

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EVALUACIÓN DE CITOQUININA EN ESQUEJES DE
PENSTEMON (*Penstemon campanulatus*); VILLA CANALES, GUATEMALA

TESIS DE GRADO

MOISÉS ISAURO CADENAS SABALA
CARNET 22840-09

JUTIAPA, SEPTIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EVALUACIÓN DE CITOQUININA EN ESQUEJES DE
PENSTEMON (*Penstemon campanulatus*); VILLA CANALES, GUATEMALA

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

MOISÉS ISAURO CADENAS SABALA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

JUTIAPA, SEPTIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE
INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. NORMAN GILBERTO VIRGILL MARMOL

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

ING. CÉSAR AUGUSTO PALMA ESPINA
ING. MARIA ISABEL MORAN SOSA DE YANES
LIC. EDWIN ROLANDO PAREDES MAZARIEGOS

Guatemala 26 de Septiembre de 2015

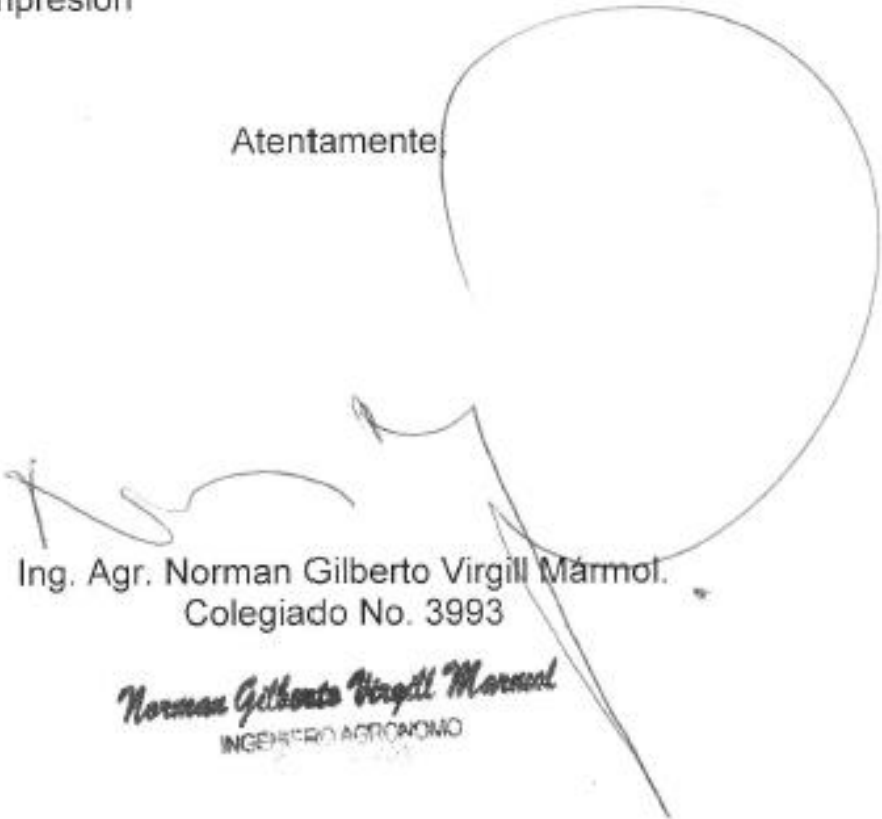
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Moisés Isauro Cadenas Sabala, carné 22840-09, titulada: **"Evaluación de citoquinina en esquejes de Penstemon (*Penstemon campanulatus*); Villa Canales, Guatemala.**

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión

Atentamente,



Ing. Agr. Norman Gilberto Virgill Marmol.
Colegiado No. 3993

Norman Gilberto Virgill Marmol
INGENIERO AGRÓNOMO



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06344-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MOISÉS ISAURO CADENAS SABALA, Carnet 22840-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 0695-2015 de fecha 29 de agosto de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE CITOQUININA EN ESQUEJES DE
PENSTEMON (*Penstemon campanulatus*); VILLA CANALES, GUATEMALA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 21 días del mes de septiembre del año 2015.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A: Dios por darme la sabiduría y oportunidad de estudiar y concederme éste triunfo, y por estar conmigo en cada momento.

Mis padres Efraín Cadenas Morales y Patricia Sabala de Cadenas, por darme su apoyo y amor incondicionalmente en cada día y por el gran esfuerzo que hacen para darme lo mejor siempre.

Mis hermanos Walter Cadenas, Sandy Cadenas y Mishell Cadenas, por ser un apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

Mi familia por cada palabra de apoyo que me dieron en todo momento a lo largo de mis estudios.

A los ingenieros de la Universidad Rafael Landívar por su apoyo incondicional durante el tiempo de estudio.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por ser mi guía a lo largo de mi vida y el que me ha guardado a lo largo del camino y me ha llenado de fortaleza.

Mis Padres: Porque en cada momento me apoyaron incondicionalmente y con su ejemplo he buscado alcanzar cada meta.

Mis hermanos: Por el apoyo que me brindaron ante todas las circunstancias de la vida.

Familia: Porque de una u otra manera me han apoyado, al saber que estarían allí cuando los necesitara.

INDICE

RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS ORNAMENTALES	2
2.2 DESCRIPCIÓN Y ORIGEN DEL PENSTEMON	3
2.2.1 CLASIFICACION TAXONOMICA	3
2.3 ANATOMÍA Y MORFOLOGIA DE PENSTEMON	4
2.4 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS	4
2.5 MANEJO DEL CULTIVO DE PENSTEMON	5
2.6 CITOQUININAS EN LA PRODUCCION DE PLANTAS ORNAMENTALES	5
2.6.1 HISTORIA DE LAS CITOQUININAS	6
2.6.2 PRESENCIA Y NATURALEZA DE LAS CITOQUININAS.....	6
2.6.3 QUIMICA DE LAS CITOQUININAS	6
2.6.4 EFECTOS BIOLOGICOS Y MECANISMOS DE ACCION.....	7
2.7 INVESTIGACIONES REALIZADAS SOBRE EL USO DE CITOQUININAS EN EL CULTIVO DE PENSTEMON.....	8
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	10
3.2 JUSTIFICACION	¡Error! Marcador no definido.
IV. OBJETIVOS	12
4.1 OBJETIVO GENERAL	12
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12

