones por tratamiento y con 3 árboles por cada unidad experimental, sumando 90 árboles en total. Dividiendo el experimento en dos etapas, cada etapa usando los mismos producto hormonales y podas pero en dosis diferentes. El resultado para la primera etapa fue negativo puesto que se presentó diferencia estadística en la variable altura en el tratamiento T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)) el cual se le tomo como testigo, y los demás tratamientos que tenían algún producto inhibieron el crecimiento en altura y en diámetro de copa. El T4 (Poda líder de ramas + BIOZIME TS), en la variable longitud de brote fue altamente significativo para ambas etapas, aunque para el mismo tratamiento en la segunda etapa resulto ser el mejor para la variable número de brotes sin inhibir el crecimiento en altura y diámetro de copa. Por otra parte es necesario recalcar que aunque no se obtuvo diferencias estadísticas en diámetro de copa ni en crecimiento en altura que es lo que se esperaba, esta característica inhibidora podría ser utilizado por productores de árboles de navidad que deseen retrasar o mantener estancado el crecimiento de sus árboles, ya que existen productos hormonales como los utilizados en este estudio que inhiben el desarrollo del árbol.

Palabras clave: *Pinus pincena*, hormonas reguladoras de crecimiento, podas, crecimiento vegetativo, árboles de navidad.

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de la gente no piensa en los árboles de navidad hasta noviembre o diciembre, cuando salen a buscar ese árbol perfecto para la familia. Sin embargo, la producción de árboles de Navidad es una industria multimillonaria que requiere esfuerzos de manejo durante todo el año (McCullough y Koelling, 1996).

La Silvicultura del árbol de navidad está muy desarrollada en los países de clima templado; sin embargo, existen experiencias en países tropicales como México, Costa Rica y Colombia en los cuales se producen árboles de buena calidad en periodos cortos (2 a 3 años), en comparación con periodos de 10 a 15 años que necesitan los árboles de otras latitudes (Rojas y Torres, 1989).

Estos árboles son producto del aprovechamiento tanto de bosques naturales como de plantaciones. No obstante que la producción de árboles de navidad contribuye a satisfacer necesidades socioeconómicas de los habitantes del medio rural, ya que genera empleos y recursos económicos a los dueños y poseedores de bosques, se le ha dado poca importancia, lo cual se refleja en los escasos trabajos que se han realizado en lo que se refiere a plantaciones de árboles de navidad. Así mismo, para los predios que no están bajo aprovechamiento persistente de producción maderable, el aprovechamiento de árboles de navidad en estado natural es una alternativa que complementa el ingreso económico del productor (Prieto y Merlín, 2002).

Se ha comprobado que el establecimiento de plantaciones de árboles de navidad es una actividad con grandes posibilidades de desarrollo, con factibilidad financiera aún cuando se desarrolla en pequeña escala, ya que permite utilizar terrenos agrícolas y urbanos desocupados temporalmente (SEMARNAT, 2000).

Esta actividad se está convirtiendo en una alternativa para el desarrollo sustentable, al reconvertir terrenos de baja productividad agropecuaria y de clara vocación forestal a su uso original. Además, está probando ser un negocio

agropecuario muy rentable y, por tanto, una alternativa viable para detener el cambio de uso del suelo de rural a urbano (CONAFOR, 2009).

El éxito de las plantaciones forestales está en función de factores ambientales; entre los que más destacan está la disponibilidad de nutrientes en el sitio y las hormonas propias de la planta que produce para su desarrollo. Estos factores antes mencionados se dan de forma natural, sin embargo estos aspectos pueden ser modificados por el hombre, obteniendo así un cambio en el metabolismo rápido de la planta mediante la utilización del avance tecnológico en el ramo silvoagícola, particularmente lo relativo a las hormonas reguladoras de crecimiento producida de manera artificial.

En México se ha tenido poco interés en la aplicación de hormonas reguladoras de crecimiento en árboles de navidad y otros estudios relacionados como la aplicación de diferentes tipos de podas, para mejorar la calidad del producto y su obtención en un menor tiempo, ya que se le ha dado mayor importancia en cultivos agrícolas.

Pinus pinceana Gordon, cuenta con las características necesarias para ser el árbol perfecto de navidad, pero no se cuenta con información disponible sobre el manejo de ésta, principalmente en la aplicación de podas y empleo de hormonas vegetales, lo cual presenta incertidumbre sobre el tiempo real en que se producirá un árbol de calidad, ni de como acelerar su crecimiento para acortar el turno de producción; es por ello que se planteó la realización de este estudio de plantaciones comerciales con esta especie.

1.1 Objetivos

Los objetivos planteados en el presente estudio son:

Objetivo general

Determinar el efecto de cuatro diferentes productos hormonales disponibles en el mercado, en combinación con la aplicación de dos diferentes tipos de poda, para acelerar el crecimiento en *Pinus pinceana* para la producción de árboles de navidad.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto simple y combinado de dos tipos de podas y cuatro productos hormonales, en la cantidad y crecimiento de brotes.
2. Determinar el efecto simple y combinado de dos tipos de podas y cuatro productos hormonales, en el crecimiento en altura y diámetro de copa.

1.2 Hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en el efecto simple y combinado del producto hormonal y de las podas en la cantidad y crecimiento de los rebrotes, ni en la altura y diámetro de copa en *Pinus pinceana* Gordon.

Ha: Existen diferencias significativas en el efecto simple y combinado del producto hormonal y de las podas en la cantidad y crecimiento de los rebrotes, ni en la altura y diámetro de copa en *Pinus pinceana* Gordon.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de los árboles de navidad en México

Las primeras plantaciones para la producción de árboles de navidad en México se establecieron en la década de los setenta, aunque la mayor parte de este agronegocio se desarrolló a finales de la década de los noventa (CONAFOR, 2009).

En la actualidad existen en nuestro país un poco más de 500 proyectos de plantaciones forestales comerciales especializadas en el cultivo de árboles de navidad, de los cuales 22% ya está en producción. La superficie plantada, es de aproximadamente mil 750 hectáreas en 14 estados, destacando el Estado de México con 800 ha; el Distrito Federal con 220 ha; Guanajuato con 210 ha, Veracruz con 195 ha; Michoacán 130 y Puebla con 100 ha. El resto se distribuyen en Nuevo León, Morelos, Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas y otras entidades (CONAFOR, 2009).

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 naturales por año y se importan aproximadamente un millón de unidades principalmente de Estados Unidos y Canadá (Álvarez, 2009).

Adicionalmente, gracias a los apoyos que proporciona la CONAFOR, se espera que la superficie plantada con árboles de navidad, crezca, con lo que se podría abastecer el mercado nacional y exportar los excedentes hacia el mercado centroamericano e, incluso al sur de Estados Unidos. Asimismo, como consecuencia de una cada vez mayor producción anual se espera que los precios por unidad se reduzcan para que el consumo de árboles de navidad naturales se masifique sin afectar las ganancias de los plantadores ya que la relación ingreso-costo actualmente es superior al 300 % (CONAFOR, 2009).

2.2 Impacto ecológico

La producción de árboles de navidad permite reincorporar al uso forestal los terrenos que carecen de cubierta arbórea o que son objeto de actividades agropecuarias de baja productividad y de mínima o nula rentabilidad. Las plantaciones comerciales capturan carbono a través de la fotosíntesis, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático global y a la disminución del efecto de invernadero. El cultivo de árboles de navidad permite además desalentar la extracción clandestina de árboles pequeños de los bosques (CONAFOR, 2009).

Los árboles de navidad naturales, una vez utilizados, pueden ser transformados en abono orgánico (composta) y reincorporarlos al suelo, manteniendo así la capacidad productiva de las áreas verdes en las grandes ciudades. El plástico, en cambio, no es biodegradable y su proceso de producción es altamente contaminante.

En los Estados Unidos, la NCTA (National Association of Christmas Trees), subraya los beneficios ambientales de la cría de árboles de navidad, especialmente en comparación a la alternativa de los árboles artificiales. La NCTA afirmó que cada acre de árboles de navidad producía el requerimiento diario de oxígeno para 18 personas. Con 500,000 acres (2,000 km²) se produciría oxígeno para 9 millones de personas por día. La NCTA también afirmó que las plantaciones ayudan a estabilizar el suelo, protegen las reservas de agua y proveen hábitats para la vida salvaje. Además, la organización hace énfasis en la reducción del dióxido de carbono a través del cultivo de árboles de navidad. También se ha argumentado en contra de los árboles de navidad naturales que su replantación posterior, de ser realizada, suele tener muy poco éxito. Por otro lado, también se ha dicho que los árboles artificiales implican la utilización de recursos no renovables, como metal y plástico, además de que su fabricación involucra gastos energéticos, procesos químicos y generación de residuos.

Los árboles de navidad evitan la erosión del suelo pues al crecer sus raíces, éstas se estabilizan y hacen lo mismo con la tierra. Además de estabilizarlo, lo

nutren, ya que después de ser cortados, las raíces y el tronco restante terminan pudriéndose. Además, todas las ramas y hojas que se desprenden del árbol durante su periodo de crecimiento se convierten en materia orgánica que también contribuye a la nutrición del suelo. El cultivo de árboles de navidad beneficia también a los animales, especialmente aves, aunque igualmente otros animales se ven beneficiados indirectamente pues se alimentan de algunos animales, como roedores, que viven en los árboles, o de la hierba que crece alrededor de ellos (Koelling *et al.*, 1998).

2.3 Establecimiento de una plantación de árboles de navidad

Para hacer máxima la calidad y la productividad, debe enfocarse cada componente de la producción de árboles de navidad. Si se falla en estimar o en manejar apropiadamente cualquier aspecto, esto resultará en dificultades de manejo, deformaciones, poca ramificación y problemas de plagas o producción de árboles de baja calidad que son difíciles de vender en mercados competitivos (McCullough y Koelling, 1996).

2.3.1 Ejecución de la plantación

En general el éxito de una plantación forestal con distintos fines, es consecuencia de una buena planeación y una buena ejecución. La mayor parte de los fracasos en el establecimiento de las plantaciones forestales deriva de la falta de uno o más de los elementos de acto racional, intencional y consiente. El deseo de alcanzar el objetivo implica que se requiere hacer bien las cosas en el primer intento (Capo, 2001).

En todos los casos se debe seguir un proceso bien definido de lo que se requiere obtener de una plantación para lograr obtener el producto deseado, pero el cuidado en el proceso del establecimiento y manejo de la plantación estará siempre en función de los objetivos y propósitos planteados.

2.3.2 Selección de la especie

No todas las especies usadas para la producción comercial de árboles de navidad crecen igualmente bien en todos los sitios y factores tales como la fertilidad y la textura del suelo, su disponibilidad de agua, aireación y los drenajes, precipitación, clima afectarán en general el crecimiento y la calidad de los árboles. Especies que son sembradas "fuera de su lugar" frecuentemente experimentarán condiciones estresantes; todos estos factores deben ser óptimos para la especie a plantar, de lo contrario no crecerá al ritmo natural de desarrollo y hay mayor probabilidad de que estos árboles sean atacados por plagas, insectos o enfermedades y tendrán menos probabilidades de tolerarlas o de recuperarse del daño de las mismas (McCullough y Koelling, 1996).

Las características del sitio indican la factibilidad de plantarlo con éxito, además definen el propósito de la plantación, así como las especies y técnicas adecuadas. Los árboles al igual que los cultivos agrícolas, también requieren ciertas condiciones mínimas para sobrevivir y para crecer bien; si es necesario aún establecer plantaciones forestales en terrenos agrícolas debe de hacerse, más si el objetivo de la plantación es para producción de árboles de navidad (Galloway y Borgo, 1984).

Elegir una especie que sobreviva y crezca bien en un área determinada es extremadamente importante, y es a menudo una decisión difícil para el productor de árboles de navidad. La combinación de las condiciones del suelo, de los factores topográficos, de los factores climáticos y de los agentes bióticos que prevalecen en un área constituye los factores del sitio que, junto con los requerimientos ecológicos de las especies, se debe considerar cuidadosamente para asegurar el establecimiento, la supervivencia y el crecimiento adecuado de la plantación (Brown *et al.*, 1999).

En la selección de la especie para árboles de navidad se debe tomar en cuenta las características demandadas por el consumidor; también en la adaptabilidad de la especie en el terreno donde se plantara; la velocidad de

crecimiento, para tener en cuenta el turno de aprovechamiento, vulnerabilidad a plagas y enfermedades, ya que hay especies muy susceptibles a ser atacados, y por último, la calidad en el empaquetado, por motivos de transporte ya que hay especies muy abultadas y muy rígidas.

En general, las especies de coníferas siempre verdes tienen un gran potencial como árboles de navidad, debido a que llenan los requisitos de especie, calidad, tradición, disponibilidad, valores intangibles de cada individuo y las preferencias regionales de venta.

2.3.3 Habilitación del terreno

En sitios donde ha habido ganado por tiempo prolongado, los suelos se han compactado. La compactación reduce la aireación del suelo, la capacidad de infiltración del agua y la penetrabilidad por las raíces, en tales sitios habría que invertir más para su preparación; esta problemática elevaría los costos de producción de árboles (Galloway y Borgo, 1984).

La vegetación de otras especies distintas, tanto arbóreas como no arbórea presente en el sitio de plantación, son potencialmente competidores por agua, luz y minerales (Capo, 2001).

La eliminación de la vegetación se puede hacer de diversas maneras, a saber, mecánica, manual y herbicida. El control químico puede que sea la mejor opción, ya que disminuye el problema del rebrote indeseable en áreas susceptibles a la erosión; la vegetación muerta muchas veces actúa como una capa de mantillo, reduciendo la intensidad de la erosión y además no representa una competencia para la plantación forestal, aunque en zonas muy secas tal materia muerta contribuye al riesgo de incendio (Chapman y Allen, 1978).

2.3.4 Preparación del suelo

En el pasado, las plantaciones de árboles de navidad algunas veces eran establecidas con poca o sin ninguna preparación del sitio, excepto por la remoción de vegetación arbustiva que fuera competencia. La supervivencia y el éxito de estas plantaciones resultaron de una mezcla de factores. Donde la preparación del sitio era mínima, los pinos eran más fáciles de producir que las píceas y los abetos. Las modernas operaciones de árboles de navidad a menudo hacen mucho esfuerzo en actividades de preparación del sitio incluyendo laboreo del suelo, uso de cultivos de cobertura y mejoramiento de la fertilidad del suelo. Estos esfuerzos son recompensados con mayor supervivencia de las plántulas, menos problemas de plagas en los árboles jóvenes, crecimiento inicial más rápido y un aumento general en la calidad de los árboles (McCullough y Koelling, 1996).

Se considera que las plantaciones forestales comerciales es un cultivo agrícola al igual que el maíz, la papa y otros cultivos, ya que crecen mejor cuando no compiten con la maleza por agua, sol y nutrientes y cuentan con condiciones favorables de suelo. Así, se han desarrollado ciertas técnicas para la preparación del sitio que ayudan a la supervivencia y productividad de las plantaciones (Galloway y Borgo, 1984).