V. HIPOTESIS	13
5.1 HIPÓTESIS ALTERNA	13
VI. METODOLOGIA	14
6.1 LOCALIZACION DEL TRABAJO	14
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	14
6.3 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS	14
6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
6.5 MODELO ESTADISTICO	15
6.6 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	16
6.7 CROQUIS DE CAMPO.....	16
6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO	17
6.9 VARIABLES DE RESPUESTA.....	19
6.9.1 Rendimiento de esquejes exportables por maceta	19
6.9.2 Tiempo expresado en semanas para llegar a máxima productividad	19
6.9.3 Costos e Ingresos	19
6.10 ANALISIS DE LA INFORMACION	20
6.10.1 Análisis Estadístico	20
6.10.2 Análisis económico	20
VII. RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
7.1 RENDIMIENTO DE ESQUEJES EXPORTABLES POR MACETA.....	21
7.2 CANTIDAD DE SEMANAS PARA LLEGAR A MÁXIMA PRODUCTIVIDAD DE ESQUEJES POR MACETA SEMANALES.....	24
7.3 ANALISIS ECONOMICO	26
VIII. CONCLUSION	29
IX. RECOMENDACIONES.....	30

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....31

XI. ANEXOS34

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación Taxonómica de Penstemon.....	4
Cuadro 2.	Descripción de los tratamientos.....	15
Cuadro 3.	Análisis de varianza y coeficiente de variación.....	21
Cuadro 4.	Análisis de prueba múltiple de medias de Duncan al 1%.....	23
Cuadro 5.	Análisis de varianza y coeficiente de variación.....	24
Cuadro 6.	Análisis de presupuesto parcial para los tratamientos con producción de esquejes de calidad de exportación.....	26
Cuadro 7.	Beneficio bruto, costos que varían y beneficio neto de los tratamientos.....	26
Cuadro 8.	Análisis de dominancia de los tratamientos.....	27
Cuadro 9.	Rentabilidad para los tratamientos no dominados.....	28
Cuadro 10.	Esquejes cosechados de la primera a la quinta semana.....	34
Cuadro 11.	Esquejes cosechados de la sexta a la décima semana.....	35
Cuadro 12.	Promedio de producción de esquejes por tratamiento evaluado.....	36
Cuadro 13.	Cronograma de actividades ejecutadas para la evaluación.....	37
Cuadro 14.	Beneficio bruto por hectárea.....	42
Cuadro 15.	Costo total por hectárea para cada tratamiento.....	42
Cuadro 16.	Costo de hormona por hectárea de producción para cada tratamiento....	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Croquis de campo de la evaluación.....	16
Figura 2.	Cantidad promedio por maceta de esquejes cosechados semanalmente por cada tratamiento evaluado.....	24
Figura 3.	Establecimiento de las macetas para la evaluación, en este momento los esquejes llevaban una semana de siembra.....	38
Figura 4.	Maceta de esquejes luego de dos semanas desde la siembra, se sembraron cuatro esquejes por maceta	38
Figura 5.	Primera aplicación de hormona a las cuatro semanas luego de la siembra, en este momento los esquejes ya están enraizados.....	39
Figura 6.	Colocación de marca para determinar el ciclo de crecimiento del esqueje desde la poda hasta formar un esqueje de nivel de exportación, esto fue en la cuarta semana luego de la siembra.....	39
Figura 7.	Estado general del crecimiento de la planta en los diferentes tratamientos, esto fue a las catorce semanas luego de la siembra.	40
Figura 8.	Decoloraciones en esquejes por fitotoxicidad causada por algunos tratamientos, estos esquejes no se contabilizaron en la producción.....	40
Figura 9.	Cosecha de esquejes con nivel de exportación, estos esquejes son cosechados del tratamiento nueve en la semana veinte luego de la siembra.....	41
Figura 10.	Cosecha de los esquejes de nivel de exportación por tratamiento.....	41

EVALUACION DE CITOQUININA EN ESQUEJES DE PENSTEMON (*Penstemon campanulatus*); VILLA CANALES, GUATEMALA.

RESUMEN

La evaluación tuvo como objetivo incrementar el rendimiento de esquejes de exportación por maceta en el cultivo de *Penstemon* (*Penstemon campanulatus*), la cual se realizó en la empresa Fides Guatemala S.A. ubicada en aldea El Jocotillo, Villa Canales. Se evaluaron diez y nueve tratamientos formados por la combinación de seis dosis de la hormona y 3 periodos de aplicación de la misma, más el testigo absoluto. Las variables medidas fueron el rendimiento de esquejes exportables por maceta, días de ciclo de crecimiento de un esqueje para alcanzar la calidad de exportación y los costos e ingresos en cada tratamiento. El tratamiento que presentó los mejores resultados fue el tratamiento con dosis de 0.0025 gramos de hormona N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine por litro de agua con periodo de aplicación cada 14 días, en la variable de esquejes por maceta mostró un promedio de 5.57 esquejes por semana, en la variable de ciclo de crecimiento de los esquejes se tuvo 28 días necesarios para llegar a calidad de exportación y en el aspecto económico mostró un beneficio neto de Q13,913,441 por hectárea de producción y una rentabilidad del 43.5%. Por lo anterior se concluye que el uso de la citoquinina, dependiendo de la dosis y los periodos de aplicación, influyen en la producción de la planta, ya que hay una interacción entre ambos factores; por lo que se recomienda validar el tratamiento con la dosis de 0.0025 g/L con un periodo de aplicación cada 14 días para incrementar la producción en el cultivo de *Penstemon*.

EVALUATION OF CYTOKININ ON PENSTEMON CUTTINGS (*Penstemon campanulatus*); VILLA CANALES, GUATEMALA.

SUMMARY

The evaluation aimed to increase the performance of export cuttings per pot in *Penstemon* growing (*Penstemon campanulatus*), which was held in the company Fides Guatemala S.A., located in El Jocotillo, Villa Canales. Nineteen treatments formed by combining six doses of the hormone were evaluated and three periods of application thereof, plus the reference sample. The measured variables were: performance of export cuttings per pot, cutting cycle growth days to achieve export quality and, the costs and revenues for each treatment. The treatment that presented the best results was the treatment with hormone doses of 0.0025 grams of N-(phenylmethyl) -1H-purine-6-amine per liter of water with an application period every 14 days, the variable of cuttings per pot showed an average of 5.57 cuttings a week, the variable of the cuttings growth cycle had 28 necessary days to reach export quality and in regards to the economic aspect, it showed a net profit of Q13,913,441 per hectare of production and a profitability of 43.5%. Therefore, it is concluded that the use of the cytokinin, depending on the dose and periods of application, influences the production of the plant, since there is an interaction between the two factors; consequently it is recommended to validate the treatment with a dose of 0.0025 g/L with an application period of every 14 days to increase production in *Penstemon* growing.

I. INTRODUCCION

El sector de plantas ornamentales, follajes y flores integra a productores y empresas exportadoras de plantas vivas, follajes cortados y flores cultivadas. Su producción abarca más de 500 especies y 2000 variedades de plantas, más de 10 especies de flores y más de 10 especies de follaje (Sánchez, 2001).

La gran diversidad de climas y microclimas de Guatemala, permite cultivar especies nativas y muchas otras introducidas, las cuales se han adaptado a nuestras condiciones. Todas ellas son exportadas en múltiples formas, tales como: plantas en medio cultivo, enraizadas y brotados, bulbos, tips, rizomas, acodos o puntas, así como flores cortadas (Vidalie, 2001).

En muchas ocasiones se tienen cultivos con un bajos rendimientos, tal es el caso del Penstemon (*Penstemon campanulatus*) que tiene una producción de 4 esquejes por maceta semanalmente, además quién ocupa un importante lugar en la producción de esquejes en la empresa Fides Guatemala S.A., ya que para cubrir la demanda actual es necesario cultivar una hectárea con cobertura bajo invernadero, lo que representa un 10% de ocupación del área total con cobertura específica para ese cultivo, lo cual hace tener un alto precio de oferta del producto hacia el mercado en comparación a cultivos de mayor productividad, por lo cual se hace necesario incrementar la producción en este cultivo para disminuir el precio de oferta y buscar con ello incrementar la demanda. (Mendoza, 2013)

Por lo anterior se evaluó el efecto de 6 dosis de la Citoquinina (N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine), aplicados en 3 periodos de tiempo para incrementar el rendimiento del cultivo de Penstemon (*Penstemon campanulatus*).

II. MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS ORNAMENTALES

Existen mercados de carácter internacional para la producción de plantas ornamentales, la distribución mayorista de estas plantas de producción llega a centros comerciales o vendedores minoristas, que venden por unidades o las expenden para su uso en jardinería para el mercadeo en floristería (ramos, etc.). La floricultura ha encontrado un importante aliciente para su crecimiento a partir de los años 1970 cuando comenzó a crecer en términos mundiales (Jiménez, 1990).

Un conjunto de tecnologías como la creación de plásticos para cubiertas de invernaderos, el riego de precisión como el goteo, la incorporación de abundante y diverso equipamiento, instrumental, logística de movimientos de la mercadería, el transporte por vehículos refrigerados de gran tamaño y el avión, la llevaron a ser una actividad de alcance mundial. Holanda con sus mercados de subastas que llegan a todo el mundo, convirtió a la floricultura en un fenómeno transnacional. Hoy día con el transporte desde España hacia los mercados de Holanda, se ha encontrado una fuente de producción de material vegetal que se comercia hacia el interior de la Unión Europea. El fenómeno de la producción por fuera de los centros consumidores en países de Sudamérica tales como Ecuador, Colombia y en África en diversos países como Kenia y Zimbabue, ha internacionalizado la actividad; Estados Unidos es el destino de gran parte de toda la producción (Jiménez, 1990).

En Guatemala específicamente, la industria de plantas ornamentales, follajes y flores tiene una trayectoria de 30 años, durante la cual se ha constituido un grupo de 125 empresas productoras y exportadoras, que generan 60,000 fuentes estables de trabajo, 15,000 empleos permanentes, de los cuales 80% son mujeres. Sobre esta base se ha desarrollado una actividad exportadora que evidencia una dinámica creciente y sostenida, con una tasa de crecimiento del 10%, que contribuye al ingreso de divisas al país con alrededor de 100 millones de dólares (Comisión de Plantas Ornamentales y Follaje, 2012).

El sector de plantas ornamentales, flores y follajes integra a productores y exportadores de plantas vivas, follajes cortados y flores cultivadas. Su producción abarca más de 200 especies y 500 variedades de plantas, más de 10 especies de flores y más de 10 especies de follaje (Comisión de Plantas Ornamentales y Follaje, 2012).

El cultivo de *Penstemon* ha tomado gran importancia en Guatemala debido a sus características fenotípicas, ya que la coloración, tonalidad, forma y estructura de sus flores, es de gran atracción para los mercados de Estados Unidos, Canadá y Europa; por ello en los últimos años, la demanda de éste cultivo ha incrementado 10% anual, por lo que se considera un cultivo prometedor para las empresas del sector de productores de plantas ornamentales en Guatemala (Mendoza, 2013).

2.2 DESCRIPCIÓN Y ORIGEN DEL PENSTEMON

El *Penstemon* es originario de México, con su origen específico en Sinaloa y el área de Chihuahua a Oaxaca (Hanan, 2005).

Es una planta erguida de casi 1 metro (m) de altura. Las hojas son alargadas dispuestas en pares y sentada sobre los tallos con dientecillos en los bordes. Tiene las flores de color rojo púrpura o moradas en forma de campanitas angostas y están acomodadas en grupos de 4 flores muy vistosas. Los frutos son cápsulas con forma de trompillos (Peña, 1991).

2.2.1 Clasificación taxonómica

Penstemon es un género con 415 especies de plantas de flores perteneciente a la familia Scrophulariaceae. En el cuadro 1 se muestra la clasificación taxonómica de *Penstemon* (Schmidel, 1763).

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica de Penstemon.

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Scrophulariales
Familia:	Scrophulariaceae
Tribu:	Cheloneae
Género:	<i>Penstemon</i>

(Schmidel, 1763).

2.3 ANATOMÍA Y MORFOLOGIA DE PENSTEMON

Tienen hojas enfrentadas, en parte en forma de tubo y dos labios con las semillas de cápsulas. La característica más distintiva del género es el destacado estaminode, un infértil estambre. El estaminode tiene una variedad de formas en las distintas especies, mientras que normalmente un largo y recto filamento que se extiende a la boca de la corola, algunos son aún más largos y muy peludos, dando la apariencia de una boca abierta con una lengua saliente borrosa. La mayoría de las especies son herbáceas perennes, el resto son subarborescentes o arbustos que pueden alcanzar alturas de 10 centímetros (cm) hasta 3 m (Schmidel, 1763).