La eliminación de la vegetación, barbecho y remoción del suelo son las más adecuadas para obtener una plantación de éxito. Se elimina la vegetación para evitar la competencia y en lo que se refiere a la remoción del suelo es para que haya aireación, penetración de las raíces y aprovechamiento de nutrientes. Estas actividades se pueden realizar con maquinaria o manualmente; esto dependerá de la extensión de la plantación o de los recursos con que se cuenta.

Muchas especies de árboles que pueden ser usados como de navidad, pueden crecer en terrenos sin drenaje y sin preparación, pero como consecuencia se presentan problemas durante el desarrollo de la plantación (Chapa, 1976; Alm, 1994).

2.3.5 Siembra o plantación

Esta labor debe efectuarse al inicio de la época lluviosa. Se elimina la bolsa y el arbolito se coloca en forma vertical en el hoyo. No se deben enterrar hojas ni dejar fuera las raíces. Finalmente se compacta el suelo alrededor del arbolito y este se amarra con una cinta plástica a su tutor. Junto a esta labor se efectúa la fertilización granular y superficial alrededor del árbol (Torres y Rojas, 2008).

Las plantas se colocan cuidadosamente en la cepa, se agrega suelo y se aprieta alrededor del sistema de raíces, para eliminar las bolsas de aire. Cuando no se apisona el suelo alrededor del sistema de raíces se puede ocasionar la muerte del brinjal. En caso de que el terreno se haya subsolado, debe plantarse sobre las líneas subsoladas para facilitar la plantación y el rápido establecimiento de las plántulas. Es necesario mantener la línea de plantado libre de malezas mediante la aplicación de herbicidas apropiados y el chaponeo en medio de las líneas de plantación (Lindstrom *et al.*, 1997)

La muerte de algunos arbolitos luego de la siembra es normal. Generalmente, la mortalidad no supera el 10%. Por lo tanto, un mes después de ésta se procede a la revisión de todo el material plantado y se eliminan y sustituyen los arbolitos muertos (Torres y Rojas, 2008).

La mayoría de las plantaciones de árboles de navidad se establecen usando máquinas sembradoras. En sitios adversos las plántulas pueden ser sembradas a mano y las resiembras en plantaciones donde ocurrió mortalidad en los años anteriores también se hacen a mano. Casi todos los productores siembran plántulas de 2 a 4 años, o de 3 a 5 años, desde comienzos hasta mediados de la primavera (McCullough y Koelling, 1996).

2.4 Manejo de la plantación

El trabajo en una plantación forestal para árboles de navidad no termina con la plantación en sí. A fin de lograr buenos resultados es preciso brindarle atenciones y cuidados especiales durante todo el periodo de desarrollo dentro de los límites económicos razonables. En caso de ser necesario aplicar riegos de auxilio, eliminación de la vegetación que puede ser competencia, control de plagas y enfermedades, control de incendios, podas, aplicación de hormonas para regular su desarrollo y por último la fertilización (Landren y Douglas, 1993).

2.4.1 Especies no deseables

Un plan oportuno y efectivo de control de plantas fuera de sitio (malezas) es básico para proyectos de esta índole. En nuestras condiciones se requiere al menos de tres limpiezas manuales o mecánicas. Para favorecer el desarrollo y forma del árbol desde la base, es conveniente la limpieza a su alrededor, labor a ser efectuada con pala o machete (Torres y Rojas, 2008).

Las malezas reducen la calidad de los arboles debido a la competencia por agua y nutrientes del suelo, provocan sombreado y suprimen el crecimiento de las plántulas, propician la presencia de plaga, enfermedades e incendios. El control puede ser manual 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 puede provocar la compactación del suelo y reducir el crecimiento y calidad del árbol. El uso constante de agroquímicos puede tener como resultados la tolerancia de la maleza a ese tipo de agroquímicos (Landren y Douglas, 1993).

Por lo anterior expuesto se sugiere alternar dos tipos de chaponeo, el químico y manual, y así tener éxito en la eliminación de la maleza.

2.4.2 Riego

Lejos de pretender establecer un sistema de riego en la plantación, lo que se debe asegurar es que los arbolitos reciban un riego periódico, garantizando la

humedad necesaria tanto en el suelo como en el follaje, con especial razón en la época seca. Dicha labor, preferiblemente, debe ser complementada con la aplicación de nitrógeno o urea a razón de 30 gramos por árbol cada dos meses, al menos durante el primer año de establecimiento (Torres y Rojas, 2008).

Los cultivos intensivos implican cuidados intensivos, y el riego ha demostrado ser un complemento en la silvicultura de los árboles de navidad (Rojas y Torres, 1989).

A partir de que los árboles se han establecido en el terreno, su mantenimiento es poco demandante, en términos de riegos de auxilio, control fitosanitario y podas de formación sistemáticas (CONAFOR, 2009).

2.4.3 Control de plagas y enfermedades

Cada año entran a México cientos de miles de árboles de navidad de varias especies de coníferas. Los árboles recién cortados provienen de plantaciones establecidas en diferentes estados y provincias de los Estados Unidos de América y Canadá. En el follaje, brotes, ramas y troncos de los árboles viajan diferentes organismos, algunos de posible importancia cuarentenaria para México (Tovar, 2009).

En México, existe una población creciente de empresarios y comunidades que están estableciendo plantaciones de árboles de navidad, cada vez más cerca de las ciudades y de los consumidores. Estos plantadores tienen la preocupación de que organismos exóticos que pueden venir en los árboles se pasen a las plantaciones establecidas y se constituyan en factores limitantes a la producción (Tovar, 2009).

El daño por insectos plagas y enfermedades puede llegar hasta la muerte de ramas o de las guías terminales, y algunas plagas matarán los árboles. La pérdida de agujas o de yemas por las enfermedades o los insectos defoliadores reducirá el crecimiento de los árboles, lo cual resultará en mayores tiempos de

rotación y pérdidas económicas. Probablemente el daño más común causado por las plagas es en lo estético. El valor de un árbol de Navidad se basa en gran parte en la apariencia del árbol y su atractivo para los clientes potenciales. Follaje faltante o muerto, un tallo torcido o pequeñas escamas blancas en el follaje reducirán el valor del árbol o inclusive pueden hacerlo invendible ((McCullough y Koelling, 1996).

La importancia del buen manejo de la plantación y el monitoreo de plagas y enfermedades asegura en su totalidad el éxito de la plantación, ya que las plagas son un factor limitante en la producción ya que si no se combate a tiempo puede resultar una gran pérdida económica.

2.4.4 Fertilización

Se recomienda una fertilización foliar al mes de plantada (SEMARNAP, 1999). Aunque ésta debe estar condicionada al tipo de suelo y al comportamiento de la especie, se recomienda que cada tres meses se efectúe una fertilización de macronutrientes a base de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) hasta el período de corta. Así como la incorporación foliar de elementos menores (multiminerales), cada mes al menos durante el primer año. Con el fin de hacer esta actividad más amigable con el ambiente se prefiere el uso de prácticas de incorporación de productos orgánicos (Torres y Rojas, 2008).

El fertilizante se debe aplicar cuando se hayan controlado los excesos de humedad en el suelo y de vegetación, ya que provocan que los árboles se tornen amarillentos y cloróticos con pobre crecimiento, aun cuando los fertilicen (Landgren y Douglas, 1993).

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 pueden causar problemas, por lo que los análisis de suelo y de follaje ayudan a resolverlos. Se puede considerar el establecimiento de una parcela de observación en el terreno de la plantación en donde algunos árboles sean

fertilizados y otros no, así se puede probar la efectividad de un tratamiento antes de aplicarlo sobre todo el terreno. Los fertilizantes nitrogenados requieren de humedad y temperaturas frescas para moverse a la zona de las raíces del árbol (Landgren y Douglas, 1993)

2.5 Podas en árboles de navidad

La poda es una actividad muy importante en la producción de árboles de navidad, ya que mediante un tratamiento de conformación de la copa del árbol se logra producir un ejemplar con características deseables. La poda tiene por objeto limitar el crecimiento en exceso y dar la forma cónica. Tener árboles moderadamente densos y no tener espacios libres visibles internodales, así como tener ramas con apariencia natural y libre de ramas muertas. La labor de poda tiene varias ventajas como la que permite conformar los árboles de acuerdo con la preferencia de los consumidores. También permite manejar la densidad de ramas, la amplitud de copas y la altura del árbol. Además, estimula la formación de ramas primarias y secundarias a lo largo del tronco principal (FIPRODEFO, 2009).

Los pinos tienen bien marcado su periodo de crecimiento vegetativo, en el cual revientan las yemas apicales y se produce una elongación del tallo, con la cual el árbol crece en altura y consecuentemente las ramas tienen un comportamiento similar. Para frenar ese crecimiento y provocar mayor ramificación es necesario aplicar la poda.

En la producción de árboles de navidad se pueden identificar diferentes tipos de podas:

2.5.1 Poda líder del tallo

Esta labor se hace con la finalidad de incrementar la densidad del follaje y ayudar a conformar árboles en primera instancia, para ello se cortan los crecimientos excesivos del tallo principal o líder y se eliminan los líderes indeseables. Por ejemplo, cuando se desea un árbol abierto se hacen cortes de

líder entre los 35 y 40 centímetros del último verticilo, cuando los arboles tengan crecimiento mayor a esta distancia. Cuando se requiere un árbol denso, que es en la mayoría de los casos, nunca debe dejarse un líder mayor de 25 centímetros del último verticilo (Landgren y Douglas, 1993).

En esta actividad todas las ramas laterales principales se podan desde la yema principal hasta las yemas laterales de la rama, con la finalidad de provocar un estímulo en el crecimiento de las demás ramas desde la base del tallo y provocando más rebrotes nuevos.

2.5.2 Poda lateral

En esta actividad todas las ramas laterales principales se podan desde la yema principal hasta las yemas laterales de la rama, con la finalidad de provocar un estímulo en el crecimiento de las demás ramas desde la base del tallo y provocando más rebrotes nuevos.

Esta actividad se hace con la finalidad de producir los máximos rebrotes en las ramas laterales puesto que entre más rebrotes tenga el árbol mas densidad en el follaje se produce, lo que indica la calidad del árbol, con estas características la demanda en el mercado son exitosas.

2.5.3 Poda de yemas

Este tipo de podas se realiza con dos objetivos principales. La primera es cuando existen dos yemas gemelas, es decir, cuando ambas yemas principales de la rama compiten, en este caso se lleva a cabo la poda dejando la más céntrica y la más grande y suculenta; esta poda se debe hacer desde la base del verticilo para evitar su recuperación (FIPRODEFO, 2002). Otro de los objetivos que tiene este tipo de poda es producir yemas laterales en mayor cantidad y con mucho más vigor, ya que posteriormente estos se convertirán en ramas frondosas y densas. Esta labor se hace cortando a la mitad de su tamaño de la yema líder.

2.5.4 Poda de ramas basales

La poda de base tiene el objetivo de eliminar las ramas inferiores entre el verticilo inferior del árbol y el suelo, donde el mango deberá ser recto y tener una pulgada por cada pie de altura del árbol. Esta se realizará cuando las yemas no están creciendo, después de que el árbol ha sido podado 2 veces, cortando al ras del fuste, pero evitando cortar más del 25 % de las ramas. Se debe evitar dejar cicatrices o puntas, por lo que se recomienda usar tijeras de podar. Finalmente la fabricación de mangos es la actividad que consiste en limpiar la base del tallo del árbol desde unos 30 cm del suelo, para dejarlo libre de ramas a su alrededor, dejando solamente una de ellas, la cual debe estar casi a nivel del suelo (FIPRODEFO, 2009).

2.5.5 Poda de conformación

Esta labor silvicultural, distinta a la aplicada comúnmente en cultivos y árboles, es fundamental para asegurar el éxito de la producción de árboles de navidad, ya que consiste en recortar las puntas de las ramas para lograr la forma deseada, garantizando un ramaje denso, verde y vigoroso. Las principales ventajas de la poda es que permite conformar los árboles de acuerdo a la preferencia de los consumidores y mejora la distribución de las ramas a lo largo del tronco estimulando la formación de las ramas primarias y secundarias (Torres y Rojas, 2008).

La poda de copas es una tarea bastante importante en la conformación final del producto, misma que debe hacerse en la época de crecimiento, realizando retoques si es necesario en el final de la época de elongación (FIPRODEFO, 2009).

2.6 Hormonas reguladoras de crecimiento

Se entiende por hormonas vegetales aquellas sustancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo o

metabolismo del vegetal. El término "sustancias reguladoras del crecimiento" es más general y abarca a las sustancias tanto de orígenes naturales como sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo o desarrollo en la planta (Rojas, 1995).

El crecimiento y desarrollo de las plantas forman una combinación de diversos eventos en diferentes niveles, desde el biofísico hasta el bioquímico, 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 terminación de los periodos de letargo y reposo, la floración, formación y desarrollo de los frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento, se encuentran bajo control hormonal (Pérez y Martínez, 1994).

Los reguladores de crecimiento, en general, actúan modificando el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de su acción sobre vías y pasos bioquímicos específicos, normalmente relacionados con regulación por hormonas vegetales.

Las hormonas reguladoras se clasifican en 5 grupos:

2.6.1 Auxinas

Son sustancias orgánicas que promueven el crecimiento (aumento en volumen) a lo largo del eje longitudinal cuando se aplican en concentraciones bajas a las partes aéreas de las plantas (Rojas, 1963).

En la actualidad se piensa que la auxina actúa sobre el ADN, teoría que toma base en diversos hechos experimentales, pero cuyo determinismo no está dilucidado. Algunos autores los explican como una acción desrepresora de ciertos genes de la auxina, la represión sería causada por un complejo ADN-histona y la auxina actuaría disociándolos; otros autores creen que actúa sobre el ARN, adhiriéndose en un locus particular de la cadena, así que el IAA (ácido

indolacético) tendría valor informativo en la síntesis de enzimas y proteínas. Existen además otras teorías, pero en general se piensa que el IAA induce la formación de un nuevo tipo de ARN y en consecuencia de nuevas enzimas y proteínas (Rojas y Rovalo, 1972).

Las auxinas pueden producir gran variedad de efectos de desarrollo, desde la supresión de yemas laterales o tallos secundarios, la estimulación del alargamiento del tallo o en raíz en diferentes partes de la planta, y en general sus efectos son en el desarrollo y crecimiento de la planta (Bidwell, 2002).

Las auxinas se distribuyen por toda la planta, a saber, yemas, hojas, las flores, la inflorescencia, raíces, pero la mayoría son producidas en las partes aéreas de la planta, trasladada a toda la planta, aunque se encuentra en mínimas concentraciones en las células de las plantas (Salisbury y Ross, 1994).

2.6.2 Citocininas

Las citocininas forman el grupo de hormonas naturales descubiertas más recientemente y por lo tanto, las menos conocidas en su acción y efecto. El descubrimiento de las citocininas ha permitido el cultivo de ciertos tejidos vegetales o incluso órganos vegetales cuyas células no pueden dividirse en ausencia de esta hormona. La síntesis natural de las citocininas aún no es conocida con claridad, pero químicamente basta sustituir con ciertos grupos el N6 de la adenina, compuesto que se encuentra en todas las células de gran importancia biológica, para conferirle actividad citocinina; los grupos principales son: benzilamino purina, naftilamino purina, furfurilamino purina y otros similares (Pérez y Martínez, 1994).