2.4 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

El *Penstemon* prefiere ser ubicada al sol donde tendrán una muy buena floración; sin embargo aceptan semi-sombra pero su floración será menor, una temperatura de 20 a 35 grados centígrados. Protegerlas de vientos fuertes que quebrarían sus tallos. En cuanto al suelo, debe ser un suelo neutro a alcalino, con ph entre 6.6 y 8.5, arenoso con muy buen drenaje. Los suelos demasiado fértiles acortan su vida. Puede hacerse un abonado leve en otoño, cuidando de aportar micronutrientes y bajo porcentaje de nitrógeno (Tecvi, 2009).

Los riegos durante el período vegetativo serán regulares en frecuencia y escasos en volumen, sin conservar el suelo húmedo pues no lo tolera. Una vez establecida tolerará sequía. Finalizado el período vegetativo se van espaciando los riegos hasta suspenderlos durante la época fría (Tecvi, 2009).

2.5 MANEJO DEL CULTIVO DE PENSTEMON

Chacón (2013), menciona que el método de propagación más utilizado es la forma asexual por medio del corte de meristemas apicales (esquejes) y además que en el cultivo se realizan 2 tipos de podas para preparar la planta para la producción, las cuales son:

Poda de formación

Consiste en el corte de todos los meristemas apicales existentes cada 4 semanas (normalmente) luego del trasplante; ésta poda se debe hacer durante 14 semanas luego del plantado.

Poda de Mantenimiento

Consiste en el corte de los esquejes que sobrepasen la longitud de 5 cm, ya que es un esqueje que perdió la calidad para exportación; y con ello mantener una forma y disponibilidad adecuada de esquejes en la planta.

2.6 CITOQUININAS EN LA PRODUCCION DE PLANTAS ORNAMENTALES

Contreras (2013), menciona que las citoquininas o citosinas son hormonas vegetales, fitohormonas, imprescindibles en la regulación del desarrollo y mantenimiento de los tejidos vegetales.

Las citoquininas regulan numerosos procesos biológicos y fisiológicos en los vegetales. Así, por ejemplo: controlan la citocinesis, tienen actividad sobre la síntesis de proteínas), disminuyen la dominancia apical, permitiendo el crecimiento de

ramificaciones laterales e iniciación de yemas, aceleran la germinación e influyen sobre el transporte de nutrientes y metabolitos, inducen la partenocarpia de algunos frutos y retrasan la senescencia de flores, frutos y hojas, poseen acción promotora en la translocación de nutrientes lo cual se observa cuando se aplica citoquinina en una zona de la hoja y los metabolitos migran hacia aquel lugar desde la misma hoja o de hojas adyacentes e incluso de aquellas más viejas, acumulándose en el punto tratado, logrando aumentar la capacidad de los tejidos jóvenes de actuar como sitios de recepción y acumulación en el transporte a través del floema. (Salisbury y Ross, 1994).

2.6.1 Historia de las citoquininas

En la década de 1940 se describió que había alguna sustancia que estimulaba el crecimiento de la parte aérea de las plantas. No fue hasta 1955 que Skoog y Miller aislaron e identificaron una sustancia a partir de ADN espermático que producía citocinesis en cultivos de tejidos vegetales, era la kinetina. Años más tarde la se aisló un compuesto con la misma actividad en maíz (*Zea mais*), la zeatina (Contreras, 2013).

2.6.2 Presencia y naturaleza de las citoquininas

Valent en el año 2009, menciona que las citoquininas se encuentran en las plantas como moléculas libres o bases modificadas de ARN o como conjugados, además que los sitios de síntesis principales son los ápices radiculares y los frutos en desarrollo y que el transporte de éstas hormonas en vía xilema.

2.6.3 Química de las citoquininas

Pérez en el año 2005, menciona que las citoquininas naturales son derivados de la base púrica adenina (6-aminopurina), y que se clasifican atendiendo a la naturaleza química del sustituyente en el N de la posición 6; además la biosíntesis está asociada a regiones de la planta con actividad meristemática (meristemos apicales y cámbium), especialmente en tejidos en crecimiento (semillas, frutos y raíces) y que en su estructura química puede distinguirse 2 grupos:

Grupo hidrofílico: muy específico (la adenina), cuyas alteraciones reducen o alteran la actividad de la citoquinina.

Grupo lipofílico: de poca o nula actividad, correspondiente a la cadena lateral que puede sustituirse dando compuestos con menor o mayor actividad.

2.6.4 Efectos biológicos y mecanismos de acción

Las citoquininas controlan el ciclo celular regulando la acumulación de ciclinas, haciendo entrar a la célula en fase de crecimiento G_1 , después de la mitosis y G_2 tras la fase de síntesis e inducen la división celular en cultivos de tejido vegetal. Además menciona que las fitohormonas se emplean ampliamente en agricultura y en jardinería para hacer crecer la parte aérea de las plantas (Contreras, 2013).

Las citoquininas promueven la pérdida del dominio apical, es decir, estimulan la formación y crecimiento de brotes laterales (axilares). La planta deja de crecer principalmente por su rama principal, sino que todas sus ramas empiezan a sacar a su vez ramas secundarias, aumentando la frondosidad excepcionalmente de la planta. Por eso, comúnmente se usan para estimular la elongación de tallos. Sobre el fruto estimulan la germinación, en brotes estimula la floración, aunque no sea el tiempo adecuado para ello (Contreras, 2013).

Azcon en el año 1993, menciona que las citoquininas pueden inducir la apertura de yemas laterales de ramas en diversas especies. En situaciones de excesiva dominancia de la yema terminal hacia las laterales, una aplicación puede reducir dicha influencia y parcialmente estimular la brotación lateral, para este efecto se ha evaluado la brotación de yemas laterales en algodón con excelentes resultados por la aplicación de éstas hormonas, al igual han presentado buenos resultados en uvas de mesa, cerezos, manzanos, y demás frutales en los que se busque formación de ramas productivas en años subsiguientes.

2.7 INVESTIGACIONES REALIZADAS SOBRE EL USO DE CITOQUININAS EN EL CULTIVO DE PENSTEMON

La empresa Fine-Americas S.A. en el año 2008 formuló el producto comercial "Configure®" e hizo una investigación en Penstemon (*Penstemon digitales*) variedad Husker Red, para poner a prueba el efecto del producto para inducir una mayor brotación, dichas plantas se trataron con una sola aplicación foliar a una dosis de 600 ppm de la Citoquinina (N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine). La aplicación se realizó a los 14 días después de la siembra y en ese momento las plantas habían reanudado el crecimiento activo y las raíces habían llenado la maceta. La aplicación de la hormona aumentó el número de brotes en la maceta con diferencias evidentes a las cuatro semanas después del tratamiento; posteriormente las plantas promediaron 7.7 brotes por maceta en comparación con el 6.2 brotes por maceta en las plantas de control sin tratar (Fine Americas, Inc. 2010), (Blacksburg, 2010).