Esta hormona además induce grandes cambios en los ácidos nucleicos y en las síntesis de proteínas y degradación asociadas con la acción directa de la hormona, pero es muy riesgoso atribuirles cambios determinados en la síntesis de productos. Aparte de estos efectos, se observan cambios profundos en la

biosíntesis o el contenido de otras hormonas, ya que las citocininas pueden ocasionar aumentos en el contenido de las auxinas, giberelinas o etileno (Rojas y Rovalo, 1972).

La acción que presentan las citocininas no es del todo conocida; se sabe que se adhiere al ARN, de transferencia y, cuando esto sucede, es posible que influya en el funcionamiento de ciertos codones, controlando así la síntesis de algunas proteínas o enzimas. Siendo las citocininas hormonas naturales cuya función principal es activar la división celular, son igualmente capaces de retardar el envejecimiento o senescencia de los órganos y sus manifestaciones como el amarillamiento y caída de hojas. Por otra parte, las citocininas, las citocininas al retardar el envejecimiento de las hojas influye en la retención de las células, puesto que dirige el transporte de ciertos metabolitos sobre distancias importantes y es donde interviene el fenómeno de correlación del crecimiento (Beauliev, 1973).

Las citocininas son poderosos agentes en la supresión de los inhibidores de la correlación del desarrollo. Aplicando a las plantas jóvenes pequeñas cantidades de citocininas, es posible cambiar la forma de crecimiento; además son importantes para el transporte de nutrientes o de sustancias elaboradas en las plantas (Pérez y Martínez, 1994).

Los efectos que son realmente notorios en la práctica agrícola son:

1. La inducción de iniciación del crecimiento en los tallos y ramas.
2. El rompimiento del letargo de las yemas y semillas en muchas especies.
3. Efecto sobre la dominancia apical.
4. Genera plantas robustas, más resistentes a condiciones adversas, tales como sequía, temperaturas altas o bajas.
5. Evitan la abscisión excesiva y permiten una madurez oportuna de frutos.

2.6.3 Giberelinas

Las giberelinas son fitohormonas que fueron en un principio extraídas de un hongo, *Gibberella fujjicoroi*, pero a la fecha se sabe que forman parte del equipo

regulador del desarrollo de las plantas superiores. Se han identificado muchos compuestos del mismo tipo general, que se designan con el nombre genérico de giberelina. En la actualidad se han aislado al menos 74 clases de giberelinas, ninguna planta posee todas las giberelinas, pero toda planta, gimno o angiosperma tiene una o varias de ellas. Las giberelinas son compuestos isoprenoides que se supone fundamentalmente provienen del ácido mavalónico (Rojas y Rovalo, 1972).

Entre los fenómenos que permitieron descubrir a la giberelina, está el alargamiento del tallo, que es una elongación extrema de entrenudos sin aumento de su número, en plantas no ramificadas. En este caso, este alargamiento es debido a la vez al crecimiento de la cantidad y tamaño de las células. En las plantas ramificadas el efecto es parecido, pero disminuye el número de ramificaciones, solo el eje principal se alarga y el número de entrenudos puede aumentar.

Otro de los efectos notables que se observa en plantas enanas que normalmente tienen entrenudos muy cortos y son a menudo muy ramificados, con la aplicación de giberelinas en las dosis convenientes, se transforman en variedades enanas en plantas absolutamente idénticas a las variedades normales (Bidwell, 2002).

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

Una de las teorías sostiene que las giberelinas tienen relación con la síntesis del mensajero ARN, dirigida por el ADN, en el núcleo. Se cree que las giberelinas modifican el ARN producido en los núcleos y así puede éste ejercer su control en la expansión celular, así como otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal (Azcon-Bieto y Talon, 2008).

Las giberelinas actúan también sobre la floración así como en la producción de partenocarpia y buen desarrollo del fruto, cuando las plantas no fructifican.

También tienen efecto sobre la sexualidad aumentando el porcentaje de flores masculinas, su uso afecta la germinación, el inicio del desarrollo y la formación del fruto (Rojas y Rovalo, 1972).

Las giberelinas son las únicas sustancias químicas capaces de promover la formación de flores en las plantas que son representativas de las clases fisiológicas bien definidas, cuando se cultivan en condiciones experimentales, en las que de otro modo, permanecerían totalmente vegetativas. Así pues las giberelinas parecen ser capaces de reemplazar ciertas condiciones ambientales específicas que controlan la formación de flores en su mayoría de las plantas de día largo que requieren temperaturas frías. Por lo común, las giberelinas estimulan la floración de las plantas de día corto que crecen en condiciones inductivas; pero por su efecto resulta generalmente negativo cuando dichas plantaciones se cultivan en condiciones no inductivas. La formación de flores de las plantas de día corto o de día largo, puede controlarse mediante la regulación del nivel endógeno de sustancias similares a las giberelinas, mediante la aplicación de retardadores de crecimiento, como el CCC (clormecuat (2-cloroetiltrimetilamonio)), que inhiben las síntesis de giberelinas (Weaver, 1976).

La aplicación de giberelinas en las primeras etapas de desarrollo de la planta, permite obtener mayor área foliar antes del periodo normal, lo que aumenta la eficacia fotosintética. El establecimiento temprano del área foliar trae consigo un mayor aprovechamiento de la energía solar por unidad de superficie, que también disminuye las pérdida de agua del suelo.

2.6.4 Etileno

El etileno interviene en el crecimiento y desarrollo de las plantas; es un gas con estructura molecular muy sencilla, pero es similar a las demás hormonas por el hecho de que en pequeñas cantidades puede tener grandes efectos en las actividades fisiológicas de las plantas (Vázquez y García, 1981).

Weaver (1976) menciona que los efectos observados del etileno son estimular la germinación y el crecimiento de brotes, así como provocar la abscisión

prematura de las hojas. También induce a la floración, además se sabe que es un compuesto que hace madurar los frutos.

El etileno lo sintetizan las plantas a partir del aminoácido metionina. Su acción fundamental parece ser sobre las membranas celulares; Weaver (1976) afirma que los conocimientos acerca de la función desempeñada por el etileno en el crecimiento y desarrollo en los vegetales eran rudimentarios ya que ahora se han descubierto nuevas formas y que han incrementado la importancia del papel de esta hormona.

El etileno determina de un modo desconocido la concentración de peroxidasas, esta sustancia aumenta la hidroxiprolina en la pared celular, la cual provoca un intenso ligamiento entre proteínas y polisacáridos en la pared celular, perdiendo esta su elasticidad. El etileno actuaría así, como un fulminante o un disparador de procesos hormonales (Rojas y Rovalo, 1972).

Esta hormona también desempeña un papel muy importante en la regulación del crecimiento, mediante la transcripción y traducción del código genético del ADN al ARN y a las proteínas, pudiendo incorporarse en el ARN, al igual que algunas otras hormonas. Por lo cual contribuiría también a la regulación de otros fenómenos de desarrollo, como son, la floración, abscisión y maduración de los frutos.

Existe una teoría que afirma que el etileno regula el crecimiento, modificando el transporte o el metabolismo de las auxinas.

En cuanto a la maduración de los frutos no se conocen los mecanismos mediante los cuales el etileno induce maduración, una de las teorías es que puede ser agente ocasional de los cambios en la permeabilidad de las células, que se producen durante la maduración de los frutos. También estimulan la respiración y la síntesis de las proteínas en algunos frutos inmaduros, lo que puede activar toda una cadena de eventos bioquímicos que requiere la maduración (Bidwell, 2002).

El precursor natural del etileno es un aminoácido que contiene azufre.

Cuando se emplea metionina marcada, los carbonos que originan el etileno son el tercero y el cuarto. La metionina en presencia del FMN (flavinmononucleotido) y de la luz da origen al metanol y este, a su vez, en presencia de peroxidosa y agua oxigenada, da origen al etileno (Weaver, 1976).

2.6.5 Ácido abscísico

El ácido abscísico (ABA) es un regulador esencial del crecimiento de las plantas que se encuentra de manera natural en todos los tejidos vegetales. También puede estar presente en algunos musgos, algas verdes, cianobacterias y varios hongos fitopatógenos (Azcon-Bieto y Talon, 2008).

Esta hormona se hace presente en las plantas mediante los procesos fisiológicos en respuestas al estrés y en procesos de desarrollo. Pero más específicamente estas respuestas se refieren más cuando se presenta el estrés hídrico ya que contrarresta este problema aumentando el contenido de ácido abscísico.

Azcon-Bieto y Talon (2008) afirman que el ácido abscísico actúa en respuesta al estrés hídrico reduciendo la transpiración e induciendo la síntesis de proteínas que favorecen la resistencia a la desecación. Además el ABA se incrementa a otros tipos de estrés, como lesiones, estrés salino y térmico.

Los efectos de esta hormona parecen no tener ningún uso en la agricultura aparentemente, ya que su principal efecto está en la aceleración en la pérdida de clorofila, turgencia de las parénquimas y aparición en la hoja de pigmentos de senescencia; pero en los últimos años se ha encontrado una patente como inductor de senescencia foliar, como inhibidor de crecimiento del tallo, para aumentar el crecimiento de los tubérculos y como inductor de floración de ciertas especies de días cortos (Pérez y Martínez, 1994).

El ácido abscísico parece inducir el letargo en las plantas perennes y árboles, y causa o mantiene el letargo en las semillas, además de contrarrestar los efectos de la giberelina en algunas plantas y su estructura es algo similar a la de

dicha hormona. El ABA también induce el cierre de los estomas cuando las plantas enfrentan sequias (Bidwell, 2002).

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

2.7 *Pinus pinceana* Gordon

2.7.1 Descripción taxonómica

Reino: Metaphyta

División: Spermatophyta

Clase: Pinophyta

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*

Especie: *pinceana*

Nombre común: pino piñón, piñón rosa, piñón blanco y ocote.

2.7.2 Características morfológicas

Árbol de 6 a 12 metros de altura, tronco frecuentemente ramificado desde la base, copa redondeada y densa; con semillas irregulares, cenicientas, delgadas y colgantes, casi lisas y con huellas de fascículos apenas marcados. Hojas aglomeradas en la extremidad de las ramillas, en grupos de tres, ocasionalmente 4, de 6 a 8, a veces hasta 10, rectas, anchamente triangulares, delgadas de color verde claro, glaucas en sus caras internas, las paredes exteriores de las células del endodermo son delgadas; el hipodermo es delgado y parejo, con dos hileras

de células; vainas pronto caedizas y miden unos 5 mm; las yemas son cilíndricas y delgadas. Los conillos son largamente pedunculados, oblongos, ligeramente atenuados en ambas extremidades; escamas gruesas y fuertemente aquilladas y provistas de una punta gruesa, dirigida hacia la base del cono. Conos suboblongos de 6 a 8 centímetros, a veces hasta 9 con pedúnculos delgados, simétricos, colgantes y pronto caedizos de color rojizo a amarillento anaranjado, brillante con relativamente pocas escamas gruesas; de umbo dorsal muy grueso e irregular de 25 mm de ancho por 33 mm de largo; quilla transversal patente, la cúspide hundida en cuyo centro se observa una pequeña punta gruesa y caediza. La semilla mide unos 12 mm, de color oscuro, y es comestible, carece de ala, a veces solamente se desarrolla en una de las dos que corresponde a cada escama. Su madera es suave y poco resinosa (Martínez, 1948).

2.7.3 Distribución geográfica

Pinus pinceana, así como otras especies de piñoneros como *Pinus edulis* Engelm., *Pinus macrophylla* Torr., *Pinus maximartinezii* Rzedowski, y *Pinus nelsonii* Shaw, tienen distribución geográfica restringida en México y en apariencia no constituyen elementos dominantes en los bosques, sino muy localmente (Rzedowski, 1978).

Crece a lo largo de cañadas y en los declives de la Mesa Central del Norte y Centro-este de México, en los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro, entre los 19° y 25° de latitud norte, asociado con *Pinus cembroides* (Perry, 1991).

2.7.4 Importancia

Eguiluz (1978) indica que esta especie no tiene usos industriales, se utiliza solo con fines domésticos, para leña, postes para cercas y muebles rústicos, de esta especie se obtiene la semilla llamada piñón, la cual es comestible.

De ella se obtiene madera de construcción de viviendas y muebles rústicos, árboles de navidad, resina, además de servir de abrigo para la fauna silvestre y en algunos casos como áreas de recreo (Caballero y Ávila, 1989).

2.8 Trabajos afines

Cortes (2005) realizó poda de conformación aplicando dos tipos de fertilizantes a *Pinus pinceana*, lo cual no presentó respuesta inmediata en cuanto al crecimiento y desarrollo, esto se debió posiblemente a diversos factores como el lento crecimiento, la resistencia a la sequía y pérdida de al menos un 35 % de la plantación, debido al ataque de animales que formaron galerías debajo del suelo, destruyendo así las raíces y por consiguiente la muerte de las mismas.

Galván *et al.*, (2009) aplicaron un complejo hormonal (auxinas, giberelinas y citocininas) en 4 diferentes dosis (baja, media, alta y muy alta) a *Citrus cinensis*; la dosis media fue significativamente ($p < 0.05$) superior al testigo. La dosis del complejo hormonal que significativamente mostró mayor porcentaje de amarre final del fruto fueron las que incluyeron 32.2 ppm de auxinas, 32.2 de giberelinas y 83.2 de citocininas más 19.34 g l⁻¹ de microelementos y 48.3 ppm de auxinas, 48.3 de giberelinas y 124.8 de citocininas más 29.01 g l⁻¹ de microelementos (1.22 y 1.15%, respectivamente).

Pérez *et al.*, (2001) Aplicaron giberelina, con el objetivo de modificar el crecimiento vegetativo y floración en mango “ataulfo” (*Mangifera indica* lin var. ataulfo) y “tommy atkins” (*Mangifera indica* lin var. *tommy atkins*); las dosis de aplicaciones de 25 y 50 mg-litro⁻¹, se aplicaron 5 veces en diferentes meses del año; se logró inhibir la floración normal en ambas especies, además los brotes que estaban en crecimiento vegetativo o inactivo presentaron una floración retrasada de cuatro a cinco semanas en ‘Tommy “Atkins” y de seis hasta nueve en “Ataulfo”.

Costas *et al.*, (2005) realizaron un ensayo con 3 niveles de densidad y 12 tratamientos de poda en *Pinus taeda* a los 7 años de edad. Las variables evaluadas fueron diámetro a la altura de pecho, altura media, volumen individual,

volumen por unidad de superficie, área basal. En los tratamientos con mayor densidad se observaron mayores volúmenes por unidad de superficie, área basal que en los tratamientos con menor densidad. Los tratamientos con menores alturas finales de poda produjeron mayores DAP, volúmenes individuales, área basal y volúmenes por unidad de superficie que los tratamientos con mayores alturas de poda.

Álvarez *et al.*, (2008) aplicaron ácido giberélico AG3, benciladenina y ácido-3-indolbutrico al limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), con el objeto de determinar el efecto de la precosecha sobre la calidad externa e interna de los frutos del limón. Las concentraciones fueron de 0 a 20 ppm, en forma individual o mezclados. Se determinó el color de la cascara, pérdida de peso, acidez titulable y contenido de ácido ascórbico. La aspersion de 10 a 20 ppm de ácido giberélico AG3 combinado con 5 ppm de benciladenina y 15 ppm de ácido-3-indol-butrico, tuvieron el mayor efecto de conservación de la calidad de fruto.

Espindola *et al.*, (2008) Encontraron que al aplicar las combinaciones de 160 g de N árbol⁻¹ + 25 mg l⁻¹ de AG3 + con anillado y 160 g de N árbol⁻¹ + con anillado al aguacate hass (*Persea americana* Mill.), los frutos aumentaron el amarre inicial y final respectivamente, además en el año de alta producción promovió la acumulación de glucosa, sacarosa y fructuosa en hojas y en panículas con frutos en desarrollo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización

El trabajo experimental se realizó en el ejido San Juan de la Vaquería, municipio de Saltillo (en el estado de Coahuila de Zaragoza). El predio tiene las siguientes coordenadas geográficas en UTM, zona 14R, 0274607 m E y 2792711 m N. A una altitud de 1897 msnm.

Para llegar al predio se toma la carretera a Zacatecas (carretera 54), partiendo de la UAAAN, desviándose a los 13 km por la carretera a General Cepeda, una vez estando en el Ejido San Juan de la Vaquería, pasando el puente denominado el “vado”, desviarse a la izquierda 3 km aproximadamente.

3.1.2 Clima

El clima pertenece al tipo BW hw´ (e): seco semicálido, con inviernos frescos. La temperatura media anual es de 18 a 22 grados centígrados y la del mes más frío de 18°; el régimen de lluvia se presenta en los meses de verano y es por lo menos diez veces mayor la cantidad de lluvia del mes más húmedo de la época lluviosa del año, que la del mes más seco; un porcentaje de lluvia invernal de entre 5 y 10.2%; extremoso, con oscilaciones entre 7 y 14 grados centígrados (UNAM, 1970).

3.1.3 Geología y suelos

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 zenital, presentándose también la norte y sur. La elevación del terreno varía entre 1850 y 1900 m.s.n.m. (SSP, 1987).

Los suelos presentes en este predio, según lo señalado por la carta edafológica 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 pié de monte xerosol háplico y cálcico, sin fase salina a ligeramente salinos, presentan textura fina (CETENAL, 1997)

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.

a) castañozem

Suelos con horizonte A molico de color pardo oscuro y acumulación calcarea u horizontes cálcico o gypsico de alta productividad agrícola o partícula.

b) Castañozem háplico

Suelos con acumulación calcarea moderada, abajo del horizonte A.

c) Castañozem calcico

Suelos con horizonte calcico o gypsico.

d) 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.

e) Xerosol haplico

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.

3.1.4 Vegetación

La vegetación de la región es predominante de tipo matorral subinerme, chaparral, izotal, mezquital, con especies predominantes mezquite (*Prosopis glandulosa*), vara prieta (*Acacia constricta*), Gatuño (*Mimosa biuncifera*), Palo blanco (*Celtis laevigata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), jazmin (*Jasminum sp.*), correoso o lantrisqueillo (*Ruhus 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 (*Aristada glauca*). También se puede encontrar vegetación inducida y cultivada como es el caso de las especies 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)

3.1.5 Fauna

Los géneros más comunes de fauna en la región son los 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 malsupialis*), correcominos (*Geococcyx californicus*), cuervo (*Corvux corax*), tecolote (*Bubo virginianus*), víbora de cascabel (*Crotalus sp.*), lagartija (*Sceloporus sp.*) y ratón (*Peromyscus sp.*) (Nájera, 2006).

3.1.6 Uso del suelo

El uso potencial es para la agricultura de temporal permanente limitada. Y el uso pecuario es el matorral espinoso y pastizal natural (CETENAL, 1975).

3.2 Procedimiento y ejecución de experimento

La plantación de *Pinus pinceana* donde se llevó a cabo el experimento, se estableció en noviembre de 2004. Es decir, al comienzo de la ejecución del experimento, la plantación tenía una edad de 6 años y 2 meses aproximadamente, ya que el experimento se inició el 27 de febrero de 2010 terminándose el 6 de mayo de 2011.

Una vez que se determinaron los objetivos se seleccionó el diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (2x5), con 10 tratamientos y tres repeticiones cada uno y con el cual tres arboles por cada unidad experimental. Una vez que se tuvo las distribuciones de los tratamientos en gabinete, se procedió a ubicarlos en el campo y marcar con listones de colores cada uno de los tratamientos, con el propósito de no equivocarse en fechas posteriores para la aplicación de los productos, realización de las podas y para las evaluaciones.

La distribución completa de los tratamientos y las respectivas repeticiones quedaron distribuidas de la siguiente manera, indicando los colores con que se marcó cada repetición en la plantación de árboles de navidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones



Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
T9R1	T4R1	T8R2	
T1R2	T9R2	T3R1	
T9R3	T5R3	T2R3	T4R3
T6R1	T8R1	T1R3	T7R3
T1R1	T5R2	T6R3	T3R2
T10R2	T3R3	T2R1	T10R3
T2R2	T8R8	T7R2	T10R1
T5R1	T4R2	T6R2	T7R1

Para tener una idea bien clara de los productos hormonales utilizados, se hace una breve descripción de los ingredientes activos e inertes de cada uno (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ingredientes activos e inertes de los productos hormonales utilizados.

Producto hormonal	Ingrediente activo	Ingrediente inerte
BIOGIB*10®	Ácido giberélico (GA ₃) 10%	Diluyentes y acondicionadores 90%
BIOZIME TF®	Giberelinas 0.031 g/l Ácido Indolacético 0.031 g/l Zeatina 0.083 g/L	Diluyentes 200.4 g/L
BIOZYME PP®	Giberelina 28.50 ppm, Ácido indolacético 12.25 ppm Zeatina 47.80 ppm	Diluyentes y acondicionadores 72.50%
BIOZIME*TS®	Giberelinas 77.0 pmm Ácido indolacético 33.0 pmm Zeatina 128.0 ppm	Diluyente y acondicionadores 20.16%

3.3 Realización de las podas y aplicación de productos hormonales

Estas dos actividades se hicieron el mismo día; para las podas se utilizaron dos herramientas, dependiendo de la poda, para la poda líder de ramas se utilizó las tijeras podadoras de jardinería y para la poda despunte de yemas se utilizó una navaja o la uña, dependiendo del largo y elasticidad de las yemas. En lo que se refiere a la poda de despunte de yemas, solo se despunto la yema principal de la ramilla, dejando libres a las yemas laterales. En la siguiente Figura se muestran las dos diferentes podas.



Figura 1. Poda despunte de rama (izquierda) y poda despunte de yema (derecha).

La aplicación de los diferentes productos hormonales se realizó con bombas aspersoras de mochila de 10 l, se asperjó cada árbol con su respectivo tratamiento hasta que estuvieran a punto de goteo, además se utilizarse un adherente agrícola (Penatrex), para asegurar la adherencia de los productos al árbol, en caso de lluvia, viento o evaporación; las aspersiones se llevaron a cabo por la tarde, de 3 a 6. Esta actividad se realizó una vez que las podas estaban hechas. Para la medición exacta de los productos, se utilizaron los siguientes instrumentos: para la medición de gramos se utilizó una báscula digital con precisión a dos centésimos de gramo y para la medición de mililitros se utilizó una probeta. En el Cuadro 3 y 4 se muestra las fechas de las aplicaciones.

Cuadro 3. Aplicación de productos y podas de la primera etapa del experimento.

Aplicaciones de productos y podas
27 de febrero de 2010
8 de mayo de 2010

Cuadro 4. Aplicación de productos y podas de la segunda etapa del experimento.

Aplicación de productos y podas
1 ^o de marzo de 2011

3.4 Diseño experimental

En el presente trabajo se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (2x5) resultando 10 tratamientos (incluyendo dos testigos), con tres repeticiones por cada tratamiento, sumando 30 unidades experimentales; cada unidad experimental se compuso de 3 árboles. En total fueron 90 árboles utilizados.

El diseño experimental se realizó mediante los factores, poda y productos hormonales y a cada factor se le asignó un color para indicarlo en cada una de las repeticiones, según el tratamiento correspondiente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Factores del diseño experimental.

Factor A (Tipo de poda)	Factor B (Productos hormonales)
A1: Líder de ramas	B1: BIOGIB 10
A2: Despunte de yemas	B2: BIOZIME TF
	B3: BIOZYME PP
	B4: BIOZIME TS
	B5: Sin producto

El modelo estadístico utilizado para el procesamiento de los datos es el siguiente:

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

Dónde:

$i = 1, 2$ (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.

ϵ_{ijk} = efecto del error experimental.

Las dosis aplicadas se dividen en dos etapas, ya que las primeras dosis aplicadas comprenden la etapa del 27 de febrero de 2010 a 29 de enero de 2011; la segunda etapa, con dosis más altas, comprende las fechas, 1^o de marzo de 2011 al 6 de mayo de 2011 (Cuadro 6 y 7).

Cuadro 6. Tratamientos y dosis de la primera etapa de aplicación.

Tratamiento	Descripción
T1	Poda líder de ramas + 5 gr de BIOGIB 10/ 10 litros de agua.
T2	Poda líder de ramas + 20 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T3	Poda líder de ramas + 10 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T4	Poda líder de ramas + 40 gr de BIOZIME TS / 10 litros de agua.
T5	Poda despunte de yemas + 5 gr de BIOGIB 10/ 10 litros de agua.
T6	Poda despunte de yemas + 20 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T7	Poda despunte de yemas + 10 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T8	Poda despunte de yemas + 40 gr de BIOZIME TS / 10 litros de agua.
T9	Poda líder de ramas (sin producto).
T10	Poda despunte de yemas (sin producto).

Cuadro 7. Tratamientos y dosis de la segunda etapa de aplicación.

Tratamiento	Descripción
T1	Poda líder de ramas + 10 gr de BIOGIB 10/ 10 litros de agua.
T2	Poda líder de ramas + 25 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T3	Poda líder de ramas + 150 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T4	Poda líder de ramas + 200 gr de BIOZIME TS / 10 litros de agua.
T5	Poda despunte de yemas + 10 gr de BIOGIB 10/ 10 litros de agua.
T6	Poda despunte de yemas + 25 ml de BIOZIME TF/10 litros de agua.
T7	Poda despunte de yemas + 150 gr de BIOZYME PP/ 10 litros de agua.
T8	Poda despunte de yemas + 200 gr de BIOZIME TS / 10 litros de agua.
T9	Poda líder de ramas (sin producto).
T10	Poda despunte de yemas (sin producto).

3.5 Parámetros evaluados

Las variables evaluadas fueron crecimiento en altura, diámetro de copa, número de brotes y longitud de brotes. Los parámetros evaluados fueron los mismos para las dos etapas del experimento. Las fechas de las evaluaciones de la primera y segunda etapa se especifican en los Cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Fechas de medición de la primera etapa del experimento.

Mediciones	Fecha
Medición inicial	23 de marzo de 2010
Segunda medición	25 de mayo de 2010
Tercera medición	29 de enero de 2011

Cuadro 9. Fechas de medición de la segunda etapa del experimento.

Mediciones	Fecha
Medición inicial	01 de marzo de 2011
Segunda medición	06 de mayo de 2011

A fin de evaluar los efectos de las podas y los productos hormonales, en cada evaluación se tomaron los siguientes parámetros:

- a) Altura total: para este parámetro se consideró la altura total del árbol, en centímetros, que es la longitud que va desde la superficie del suelo hasta el ápice de la copa. Esta medición se hizo utilizando una cinta métrica.
- b) Diámetro de copa: se midió el diámetro de copa en centímetros, utilizando un promedio de dos mediciones, diámetro mayor y diámetro menor. Para realizar esto se utilizó una cinta métrica.
- c) Número de brotes: para este parámetro, se ubicó tres ramillas que tuvieran la mayor cantidad de rebrotes, una vez ubicadas las ramas, se procedió a contar, generando un dato por rama, posteriormente se sacó una media de las tres cantidades.

d) Longitud de brotes: esta variable se midió en centímetros y utilizando una cinta métrica o regla graduada; para medir esta variable se utilizó el parámetro “numero de rebrotes” ya que de cada una de ellas se eligió el rebrote más largo, es decir se tomaron tres datos de longitud de brote para posteriormente sacar una media.

El procesamiento para el análisis de datos se hizo con el software estadístico Statistical Analysis System (SAS). Con este programa se realizaron los análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias de Tukey para cada uno de los parámetros evaluados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para poder entender de una manera clara y sencilla los resultados obtenidos mediante el paquete estadístico SAS de las variables del experimento, los resultados se presentan por etapa del experimento y variable. Para determinar el nivel de significancia de cada variable se usó el valor $\alpha=0.05$.

4.1 Primera etapa del experimento

4.1.1 Crecimiento en altura

Este parámetro fue evaluado de manera detallada, puesto que los resultados se analizaron por cada fecha de evaluación. La primera fecha de evaluación, mostró diferencias estadísticas significativas en el incremento en altura ($P < F=0.0393$) (Apéndice 1), donde el factor que promueve las diferencias se encuentran en la interacción de las podas y los productos; a su vez la prueba de comparación de medias de Tukey mostró que en los tratamientos T2, T10, T3, T4, T7, T1 y T5 son estadísticamente iguales pero diferentes al T6, T8 y T9; pero demostrando el mayor valor en el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 27 cm; seguido por el T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)), con 26.611; por lo contrario el grupo que muestran los peores resultados son los tratamientos T6 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TF), con 16.5 cm; seguido por el T8 (Poda despunte de yemas + 200 gr de BIOZIME*TS / 10 litros de agua), con 16 cm y quedando en la última posición el T9 el cual es uno de los testigos (Poda líder de ramas (sin producto)), con 13.889 cm. En lo que respecta a la segunda fecha de evaluación, no presenta diferencias significativas en esta variable ($P < F=0.2694$) (Apéndice 1), pero que si presenta diferencias numéricas notables, demostrando ser mejor el tratamiento T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)) con 25.111 cm; seguido por el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 20.778 cm; sin embargo el que resultó ser el resultado menos deseable fue el T3 (Poda líder de ramas + BIOZYME PP), con 6.333 cm. La última evaluación final, mostró diferencias estadísticas significativas ($P < F=0.0495$) (Apéndice 1) donde los factores que promueven estas diferencias radica en la interacción de las podas y

los productos aplicados, y en lo referente a la prueba de medias de tukey el grupo de los tratamiento que resultó ser el mayor son el T10, T2, T1, T5 pero los que sobresalieron son el T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)), con 51.772 cm; seguido por el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 47.778; en el grupo que resultó con los menos resultados están el T1, T5, T6, T7, T4, T9, T8 y el T3, resultando los peores resultados de este grupo el T8 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TS), con 29.667 cm; seguido por el T3 (Poda líder de ramas + BIOZYME PP), con 27.887 cm (Cuadro 10).