Otra investigación realizada por la empresa Fine-Americas S.A. fue en las plantas de Heuchera Raspberry Ice, en la cual se realizó una sola aplicación de 600 ppm del producto en las primeras semanas de crecimiento, dando como resultado 18.1 brotes en la planta con el tratamiento en comparación a la planta control que tuvo como resultado 11.8 brotes. Así mismo ésta empresa ha realizado varias investigaciones en las cuales el resultado ha sido positivo sobre el incremento de brotación en plantas ornamentales; entre las otras investigaciones podemos mencionar la aplicación de 600 ppm del producto en Lobelia (*Lobelia cardinals*), obteniendo un incremento en cantidad de brotes del 50%, también realizó la investigación en Coreopsis (*Coreopsis moonbean*) y en Galladias, obteniendo siempre resultados positivos sobre la brotación de las plantas (Fine Americas, Inc. 2010), (Blacksburg, 2010).

Mendoza en el año 2013, menciona que Fides Guatemala S.A. en el año 2012 realizó aplicaciones de Citoquinina en el cultivo de Penstemon a razón de 5, 10, 25 y 50 ppm en un periodo de aplicación de 7 días, pero a partir de las 18, 13, 7 y 4 semanas de aplicación, se observaron problemas de fitotoxicidad; lo anterior no descarta que los

resultados que se veían eran favorables, ya que en el tratamiento de 5 ppm de la hormona que tuvo una duración de 18 semanas luego de transplante, se determinó un incremento de 1 esqueje por maceta por semana; por lo anterior se debe definir aún la concentración exacta y el intervalo de aplicación con el cual se obtendrán los mejores resultados; ya que se observó que la intensidad de aplicación también presentó diferentes efectos sobre la concentración aplicada. La desventaja de los datos obtenidos en la evaluación mencionada anteriormente, fue que se realizó de manera rudimentaria y sin análisis estadísticos que soporten diferencias estadísticas existentes, por lo cual Fides Guatemala S.A. aún continúa en la búsqueda de la concentración exacta de la hormona y el intervalo ideal de tiempo de aplicación constante.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIACION

Mendoza en el año 2013, menciona que en la producción de esquejes de plantas ornamentales dentro de invernaderos, es de vital importancia tomar en cuenta el rendimiento de los cultivos, ya que al tener cultivos de alto rendimiento de esquejes por maceta semanales, la producción de cierta cantidad se logra hacer en áreas pequeñas en relación al volumen de producción, pero en casos en los cuales el cultivo tiene problemas de baja brotación de esquejes, se deben usar áreas grandes en relación al volumen de producción de los mismos, obteniendo con ello un alto costo para la producción de cada esqueje. Dentro de éste grupo de cultivos de baja brotación, se tiene el Penstemon (*Penstemon campanulatus*), puesto que tiene una rendimiento de 4 esquejes por maceta semanalmente, lo que hace que el precio de oferta de éstos esquejes sea relativamente más alto en comparación a la mayoría de las plantas ornamentales que tienen un rendimiento entre 8 a 35 esquejes por maceta semanalmente dependiendo de la variedad. Actualmente la empresa Fides Guatemala S.A. requiere de una hectárea aproximadamente para lograr cubrir la demanda de Penstemon hacia la empresa, con una producción total de 120,000 macetas aproximadamente, por lo cual el costo de producción del esqueje es alto en comparación a los otros cultivos que tienen un alto rendimiento de esquejes por maceta; todo lo anterior debido al área bajo invernadero que se necesita para producir.

Mendoza en el año 2013, menciona que actualmente la demanda de Penstemon en el mercado de Estados Unidos, Canadá y Europa tiene una temporada de demanda de 10 semanas, con un total de 60 millones de esquejes; de ésta demanda la empresa Fides Guatemala S.A. cubre alrededor del 8% actualmente; dicho cultivo ocupa el tercer lugar de importancia dentro de la empresa, por lo que se necesita reducir los costos de producción, para lograr ofertar el mismo producto de calidad pero a menor precio y con ello lograr cubrir mayor demanda del mercado.

Para superar los inconvenientes en las producciones de esquejes en plantas ornamentales, como es el caso del cultivo de Penstemon que presenta un bajo

rendimiento de producción de esquejes de cuatro unidades por maceta semanales, el uso de reguladores de crecimiento ha sido empleado para contrarrestarlos, ya que tienen la particularidad de que el mismo principio activo ofrece distintas respuestas según el periodo de aplicación y la dosis empleada para lograr un incremento en la producción, con lo cual se espera un efecto positivo en la producción de esquejes en el cultivo de Penstemon para lograr ser competitivos en el mercado estadounidense (Mendoza, 2013).

La evaluación del efecto de las seis dosis de Citoquinina (N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine) aplicados en tres periodos de aplicación tuvo como objetivo incrementar la brotación en el cultivo de Penstemon, de igual manera generar información para productores de plantas ornamentales de Guatemala como una oportunidad de incrementar de mejora para cultivos de baja brotación, ya que la competencia a nivel mundial en el mercado de producción de esquejes de plantas ornamentales, ha incrementado por el avance de la tecnología de producción, lo que obliga a tener eficacia en la producción.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de seis dosis de Citoquinina (N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine) aplicadas en tres periodos de aplicación, para incrementar el rendimiento de esquejes de exportación por maceta en el cultivo de Penstemon (*Penstemon campanulatus*).

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Cuantificar el rendimiento de esquejes exportables por maceta según efecto de los tratamientos en el cultivo de Penstemon.

Determinar los días del ciclo de crecimiento necesario de los esquejes para alcanzar el nivel de exportación para cada uno de los tratamientos.

Realizar el análisis económico para determinar la rentabilidad de los tratamientos.

V. HIPOTESIS

5.1 HIPÓTESIS ALTERNA

Al menos un tratamiento tendrá un efecto respuesta diferente al resto sobre el rendimiento de esquejes de exportación como también en el ciclo de crecimiento necesario para alcanzar el nivel óptimo de exportación de los esquejes por maceta en el cultivo de Penstemon.

VI. METODOLOGIA

6.1 LOCALIZACION DEL TRABAJO

El lugar en donde se desarrolló la evaluación fue en la empresa de exportación de esquejes Fides Guatemala S.A., ubicada en Aldea el Jocotillo, municipio de Villa Canales, Guatemala; localizada a 42.5 km de la ciudad capital, ruta a El Salvador; se encuentra a una altitud de 1,100 msnm. Sus coordenadas geográficas son 14 ° 22 '0 "N, 90 ° 30' 0" Oeste (Maplandia, 2005).