Cuadro 10. Medias de crecimiento en altura por evaluación y total, y agrupación Tukey.

Trat	Primera evaluación		Segunda evaluación			Crecimiento total		
	Media (cm)	Agrupación Tukey	Trat	Media(cm)	Agrupación Tukey	Trat	Media (cm)	Agrupación Tukey
T2	27	A	T10	25.111	A	T10	51.722	A
T10	26.611	A	T2	20.778	A	T2	47.778	B A
T3	21.556	B A	T5	19.222	A	T1	38.611	B A C
T4	20.944	B A	T9	19	A	T5	37.556	B A C
T7	20.833	B A	T1	18.778	A	T6	35.056	B C
T1	19.833	B A	T6	18.556	A	T7	34.5	B C
T5	18.333	B A	T7	13.667	A	T4	33.944	B C
T6	16.5	B	T8	13.667	A	T9	32.889	B C
T8	16	B	T4	13	A	T8	29.667	C
T9	13.889	B	T3	6.333	A	T3	27.889	C

Para una mejor apreciación de la tendencia de crecimientos en las tres diferentes fechas de evaluación, en la Figura 1 se muestra el crecimiento que se obtuvo en los lapsos de tiempos que tuvo cada una de ellas. De manera evidente se hace notar que el tratamiento T10 y T3 parten con el mismo valor de la etapa inicial de crecimiento en altura pero que la medición final el T10 se incrementa hasta por 10 cm por encima del T3, y el T2 mantiene un crecimiento constante compitiendo con el T10 (Figura 2).

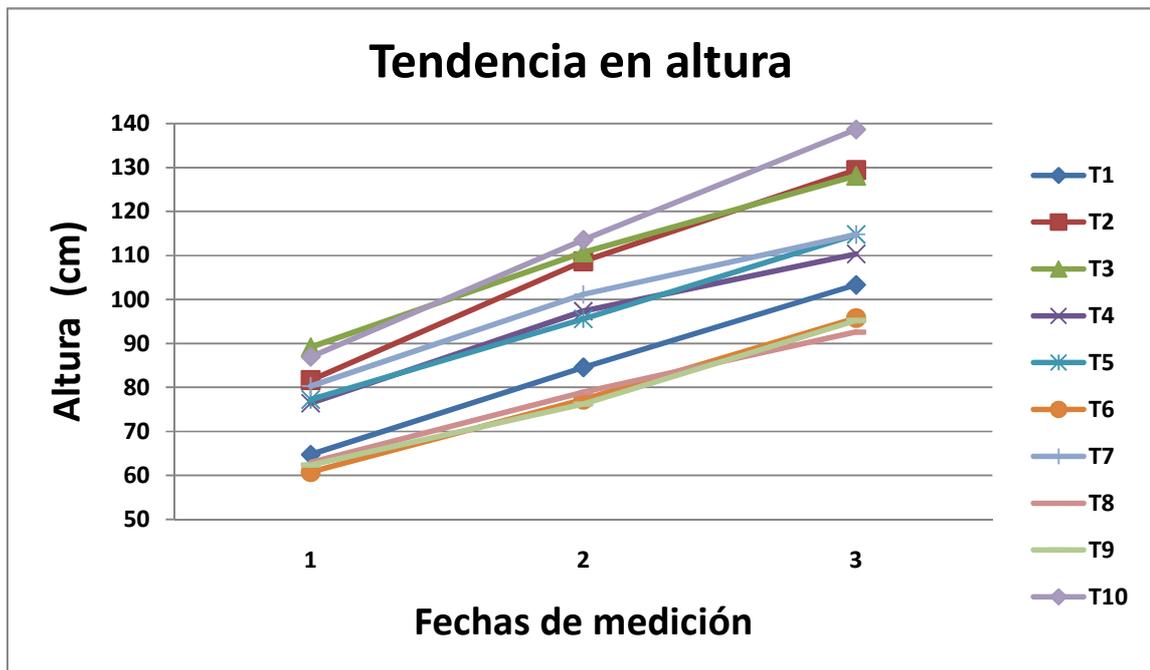


Figura 2. Crecimiento en altura en las tres fechas de medición.

En lo que respecta a los incrementos obtenidos en las dos evaluaciones de la primera etapa del experimento se tiene la Figura 3, donde se puede apreciar claramente la ganancia en altura por cada evaluación. En la segunda evaluación se presenta una disminución drástica en los incrementos en la mayoría de los tratamientos excepto en el T5, T6 y T9 donde se observa ganancias por encima de la primera evaluación, aunque la ganancia es muy poca; sin embargo los que más destacan son el T10 seguido por el T2 para ambas evaluaciones. La disminución del incremento en la segunda etapa de se le atribuye a las heladas intensas que se presentaron en los meses de noviembre a enero, puesto que la longitud de las yemas laterales y terminales median hasta 10 centímetros en promedio y al presentarse las bajas temperaturas se secaron al no soportar este fenómeno climático.

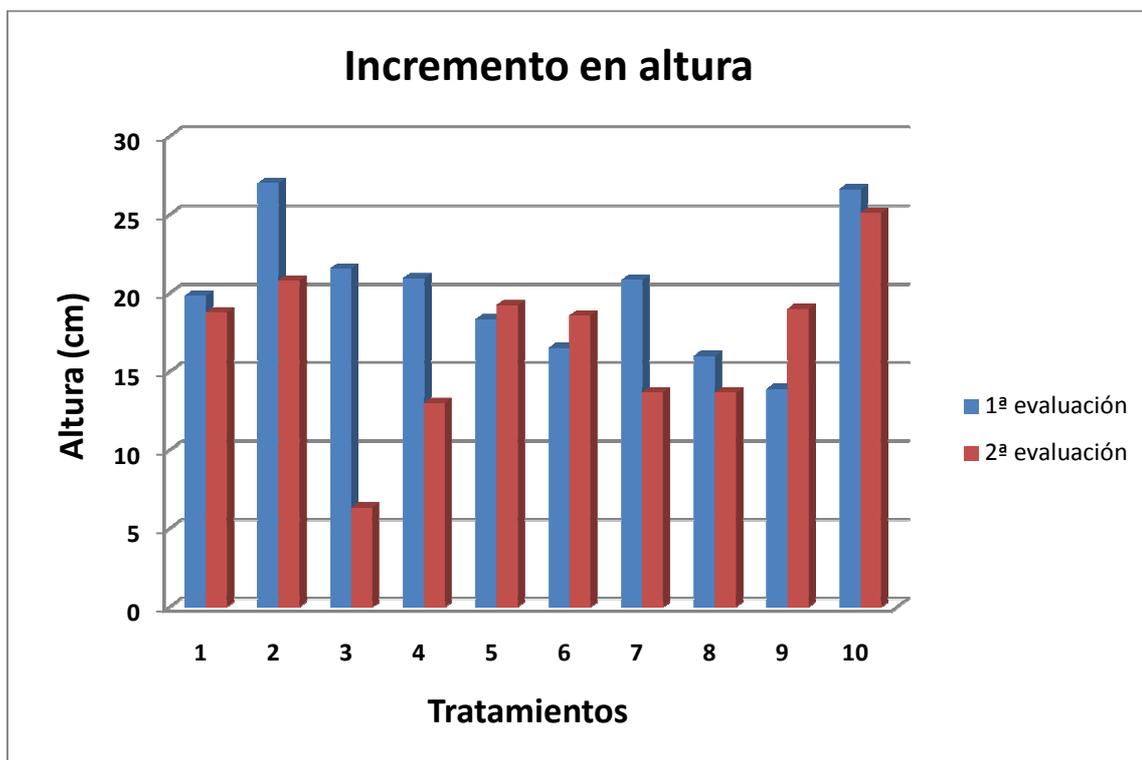


Figura 3. Incremento de crecimiento en altura de las dos evaluaciones.

Para señalar el comportamiento de esta variable en cuanto a su evolución en el crecimiento de altura total para esta primera etapa en general, se muestra por tratamiento las fluctuaciones de los datos finales de la primera etapa. Donde se observa que los dos tratamientos que dieron los mejores resultados son el T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)), siendo el más alto con 51.772 cm, seguido por el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 47.778 cm. Los demás tratamientos se quedan con poco crecimiento, donde los dos más bajos son T3 (Poda líder de ramas + BIOZYME PP), con 27.889 cm. Seguido por el T8 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TS), con 29.667 cm (Figura 4).

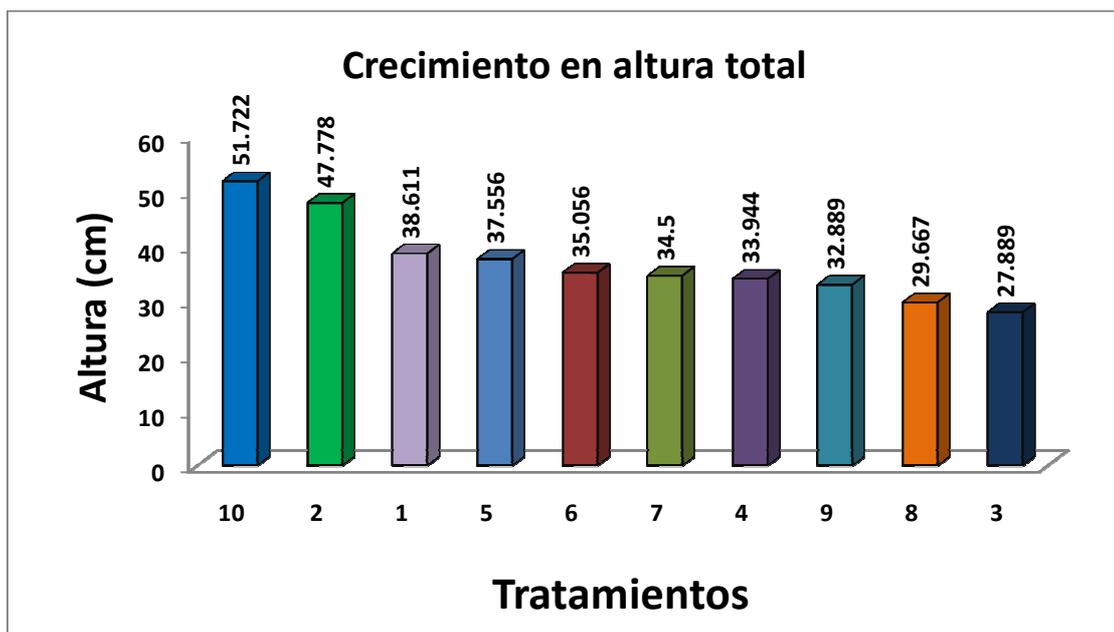


Figura 4. Incremento en altura total por tratamiento.

4.1.2 Crecimiento en diámetro de copa

De manera muy general esta variable no mostró diferencias significativas, excepto en la segunda evaluación, teniendo diferencias estadísticas considerables para esta variable ($P < F = 0.0362$) (apéndice 1), produciéndose el efecto en la interacción tipo de poda por producto. A su vez en la prueba de Tukey, se encontró que en los tratamientos que son estadísticamente iguales en el T7, T10, T3, T1, T4, T6, y T9 y diferentes en el T8 y T5, pero que el valor más alto significativo lo obtuvo el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 19.444 cm; por el contrario el menor valor lo obtuvo el T8 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TS), con 9.667 cm; seguido por el T5 (Poda despunte de yemas + 10 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua), con 9.278 cm. Sin embargo en la segunda evaluación, no obtuvo diferencias estadísticas significativas pero las diferencias numéricas lo presenta el T3 (Poda líder de ramas + BIOZYME PP), con 21.167 cm, siendo el mayor; quedando el tratamiento con menor valor T10 (Poda despunte de yemas (testigo)), con 11.25 cm. Y lo que corresponde a la evaluación final, solo hubo diferencias numéricas quedando como el tratamiento con mayor valor T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 35.861 cm; quedando como

último lugar el T9 (Poda líder de ramas (sin producto)), con 22.222 cm (Cuadro 11).

Cuadro 11. Medias de crecimiento en diámetro de copa por evaluación y total, y agrupación Tukey.

Trat	Primera evaluación		Trat	Segunda evaluación		Trat	Crecimiento total	
	Media (cm)	Agrupación Tukey		Media(cm)	Agrupación Tukey		Media (cm)	Agrupación Tukey
3	21.167	A	2	19.444	A	2	35.861	A
4	16.639	A	7	16.333	B	3	35.778	A
2	16.417	A	10	15	B	7	29.883	A
5	16.028	A	3	14.611	B	4	29.472	A
6	13.806	A	1	13.278	B	10	26.25	A
7	13.5	A	4	12.883	B	1	26.194	A
8	13.333	A	6	12.278	B	6	26.083	A
1	12.917	A	9	10.889	B	5	25.306	A
9	11.333	A	8	9.667	B	8	23	A
10	11.25	A	5	9.278	B	9	22.222	A

En la Figura 5 se muestra como los tratamientos, en la mayoría de los casos, parten con el mismo de valor de la etapa inicial pero que tienden a disminuir visiblemente en la última fecha de medición y los tratamientos que sobresalen en las tres fechas son el T2 y T3 manteniendo siempre una tendencia constante de crecimiento en diámetro, aunque la diferencia es insignificante, puesto que no hubo diferencias estadísticas.

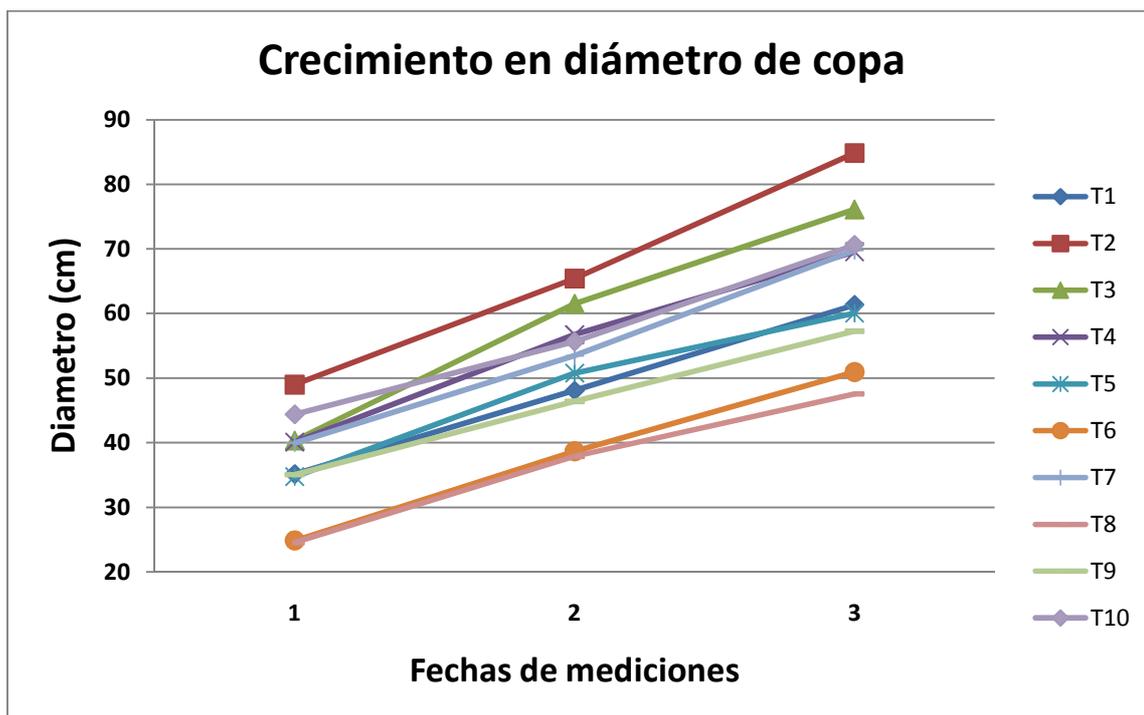


Figura 5. Tendencia del crecimiento en diámetro de copa en las tres fechas de medición.