Específicamente la evaluación se ejecutó dentro de un Invernadero de alta tecnología, dentro del cual oscilan temperaturas de 25 a 35 grados centígrados, la humedad relativa varía entre 60-90%; la estructura del invernadero cuenta con coberturas de malla 50 mesh en las paredes y el techo tiene una cobertura de plástico de 200 micrones de grosor, con una difusión de 75% de luz y 80% de transmisión de luz; además el invernadero cuenta con una pantalla de sombra automatizada de 40% que regula la luminosidad aplicada al cultivo.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Material vegetal: Se utilizaron esquejes de la planta de Penstemon Riding Hood Red de 5 cm de largo, 0.5 cm de tallo, formado por 2 hojas maduras y 2 hojas inmaduras.

Hormona: Se utilizó la Citoquinina N-(fenilmetil)-1H-purina-6-amina, por medio del producto comercial Configure®, que tiene 2% de la hormona, lo equivalente a 20 g/L.

6.3 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron 19 tratamientos, incluyendo el testigo absoluto.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento:	Periodo de aplicación (días):	Dosis Citoquinina (g/L):	Dosis Citoquinina (ppm):
1	7	0.0005	0.5
2	7	0.001	1
3	7	0.0025	2.5
4	7	0.005	5
5	7	0.01	10
6	7	0.025	25
7	14	0.0005	0.5
8	14	0.001	1
9	14	0.0025	2.5
10	14	0.005	5
11	14	0.01	10
12	14	0.025	25
13	21	0.0005	0.5
14	21	0.001	1
15	21	0.0025	2.5
16	21	0.005	5
17	21	0.01	10
18	21	0.025	25
19	Testigo Absoluto	0	0

6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado fue un completamente aleatorio con diez y nueve tratamientos y tres repeticiones.

6.5 MODELO ESTADISTICO

Para la evaluación se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij}: U + T_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

U = Media general del experimento

T_i = Efecto de los tratamientos

E_{ij} = Error experimental

(Castillo, 2011).

6.6 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental estuvo formada por una maceta de 2.5 litros de capacidad; teniendo un total de 57 macetas en evaluación debido a las 3 repeticiones por tratamiento.

6.7 CROQUIS DE CAMPO

Para colocar las 57 unidades experimentales se utilizó una banca con dimensiones de 0.8 m de ancho (4 columnas de macetas) y 7.5 m de largo (15 filas de macetas), para tener una capacidad total de 60 macetas, pero debido a que eran 57 unidades experimentales la última fila quedó incompleta; a continuación el croquis de campo:

1 T14R1	2 T2R2	3 T18R1	4 T5R1	5 T6R1	6 T15R1	7 T10R3	8 T8R1	9 T18R3	10 T4R3	11 T19R2	12 T7R2	13 T14R3	14 T6R3	
15 T10R1	16 T3R1	17 T11R1	18 T12R1	19 T2R3	20 T4R1	21 T16R2	22 T13R2	23 T16R3	24 T1R3	25 T17R3	26 T12R3	27 T9R3	28 T8R3	
29 T2R1	30 T17R1	31 T9R1	32 T7R1	33 T5R2	34 T1R2	35 T9R2	36 T4R2	37 T3R3	38 T17R2	39 T13R3	40 T6R2	41 T14R2	42 T15R2	
43 T1R1	44 T10R2	45 T13R1	46 T11R2	47 T3R2	48 T11R3	49 T16R1	50 T19R1	51 T18R2	52 T8R2	53 T5R3	54 T12R2	55 T7R3	56 T15R2	57 T19R3

Figura 1. Croquis de campo de la evaluación en el cultivo de Penstemon

6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Llenado de macetas

Se llenaron 57 macetas con sustrato compuesto de 80% arena pómez y 20% de turba.

Control de plagas y enfermedades

Para el control de hongos, bacterias, nematodos e insectos, se realizó una desinfección a cada maceta con 0.25 litros de solución de 5 cc de Laisol (Metam Sodio al 10%) por litro de agua, y posteriormente las macetas se cubrieron con plástico color negro durante 4 días, con el fin de gasificar el producto para una mejor desinfección. Posteriormente se quitó el plástico y se aplicó un riego abundante para eliminar residuos del desinfectante en las macetas.

Siembra de esquejes

Luego se realizó la cosecha de los esquejes a plantar en las macetas para la evaluación, la cual se hizo en las plantas madres que se tenían dentro de la finca; los esquejes que fueron cosechados tenían 5 cm de largo, 1 cm de tallo, 2 hojas maduras y 2 hojas inmaduras. Luego se realizó la siembra directa de 4 esquejes de Penstemon Riding Hood Red por cada maceta.

Hidratación

Durante las primeras 4 semanas, se tuvieron aplicaciones nebulizadas de agua cada 20 minutos aproximadamente, para lograr mantener los esquejes hidratados y crear una humedad adecuada para el enraizamiento de los mismos.

Riego

A partir de la quinta semana, se inició el fertirriego por cada maceta, a razón de 0.15 litros de solución; el riego se realizó diariamente con ciertas variaciones dependiendo el clima.

Poda de formación

De igual manera a partir de la 4 semana luego de la siembra, inició la poda de formación, la cual consistió en el corte de los meristemos apicales de los 4 esquejes sembrados, para lo que se tomó en cuenta hacer el corte en el segundo entrenudo.

Luego se continuó con la poda de formación de las macetas, la cual consistió en que a cada brote nuevo luego del primer corte, se le cortó su meristemo apical luego del segundo entrenudo del mismo. Estos datos se anotaron en la libreta de campo para determinar el tiempo de crecimiento de cada unidad experimental.

Aplicación de hormona

A partir de las 4 semanas después de la siembra se inició las aplicaciones de la hormona vía foliar a razón de 0.015 litros de solución/maceta, ya que en éste momento la planta ya presentaba raíces y una mayor vigorosidad para resistir aplicaciones de productos químicos y a partir de ése momento continuaron las aplicaciones constantes con base a cada tratamiento.