En cuanto a los incrementos obtenidos en las dos evaluaciones del experimento sucede lo mismo que en la variable incremento en altura, ya que tiende a disminuir su crecimiento en diámetro de copa en la segunda evaluación; pero el que más sobresale es el T3 en la primera evaluación y el T2 para la segunda evaluación, quedando como el segundo mejor tratamiento de las dos evaluaciones a pesar de sufrir las bajas temperaturas y otros factores que afectaron a los demás tratamientos. Aunque las diferencias entre los diez tratamientos no supera los 10 centímetros en promedio (Figura 6).

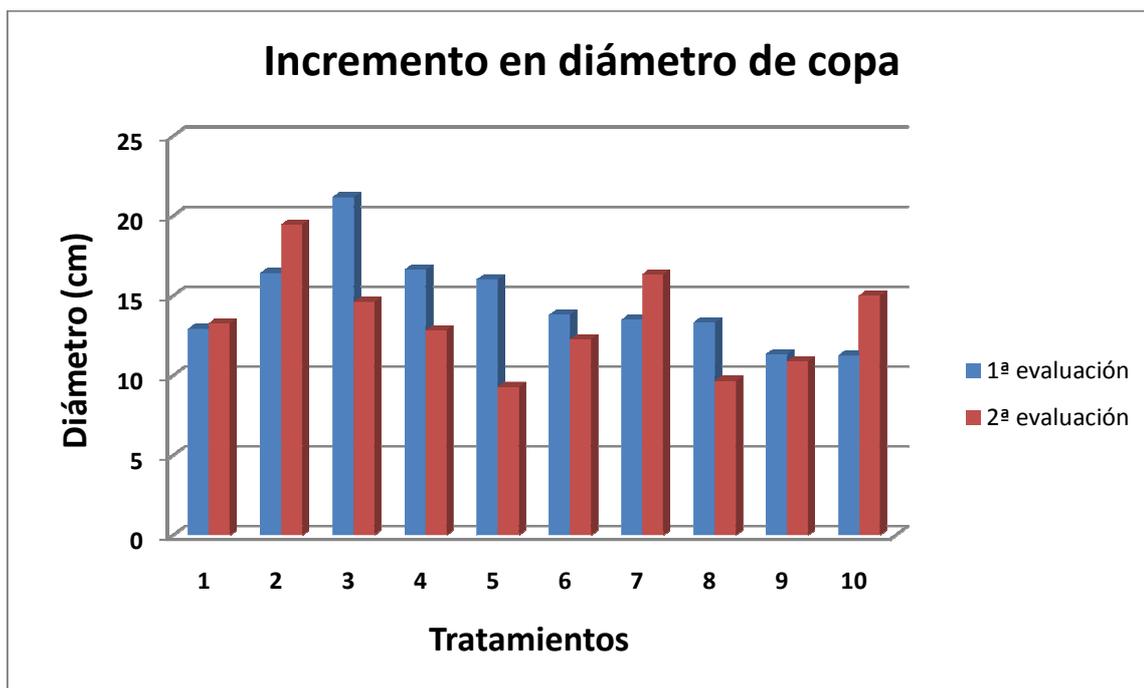


Figura 6. Incremento en diámetro de copa de las dos evaluaciones.

Para resaltar los resultados arrojados en este experimento, se muestra los tratamientos y el comportamiento de cada una de ellas en el incremento en diámetro final. De manera muy evidente se hace notar que los tratamientos T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 35.861 cm; seguido por el T3 (Poda líder de ramas + BIOZYME PP), con 35.778 cm, son los tratamientos que resaltan en valores; quedando en los peores lugares el T9 (Poda líder de ramas (sin producto)), con 22.222 cm; seguido por el T8 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TS), con 23 cm (Figura 7).

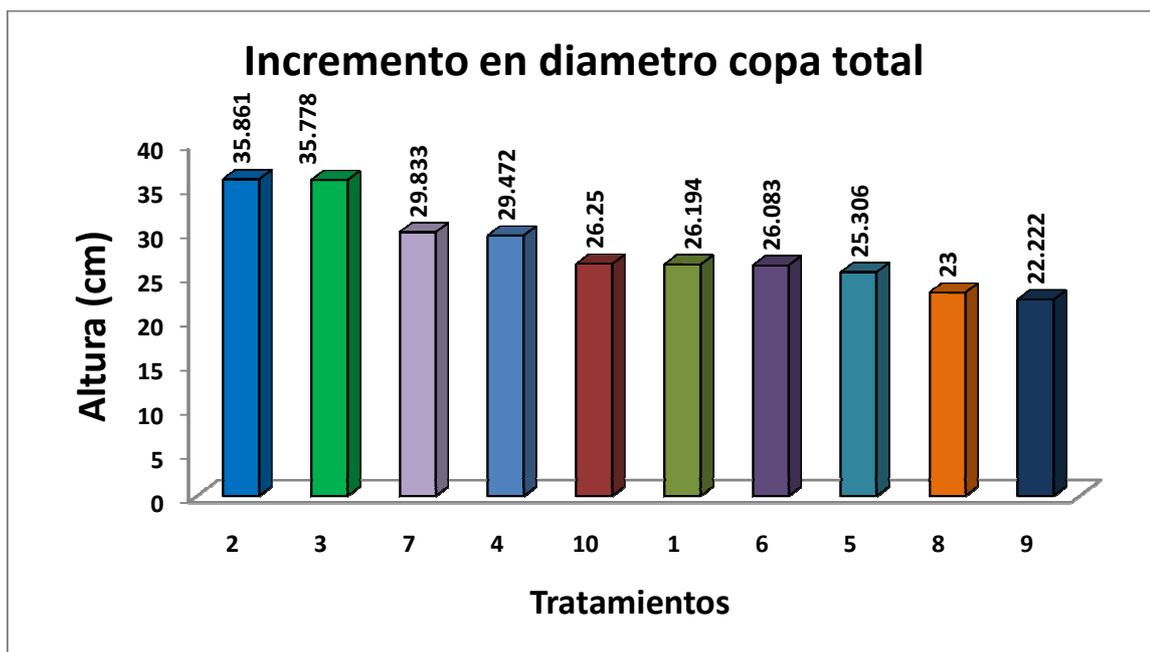


Figura 7. Incremento en diámetro de copa total por tratamiento.

4.1.3 Número de brotes

Este parámetro nada más fue evaluado una sola vez (25 de mayo de 2010), debido a que se realizaron podas de despunte de ramas y para poder evaluarlos era necesario que los rebrotes ya contaran con una longitud considerable y en la primera evaluación aún no contaban con esa característica; una vez que fue evaluado se volvió a aplicar las podas para evaluarlas en la segunda etapa del experimento.

En el análisis de varianza para esta variable se presentan valores con diferencia estadística no significativa ($P > F = 0.6946$) (Apéndice 1), esto indica que los resultados obtenidos influye de manera poco significativa al número de brotes. Y en lo referente a la prueba de comparación de media de Tukey, se encuentran diferencias numéricas; en primer lugar se encuentra el T5 (Poda despunte de yemas + BIOGIB), con 5.333; seguidos por los tratamientos T7 (Poda despunte de yemas + BIOZYME PP) y T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), ambos con valor de 5.111 brotes. Sin embargo el tratamiento que mostró peores resultados fue el T8 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TS), con 3.148 brotes; seguido por

el T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)), con 2.852 brotes (Cuadro 12).

Cuadro 12. Media del número de brotes y la agrupación Tukey por tratamiento.

Evaluación 25-may-10		
Tratamientos	Media	Agrupación Tukey
5	5.333	A
7	5.111	A
2	5.111	A
3	4.815	A
9	4.519	A
4	4.481	A
1	4.259	A
6	3.444	A
8	3.148	A
10	2.852	A

Para detallar estos resultados, se muestra una gráfica con los valores respectivos (Figura 8).

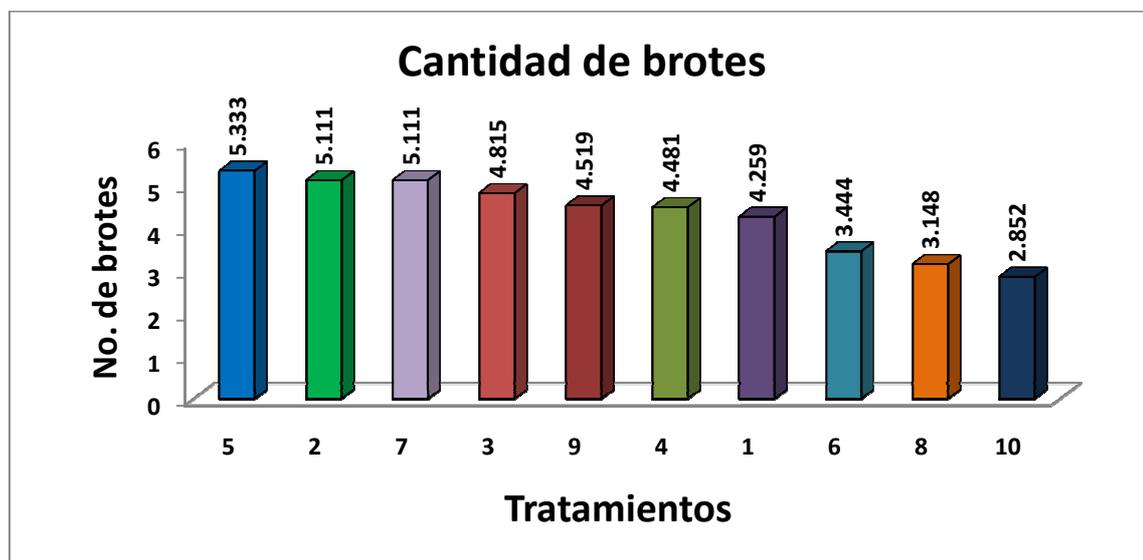


Figura 8. Cantidad de brote por tratamiento.

4.1.4 Longitud de brotes

Para la variable longitud de brotes si hubo diferencias estadísticas altamente significativas ($P < F = 0.0002$) (Apéndice 1), generándose este resultado por la interacción de podas y productos, y de acuerdo con la comparación de medias de Tukey, los tratamientos que son altamente significativos son el T4 (Poda líder de ramas + BIOZIME TS), con 15.056 cm; seguido por el T3 (Poda líder de ramas + BIOZYME PP), con 14.685 cm. Por el contrario los que resultaron ser los peores resultados estadísticamente son el T7 (Poda despunte de yemas + BIOZYME PP), con 5.259 cm, seguido por el T8 (Poda despunte de yemas + 200 gr de BIOZIME*TS / 10 litros de agua), con 4.111 cm (Cuadro 13).

Cuadro 13. Medias de longitud de brotes por tratamientos y agrupación Tukey.

Evaluación 25-may-10		
Tratamientos	Medias (cm)	Agrupación Tukey
4	15.056	A
3	14.685	A
2	12.981	B A
9	10.185	B A C
1	10.111	B A C
5	9.470	B A C
10	6.648	B C
6	5.519	B C
7	5.259	C
8	4.111	C

Para poder apreciar los resultados de una manera más precisa, se muestra una gráfica con los diferentes valores medios por tratamientos (Figura 9).

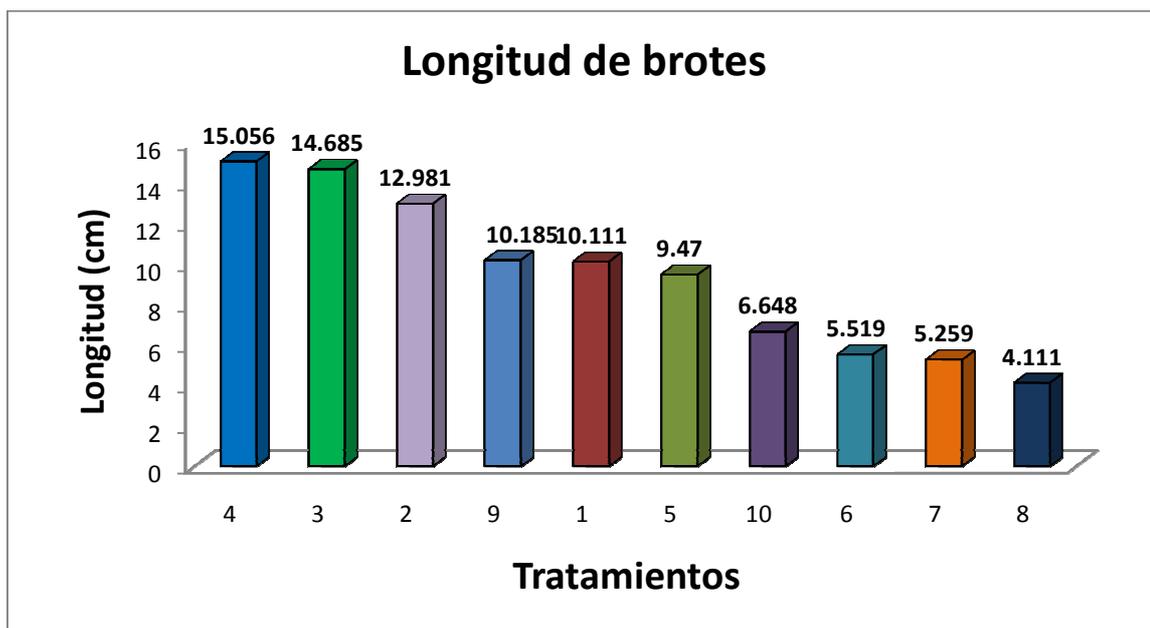


Figura 9. Longitud de brotes por tratamiento.

4.2 Resultados de la segunda etapa del experimento

En esta etapa del experimento, se presenta una contrariedad en cuanto a los incrementos de cada variable evaluada, puesto que la primera medición resultó ser mayor o igual que la segunda medición en los parámetros contemplados en el estudio, esto se le atribuye a las fuertes heladas que se presentaron a principio de año, ya que esto provocó que las yemas principales y laterales se secaran completamente y repercutir en las mediciones finales. Ya que por este motivo, los resultados en el análisis de varianza se ven afectados, y reflejado mucho más claro en la comparación de medias de Tukey, que posteriormente se analiza. Pero aún ante este incidente natural, no afectó de manera drástica en los efectos de los tratamientos.