Cosecha

Posteriormente al momento en que cada maceta llegó al pico de producción, que es el momento en que la planta logró tener una producción constante de esquejes, dio inicio la cosecha de esquejes con calidad de exportación por semana, anotando en la libreta de campo la cantidad de esquejes cosechados por maceta por semana. La cosecha se realizó con una cuchilla de mango plástico y para cosechar esquejes de calidad de exportación solamente, se utilizó una tabla de medición en la cual se marcaron los requerimientos, es decir, 5 cm de largo total y 1 cm de largo del tallo; con la ayuda de la tabla se comparaba cada brote para verificar cuales llenaban los requerimientos para ser cosechados. Algo importante es que en cada corte de brote se debe de hacer luego del primer nudo, para no eliminar las yemas que deberán producir los nuevos brotes.

6.9 VARIABLES DE RESPUESTA

6.9.1 Rendimiento de esquejes exportables por maceta

Para determinar ésta variable, se contabilizó el número de esquejes de calidad de exportación cosechados de cada maceta, lo cual inició entre las 14 semanas luego de la siembra, ya que fue el momento en que la planta inició la producción constante de esquejes de calidad para exportación; a partir de ésta semana se tomó un registro de esquejes cosechados por cada maceta en cada semana a lo largo de un período de 10 semanas para establecer el rendimiento de esquejes de calidad de exportación por maceta para cada tratamiento en cada repetición.

6.9.2 Días de ciclo de crecimiento de un esqueje necesario para alcanzar el nivel de exportación

Al realizar la primera poda de los meristemas apicales, la cual fue en la cuarta semana después de la siembra en todos los tratamientos, se tomó el tiempo en días en que los nuevos brotes alcanzaron los estándares de un esqueje de exportación, más un entrenudo para hacer el corte del mismo, y con este dato del ciclo de crecimiento se procedió al ciclado de la planta, el cual inicio a partir de la tercer poda de formación, actualmente el ciclo de crecimiento era de 28 días.

6.9.3 Costos e Ingresos

Para determinar ésta variable, se llevaron controles y registros económicos para cada tratamiento evaluado a lo largo del tiempo de producción del cultivo.

6.10 ANALISIS DE LA INFORMACION

6.10.1 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico del rendimiento de esquejes exportables por maceta y cantidad de semanas para llegar a máxima productividad de esquejes/maceta se utilizó el programa Infostat versión 2008 por medio del análisis de varianza (ANDEVA), y para las variables de respuesta que manifestaron diferencias estadísticas significativas, se realizó una prueba múltiple de medias de Duncan.

6.10.2 Análisis económico

Para el análisis económico se utilizó la metodología de presupuestos parciales por tratamiento, debido a que no se contabilizaron todos los costos de producción, sino únicamente aquellos que variaron dependiendo de los tratamientos evaluados.

Además se realizó un análisis de dominancia para determinar qué tratamientos tienen dominancia sobre otros, con base a los costos que varían y al beneficio neto de cada uno, y posteriormente se determinó la rentabilidad para los tratamientos no dominados y así determinar el tratamiento que proporcione el mayor beneficio económico.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 RENDIMIENTO DE ESQUEJES EXPORTABLES POR MACETA

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de esquejes exportables.

F.V.	GL	SC	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	18	350.87	19.49	1683.46	<0.0001 **
Error	38	0.44	0.01		
Total	56	351.31			

Coeficiente de variación: 4.16%

Con base al cuadro anterior se presenta el análisis de varianza para la variable de rendimiento de esquejes exportables por maceta en el cultivo de Penstemon, en el cual se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas al 1% para los tratamientos evaluados. Estas diferencias estadísticas nos indican que si hay diferencias entre los tratamientos evaluados, y que por lo menos un tratamiento si influye en el incremento de producción de esquejes por maceta semanalmente. También se muestra un coeficiente de variación de 4.16% lo que indica que hay poca variación entre los datos respecto a la media general, lo cual significa que el manejo de la evaluación fue el adecuado, por lo que los resultados son confiables.

Según Villatoro (2014), en la evaluación que realizó sobre el efecto de la Citoquinina CPPU sobre el rendimiento en el cultivo de mini-sandía (*Cytrullus lannatus*) en Zacapa, menciona que obtuvo un incremento significativo en la cantidad de frutos producidos con un tratamiento de 3 aplicaciones de Citoquinina a razón de 100 mg/L en cada aplicación, y menciona que observó un incremento en la cantidad de brotes en la planta lo cual pudo haber producido el incremento de frutos por planta, lo que es un factor similar tal como ocurrió en ésta evaluación.

Vilella (2009), realizó una evaluación del efecto de la Citoquinina 6-bencilaminopurina en el crecimiento de las plantas de Petunia (*Petunia sp.*) con fines de producción de macetas con flor para venta, es decir que en éste proceso no se realizan podas de

formación, logrando como resultado al final del proceso tener 17.9 brotes en la maceta con tratamiento de hormona, en comparación a tener 7.2 brotes en la maceta sin tratamiento, lo cual muestra nuevamente el efecto positivo de las citoquininas en la brotación de las plantas. Debido a las diferencias estadísticas altamente significativas se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Duncan al 1%.

Cuadro 4. Análisis de prueba múltiple de medias de Duncan al 1%.

Tratamiento	Medias (Esquejes/maceta):	n	E.E.							
9	5.57	3	0.06	A						
2	5.43	3	0.06	A	B					
8	5.43	3	0.06	A	B					
7	5.37	3	0.06	A	B					
1	5.20	3	0.06		B					
15	4.70	3	0.06			C				
16	4.57	3	0.06			C	D			
14	4.37	3	0.06				D	E		
13	4.30	3	0.06					E		
19	4.20	3	0.06					E		
12	0	3	0.06							F
3	0	3	0.06							F
10	0	3	0.06							F
11	0	3	0.06							F
17	0	3	0.06							F
4	0	3	0.06							F
5	0	3	0.06							F
6	0	3	0.06							F
18	0	3	0.06							F