Los resultados se presentan por variable evaluada para poder tener una visión más clara de la fluctuación de los datos en cada tratamiento.

4.2.1 Crecimiento en altura

En esta variable no se muestran diferencias estadísticas significativas

($P < F = 0.6474$) (apéndice 2), por lo que también la prueba de medias de Tukey no muestra diferencia alguna, pero si hay diferencias numéricas, donde el tratamiento T10 (Poda despunte de yemas (sin producto), con 17.556 cm, siendo el testigo, fue el que demostró tener el mayor valor en centímetros de incremento; seguido por el T4 (Poda líder de ramas + BIOZIME TS), con 15 cm; quedando en último lugar el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 7.222 cm; seguido por T5 (Poda despunte de yemas + BIOGIB), con 0.333 cm (Cuadro 14).

Cuadro 14. Medias de la variable incremento en altura y la agrupación Tukey.

Tratamiento	Media (cm)	Agrupación Tukey
10	17.556	A
4	15.000	A
9	14.444	A
1	13.556	A
7	13.111	A
6	13.000	A
3	10.667	A
8	7.667	A
2	7.222	A
5	0.333	A

La oscilación de los resultados y la forma de como sobresalen cada uno de los tratamientos se puede observar en la Figura 10 de manera detallada, pudiéndose analizar de forma fácil y sencilla.

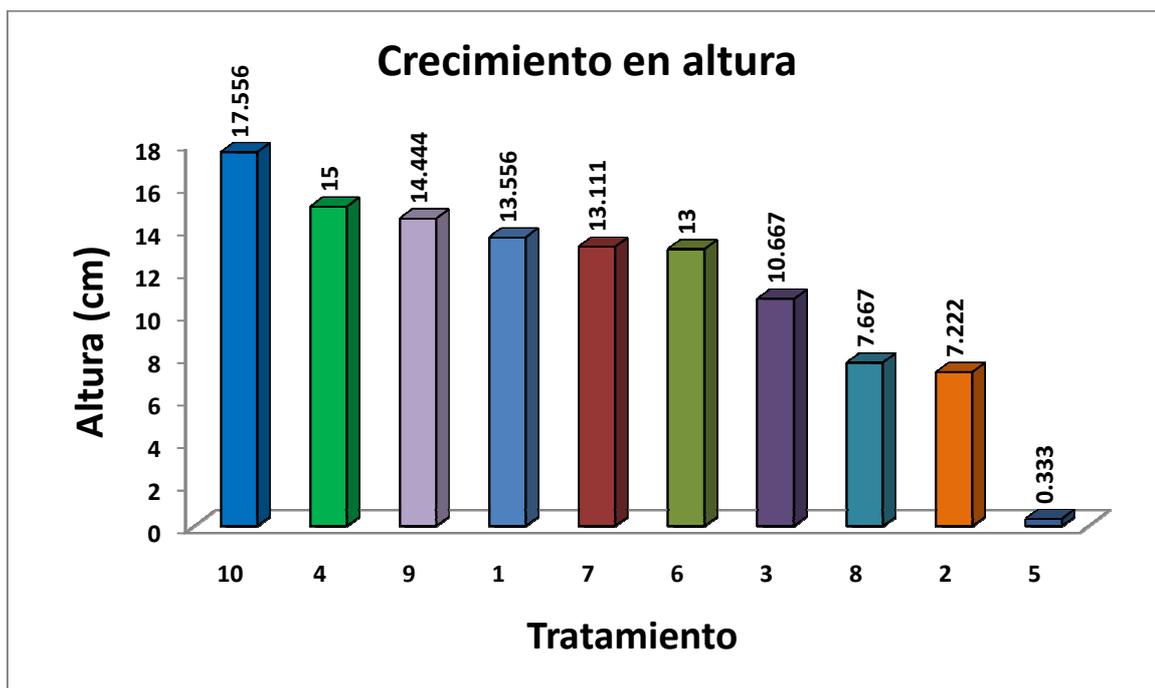


Figura 10. Incremento en altura por tratamientos.

4.2.2 Incremento en diámetro de copa

En esta variable al igual que la variable crecimiento en altura, no tiene diferencias estadísticas significativas ($P < F = 0.8663$) (apéndice 2), de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, sin embargo, si presenta diferencias numéricas en las medias entre tratamientos, ya que el tratamiento que sobresale por encima de todos es el T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)), con 9.444 cm, seguido por el T9 (Poda líder de ramas (sin producto)); y el que ocupa la última posición es el T8 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TS), con 1.333 cm (Cuadro 15).

Cuadro 15. Medias de la variable incremento en diámetro de copa y agrupación Tukey.

Tratamiento	Medias (cm)	Agrupación Tukey
10	9.944	A
9	7.833	A
4	6.944	A
1	4.389	A
7	3.944	A
2	3.667	A
5	3.389	A
6	2.889	A
3	2.667	A
8	1.333	A

En la Figura 11 se observa la variación de valores del incremento en el diámetro de copa de forma más detallada.

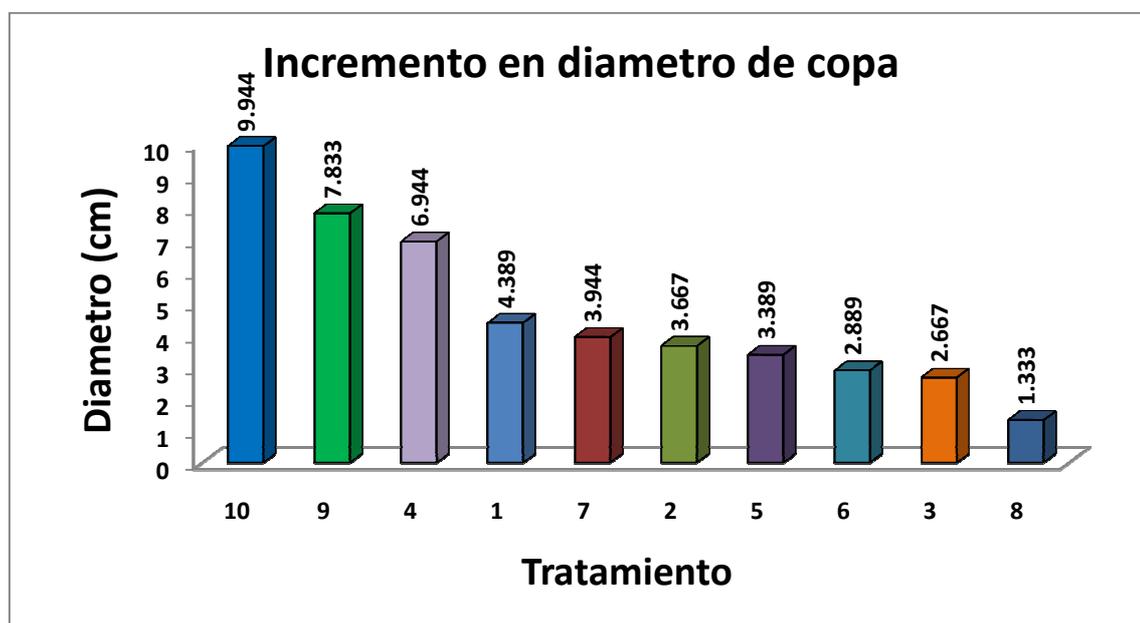


Figura 11. Incremento en diámetro de copa por tratamiento.

4.2.3 Número de brotes

Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas significativas

($P < F = 0.1494$) (Apéndice 2), pero se muestran diferencias numéricas observables en la prueba de medias de Tukey, puesto que el tratamiento que arroja el valor más alto es el T1 (Poda líder de ramas + 10 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua), con 7.370 cm; seguido por el T4 (Poda líder de ramas + BIOZIME TS), con 6.407 cm; por el contrario los tratamientos que demostraron los valores menores, están el T7 (Poda despunte de yemas + BIOZYME PP) y el T5 (Poda despunte de yemas + BIOGIB 10), ambos tratamientos con valores de 3.704 cm (Cuadro 16).

Cuadro 16. Medias de la variable número de brotes y agrupación Tukey.

Tratamiento	Medias (cm)	Agrupación Tukey
1	7.370	A
4	6.407	A
3	6.037	A
2	5.778	A
6	4.852	A
9	4.259	A
10	4.074	A
8	3.926	A
7	3.704	A
5	3.704	A

Como se mencionó anteriormente, no existen diferencias estadísticas pero en los valores se puede ver como oscilan los incrementos entre tratamientos, para tener un visión detallada y comparada por tratamiento, se presenta la Figura 12.

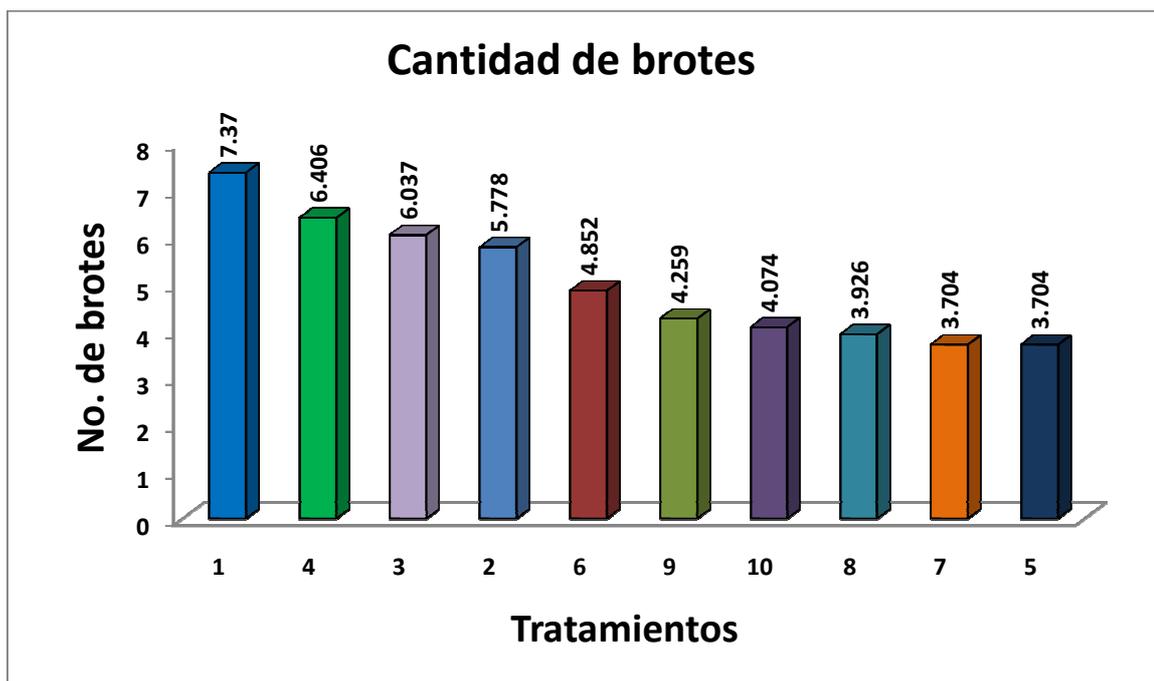


Figura 12. Media de número de brotes por tratamiento.

4.2.4 Longitud de brotes

Esta variable mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($P < F = 0.0111$) (Apéndice 2), y a su vez en la prueba de comparación de medias de Tukey, se encontró que el tratamiento T4, T2, T7, T3, T1, T5, T9, T8 y T10 son estadísticamente iguales pero diferentes al T6 (Poda despunte de yemas + BIOZIME TF), puesto que arrojó el menor resultado, con 5.896 cm; demostrando tener el mejor resultado el T4 (Poda líder de ramas + BIOZIME TS), con un valor de 12.074 cm, seguido por el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF), con 11.759 cm (Cuadro 17).

Cuadro 17. Medias de la variable longitud de brotes y agrupación Tukey

Tratamiento	Medias (cm)	Agrupación Tukey
4	12.074	A
2	11.759	B A
7	9.796	B A
3	9.778	B A
1	7.959	B A
5	7.952	B A
9	7.341	B A
8	6.607	B A
10	6.511	B A
6	5.896	B

Las diferencias existentes de la media en cada tratamiento se pueden observar, de manera detallada en la Figura 13, donde se ve la variación de cada uno de ellos.

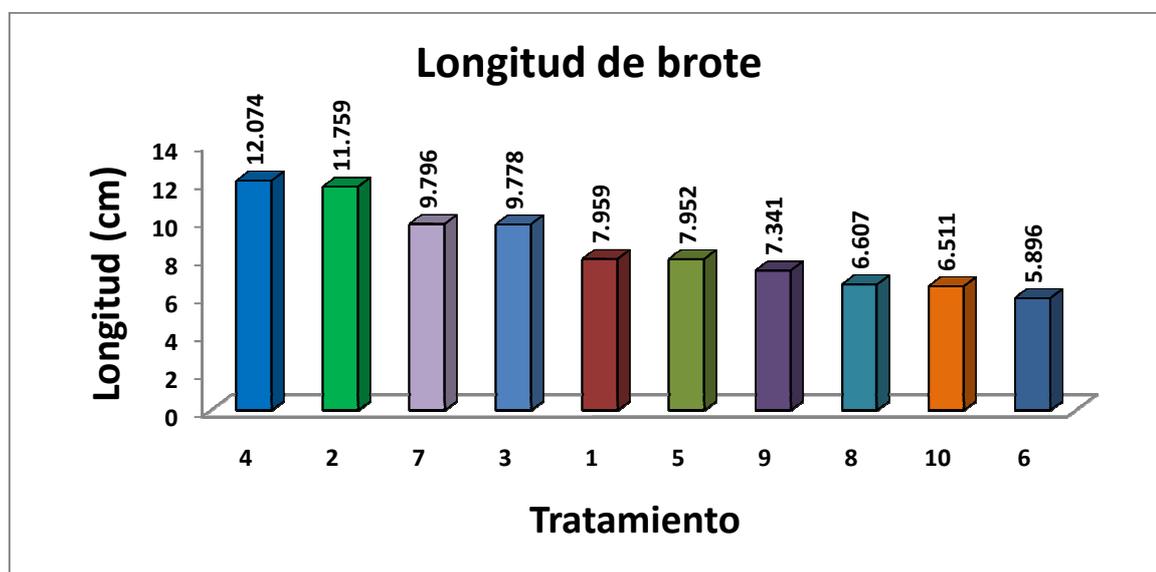


Figura 13. Media de longitud de brotes por tratamiento.

4.3 Discusión

En el análisis de los datos obtenidos en ambas etapas no existió diferencias significativas excepto en la variables crecimiento en altura y longitud de brotes para la primera etapa experimental. En lo que respecta a la segunda etapa experimental solo hubo diferencias estadísticas en la variable longitud de brotes coincidiendo con el tratamiento de la primera etapa experimental.

En lo que respecta a la primera etapa experimental donde la variable crecimiento en altura es estadísticamente significativo en el tratamiento T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)) para la primera etapa y en la segunda etapa del experimento no muestra diferencias estadísticas, pero numéricamente, el T10 es el que destaca, es decir los productos hormonales no mostraron resultados positivos en cuanto al crecimiento del árbol.

En el caso de la variable número de brotes el que obtuvo los mejores resultados numéricamente fue el tratamiento T4 (Poda líder de ramas + BIOZIME TS) en la segunda etapa experimental, puesto que también este tratamiento destaca como el mejor en la variable longitud de brotes, además no afecta el crecimiento en altura ya que se mantiene en segundo lugar por debajo del tratamiento T10 por dos centímetros. Aunque hay que mencionar que en ambas etapas mostró diferencias estadísticas altas en longitud de brote pero la dosis más recomendable es la de la segunda etapa experimental.

En lo que respecta a la variable diámetro de copa no existieron diferencias estadísticas significativas en las dos etapas experimentales aunque las diferencias numéricas tampoco se hace presentes ya que no hay mucha diferencia en valores en uno y otro tratamiento, puesto que los valores entre tratamientos no supera los 8 centímetros. Aunque no hay diferencias numéricas altas la que destaca por algunos centímetros es el T10 para ambas etapas experimentales.

Haciendo una comparación de los tratamientos sin producto que son el T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)) y el T9 (Poda líder de ramas (sin producto)), los cuales fueron utilizados como testigos, si atribuimos que los tratamientos con

algún producto hormonal inhiben el crecimiento del árbol, entonces llega la pregunta del porque el tratamiento T9 no se coloca en los primeros lugares como lo hace el T10, la respuesta se hace presente cuando analizamos las podas utilizadas, ya que la poda para el T9 fue la de líder de ramas, donde esta poda provocaba mayores heridas y las energías del árbol se concentraban más en cicatrizar las heridas y producir brotes y no en altura ni en diámetro de copa. En lo que respecta al T10 la poda aplicada provocó menos heridas y por lo mismo el árbol siguió creciendo a su ritmo natural.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión y en base a los resultados obtenidos en ambas etapas del experimento uno de los testigos en demostró ser el mejor, ya que en la variable incremento en altura y diámetro de copa en ambas etapas el T10 (Poda despunte de yemas (sin producto)) es la que destaco, en base en lo anterior se deduce que los productos hormonales utilizados en este experimento inhiben el desarrollo del árbol en *Pinus pinceana*; aunque hay que mencionar que el T2 (Poda líder de ramas + BIOZIME TF) se mantuvo en primera fila con valor más alto en la primera etapa en la variable diámetro de copa pero no así con la variable incremento en altura, ya que sobresale el T10, ya que la característica para optar por un tratamiento es que debe dar resultados positivos tanto en la variable diámetro de copa como en la variable crecimiento en altura, puesto que un árbol de navidad de buena calidad depende de una altura considerable y diámetro de copa.

Sin embargo si se desea producir la mayor cantidad de rebrotes teniendo una mayor longitud de la misma, se debe recurrir al tratamiento T4 (Poda líder de ramas + 200 gr de BIOZIME*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, puesto que se mantienen compitiendo con el T10 quedando el T4 en segundo lugar. Esto es muy importante ya que los productores de árboles de navidad que requieren obtener mayor densidad en follaje del árbol, puesto que aplicando este tratamiento se gana hasta 3 brotes por ramilla, obteniendo un árbol denso lo que significa calidad y es lo que demanda el mercado.

Si se quieren tener buenos incrementos en diámetro y altura al iniciar un proyecto de plantaciones de árboles de navidad no es recomendable usar productos hormonales pero si cuando se desee tener mayor número de rebrotes en una sola ocasión cuando el árbol ya tenga una altura considerable o cuando ya esté casi listo para salir al mercado.

Una vez concluido que los productos hormonales inhiben el crecimiento de *Pinus pinceana*, es de gran utilidad hacer énfasis en la importancia que tienen estos productos hormonales puesto que en los resultados de este experimento se vio que hay tratamientos que pueden mantener el crecimiento del árbol de manera constante por un buen lapso de tiempo, esta característica puede ser utilizada cuando la producción de árboles de navidad es excesiva y la demanda de este producto en el mercado es baja y se pretenda mantener la misma altura y diámetro requerida por los consumidores para la próxima temporada, es una buena opción recurrir a uno de los tratamientos que arrojó el menor incremento en altura y diámetro de copa, en este caso fue el tratamiento T5 (Poda despunte de yemas + 10 gr de BIOGIB*10/ 10 litros de agua) de la segunda etapa experimental, puesto que en la variable altura solo incrementa 0.333 cm y en el diámetro de copa incrementa 3.389 cm.

VI. LITERATURA CITADA

- Álvarez M., J.G. 2009. Tratamientos de poscosecha en árboles de navidad de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pseudotsuga menziesii*. *Rev. Cien. For. en Méx.* pp: 171-190.
- Álvarez A., R., C. Saucedo V., S. Chávez F., V. Medina U. y M. Colinas L., R. Báez S. 2008. Reguladores de crecimiento en la maduración y senescencia de frutos de limón mexicano. *Agricultura técnica en México.* Volumen 34: 5-11.
- Azcon-Bieto J., Talon M. 2008. *Fundamentos de fisiología vegetal.* Segunda edición. McGraw-Hill Interamericana. Pp: 349- 445.
- Alm A., A., C. Vogt E. and C. Wegner D. 1994. Christmas trees. University of Minnesota. U.S.A. <http://www.mes.umn.edu/documents/d/d/dd2022.html>.
- Bidwell R., G. S. 2002. *Fisiología vegetal.* Cano C., G. G. primera edición en español. Queen's University, Kingston, Ontario, Canadá. Pp: 599-625
- Bermúdez M., E. J. y A. Prieto R. 2002. Producción de árboles de navidad en las regiones semiáridas de México. Folleto técnico núm. 17. Instituto Nacional Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), Durango, México. Pp. 3-16.
- Brown H., J., Cowen F. G. y B. R. Heiligmann. 1999. Manual de productores de árboles de navidad de Ohio. U.S.A. Boletín 670. <http://ww2.ag.ohiostate.edu/~ohioline/b670/index.html>.
- Beauliev R. 1973. Reguladores de crecimiento. Oikostau, S.A. España. pp 21-51.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Producción y Productividad: Plantaciones Forestales Comerciales. ([www. Conafor.gob.mx](http://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. U.A.A.A.N., México.
- Costas R., P., MacDonagh E., Weber, S. Figueredo y P. Irschick. 2005. Influencias de la densidad y podas sobre producción de *Pinus taeda* L a los 7 años de edad. Ciencia florestal. UFDM, Brasil. Volumen 15: 275-284.
- Capo A., M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: los ingredientes del éxito. Primera edición. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp: 15-18.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1997a. Carta de Uso de Suelo. G14 C33 Saltillo Coahuila. Escala 1:50,000. SPP, I.N.E.G.I., México.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1975b. Carta de Topográfica. G14C33 Saltillo, Coahuila. Escala 1:50,000. SPP, I.N.E.G.I., México.
- Caballero, M. y R Avila. 1989. Importancia actual y potencial de los piñoneros en México. In: Flores, J. D., L. J. flores, M. E. García y R. H. LIRA (comp.). Memorias del III Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Saltillo, Coah. pp 18-22.
- Chapman G., W. y T. Allan. G. 1978. Técnicas para el establecimiento de plantaciones forestales.
- Chapa B., M. C. 1976. Principales técnicas de cultivo "árboles de navidad". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín divulgatorio No 41. México. 54 p.

Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de conocimientos de género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 623 p.

Espíndola B., E., R. Cano M., J. Rodríguez A. y P. Sánchez G. 2008. Amarre en aguacate "has" con aplicaciones de GA3, N y anillado. Agricultura técnica en México. Volumen 34: 407-419.

Fidecomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco (FIPRODEFO). 2009. Experiencias y manual para la producción de árboles de navidad en el estado de Jalisco, México. Pp: 32-43.

Galván L., J.J., F. Briones E., P. Rivera O., L. Valdez A., M. Soto H., J. Rodriguez A. y O. Salazar S. 2009. Amarre, rendimiento y calidad del fruto en naranja con aplicación de un complejo hormonal. Agricultura técnica en México. Volumen 35: 339-345.

Galloway G. y Borgo G. 1984. Guía para el establecimiento de plantaciones forestales en la sierra Peruana. FAO. Pp: 25-29.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (I.N.E.G.I.). 2000. Carta de vegetación G14C33 (Saltillo). Escala 1:50 000. México.

Koelling M., R., Hart, James B. and Leefers, . 1998. Christmas Tree Production in Michigan. Universidad Estatal de Michigan.

Lindstrom O., M., D. J. Mothered and G.W. Kent. 1997. Propagation and care of leyend cypress as Christmas trees. <http://www.bugwood.org>.

Landren C., G. and B. Douglas S. 1993. Developing high quality true fir Christmas trees. Pacific Northwest. Extension publication. PNW225. 21p.

- Merlín B., E y R. Prieto. J. A. 2002. Producción de árboles de navidad en regiones semiáridas del norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto técnico. Campo experimental valle de Guardiana. CIRNOC. Durango, Dgo. 26 p.
- McCullough G. D. and R. Koelling M. 1996. Manejo integrado de plagas en producción de árboles de navidad. Rafael E. Universidad de Minnesota, Michigan, Estados Unidos De América.
- Marcus A. 1971. Enzyme induction in plants. *Inn. Rev. Plant-Physiol.* pp: 313-336.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas. México. 361 p.
- Nájera C., J. A. 2006. Programa de manejo de plantación forestal simplificado. Reg. For. Nal. Secc. 4ª, Libro 10; vol.1, a fojas 142, Num 493.
- 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.
- Pérez B., M., V. Vázquez V. y J. Osuna G. 1999. Uso de la giberelinas para modificar crecimiento vegetativo y floración en mango "tommy atkins" y ataulfo". I.N.I.F.A.P.
- Pérez G., f. y J. Martínez-Laborde. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Universidad politécnica de Madrid. Pp: 121-134.
- Rojas G., M. 1995. Usos agrícolas de los fitoreguladores en la agronomía. No. 164. ITESM. Monterrey, N.L.
- Perry J., P. 1981. The pines of Mexico and Central America. Timber Press, Portlan, Oregon.
- Rojas R., F. y G. Torres C. 1989. Árboles de navidad, establecimiento y manejo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie informativa Núm. 19. 47 p.
- Rojas G., M. y M. Rovalo. 1972. Fisiología vegetal aplicada. 2ª edición. Mc Graw-Hill. México pp 91-102, 161,166-169.

- Rojas G. M., 1963. La acción fundamental de las auxinas. ITESM. Monterrey, N.L.
- SEMARNAT. 2003. Cultivo de árboles de navidad en México.
<http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/ArbolesNavidad.html>.
- SEMARNAT. 2000. Anuario de la secretaria de medio ambiente y recursos naturales. Cultivo de árboles de navidad en México.
<Http://semarnat.gob.mx/DGFforestal/cultivo/index.html/>.
- SEMARNAP. 1999a. Plantaciones comerciales de árboles de navidad con *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. México. Dirección General Forestal. Nota técnica No 1. 8 p.
- SEMARNAP. 1999b. Las plantaciones forestales comerciales en México. Dirección General Forestal. Documento de información al público. 10 p.
- Secretaria de Programación y Presupuesto (SSP). 1987. Síntesis Geográfica del Estado de Coahuila. México, D.F. 165 p.
- Salisbury B., F. y W Ross. C. 1994. Fisiología vegetal. (Traductor) González V., V. (U.N.A.M.), P. Martínez R. (UABC). Cuarta edición. Utah State University. Pp 395-449.
- Tovar C., D. 2009. Estudio de análisis de riesgo de plagas de los insectos y patógenos exóticos que pueden entrar en los árboles de navidad que se importan de Estados Unidos y Canadá a México. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. Pp: 1-10.
- Torres C., G. y F. Rojas. G. 2008. Árboles de navidad: un cultivo forestal a muy corto plazo. Kurú: Revista forestal (Costa Rica). 5:13-14.
- Vázquez B., E. y S. García T. 1981. Fisiología vegetal. Editorial pueblo y educación, La Habana, Cuba.

Weaver R, J. 1976. Reguladores del crecimiento en la agricultura. TRILLAS.
México. 622 p.

VII. APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza para la primera etapa del experimento.

Análisis de varianza para la variable incremento en altura de la primera fecha de evaluación (23 de marzo de 2010).

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	494.6676	54.96307	2.54	0.0393
Error	20	432.0741	21.6037		
Total	29	926.7417			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.533771		23.06689	4.647978	20.15	

Análisis de varianza para la variable incremento en altura de la segunda fecha de evaluación (25 de mayo de 2010).

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	738.670370	82.074486	1.36	0.2694
Error	20	1206.370370	60.318519		
Total	29	1945.040741			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.379771		46.19861	7.766500	16.81111	

Análisis de varianza para la variable incremento en altura de la última fecha de evaluación (29 de enero de 2011).

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	1526.556481	169.617387	2.40	0.0495
Error	20	1413.703704	70.685185		
Total	29	2940.260185			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.519191		22.74674	8.407448	36.96111	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro de copa para la primera evaluación (23 de marzo de 2010).

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	242.3240741	26.9248971	1.02	0.4584
Error	20	528.6111111	26.4305556		
Total	29	770.9351852			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.314325		35.11923	5.141066	14.63889	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro de copa para la segunda evaluación (25 de mayo de 2010).

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	263.9490741	29.3276749	2.60	0.0362
Error	20	225.8333333	11.2916667		
Total	29	489.7824074			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.538911		25.14991	3.360308	13.36111	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro de copa para la tercera fecha de evaluación (29 de enero de 2011).

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	610.375000	67.819444	1.91	0.1095
Error	20	710.361111	35.518056		
Total	29	1320.736111			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.462148		21.28465	5.959703	28	

Análisis de varianza para la variable número de rebrotes.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	20.65884774	2.29542753	0.71	0.6946
Error	20	64.76543210	3.23827160		
Total	29	85.42427984			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.241838		41.77733	1.799520	4.307407	

Análisis de varianza para la variable longitud de rebrotes.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	424.8877407	47.2097490	6.88	0.0002
Error	20	137.1398354	6.8569918		
Total	29	562.0275761			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.755991		27.84961	2.618586	9.402593	

Apéndice 2. Análisis de varianza para la segunda etapa del experimento.

Análisis de varianza para la variable incremento en altura.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	673.337037	74.815226	0.77	0.6474
Error	20	1950.814815	97.540741		
Total	29	2624.151852			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.256592		87.74575	9.876272	11.25556	

Análisis de varianza para la variable incremento en diámetro de copa.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	193.688889	21.520988	0.49	0.8663
Error	20	883.944444	44.197222		
Total	29	1077.633333			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.179735		141.4489	6.648099	4.7	

Análisis de varianza para la variable número de brotes.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	45.6629630	5.0736626	1.72	0.1494
Error	20	58.9629630	2.9481481		
Total	29	104.6259259			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.43644		34.2642	1.717017	5.011111	

Análisis de varianza para la variable longitud de rebrotes.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr \square F
Modelo	9	128.7541399	14.3060155	3.38	0.0111
Error	20	84.5381893	4.2269095		
Total	29	213.2923292			
R-Cuadrada		C.V.	Raíz CME	Media	
0.603651		23.99728	2.055945	8.567407	