De acuerdo a la prueba de Duncan se formaron seis grupos de medias, estando en el grupo A los tratamientos nueve, dos, ocho y siete, con una media de 5.57, 5.43, 5.43 y 5.37 esquejes por maceta semanales respectivamente, lo cual indica que estadísticamente estos tratamientos son iguales; ahora en el caso del tratamiento dos, que también pertenece al grupo B, estadísticamente es igual a los tratamientos ocho,

siete y uno, éste último con una media de 5.2 esquejes por maceta semanales, quien estadísticamente fue diferente e inferior al tratamiento nueve que pertenece solo al grupo A; por lo tanto, el tratamiento nueve que consiste en la aplicación de Citoquinina a razón de 0.0025 g/L de agua con un periodo de aplicación cada 14 días fue diferente y superior al resto de tratamientos, con una media de 5.57 esquejes por maceta semanales. En el caso de los tratamientos del grupo F que tuvieron cero esquejes producidos, se debió a que los tratamientos causaron intoxicaciones en las plantas, lo cual pudo ser ocasionado por los factores que integraron los tratamientos, ya que se observa que en los tratamientos con dosis de 0.5 y 1 ppm no ocasionaron intoxicaciones independientemente del periodo de aplicación; ahora, los tratamientos con dosis de 2.5 ppm, si fueron influenciados por el periodo de aplicación, ya que si causó intoxicaciones con un periodo de aplicación de 7 días, pero no así con los periodos de 14 y 21 días, por lo que vemos que hay una fuerte influencia respecto al periodo de aplicación para causar intoxicaciones; al mismo tiempo vemos que en los tratamientos con dosis de 10 y 25 ppm, causaron intoxicaciones independientemente de los periodos de aplicación, lo cual muestra una fuerte influencia de la dosis a usar y que a partir de una dosis de 10 ppm y con una frecuencia de 21 días hacia abajo, siempre se tendrán intoxicaciones.

Gómez (2010), menciona que aunque se apliquen concentraciones de hormona en más de una ocasión o en dosis diferentes, no siempre se tendrá una respuesta lineal, es decir que aunque se aplique una mayor dosis de hormona, no siempre se obtendrá un incremento en la producción de brotes. Por lo cual éste comentario acierta con los resultados obtenidos en la evaluación, ya que aunque las dosis y cantidades de aplicaciones fueron mayores en algunos tratamientos, el resultado fue decreciente en cuanto al rendimiento de esquejes por maceta semanales debido a la fitotoxicidad que el producto causó en la planta, ocasionando que los esquejes no tuvieran las características adecuadas para la calidad de exportación.

A continuación se muestra una gráfica con los resultados obtenidos en la evaluación, con respecto a la variable de producción de esquejes por maceta semanales, el análisis de varianza realizado anteriormente, fue con base a los datos de la gráfica.

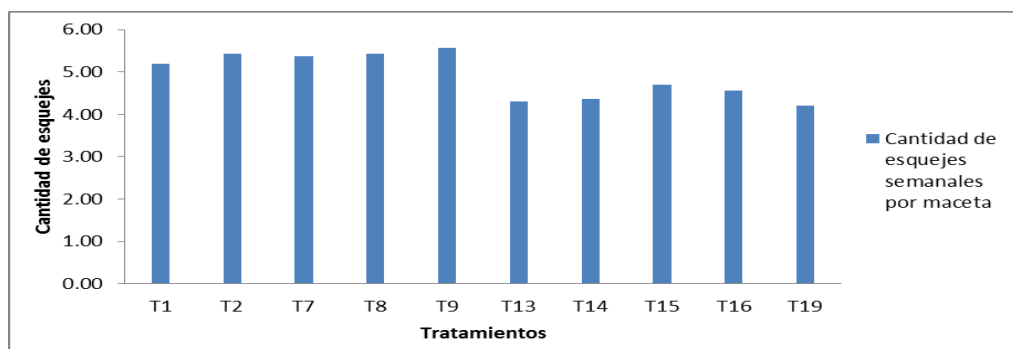


Figura 2. Cantidad de esquejes semanales por maceta cosechados a lo largo de diez semanas en el cultivo de Penstemon para los tratamientos con producción de esquejes, cada punto máximo de las barras, representa el promedio de 3 repeticiones de cada tratamiento.

7.2 DIAS DE CICLO DE CRECIMIENTO DE UN ESQUEJE NECESARIO PARA ALCANZAR EL NIVEL DE EXPORTACION

Con los datos de los días que tomó un brote en alcanzar el nivel de exportación luego de la primera poda de formación en cada tratamiento, se procedió a realizar el análisis de varianza.

Según el análisis de varianza muestra que no existen diferencias estadísticas para los tratamientos evaluados, lo cual indica que no hay diferencias entre los resultados de estos y no se debe realizar pruebas múltiples de media.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el ciclo de crecimiento de los esquejes.

F.V.	GL	SC	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	18	33.37	1.85	0.94	0.5375 NS
Error	38	74.67	1.96		
Total	56	108.04			

Coefficiente de variación: 5.11%

Los resultados obtenidos indican que ningún tratamiento redujo los 28 días promedio de ciclo de crecimiento de un esqueje para alcanzar el nivel de exportación, por lo cual se observa que todos los tratamientos son iguales.

En una evaluación del efecto de la aplicación de una citoquinina sobre el crecimiento en Petunias, la cual es una planta ornamental al igual que el Penstemon, se determinó que la hormona si ejerció un efecto positivo en el desarrollo de las plantas en cuanto a brotación, pero un dato muy importante es que en las primeras cuatro semanas luego de la aplicación, se mantuvo constante la cantidad de brotes por planta, lo cual nos muestra que al igual que en el caso del Penstemon, la citoquinina necesita un periodo de tiempo mayor a 4 semanas para mostrar resultados cuantitativos en la planta, por supuesto que en cada género de planta y dependiendo de las condiciones edafoclimáticas en que se desarrolle, pueden existir diversos tiempos de reacción de la hormona (Vilella, 2009).

Lo anterior nos muestra un resultado similar al que se obtuvo en ésta evaluación, ya que la aplicación de la hormona no tuvo un efecto sobre acelerar el desarrollo de los esquejes y lograr reducir los 28 días necesarios para que estos lleguen a tener la calidad de exportación, lo cual, uno de los factores que pudo haber influido fue que las citoquininas promueven en su mayoría, la pérdida del domino apical, es decir, estimulan la formación y crecimiento de brotes laterales (axilares) con lo cual la planta deja de crecer por sus ramas principales y todas sus ramas empiezan a sacar a su vez ramas secundarias, aumentando la frondosidad excepcionalmente de la planta como menciona Contreras en el año 2,013.

7.3 ANALISIS ECONOMICO

El análisis se realizó con base a los resultados obtenidos de la variable de productividad de esquejes/maceta/semana de los tratamientos evaluados. El único costo variable que se cuantificó fue el costo de hormona aplicada por esqueje producido.

Cuadro 6. Análisis del presupuesto parcial para los tratamientos con producción de esquejes de calidad de exportación.

Tratamiento:	Costo de hormona/ha (Q):	Costos totales que varían/ha (Q):
T1	1,290	1,290
T2	2,580	2,580
T7	645	645
T8	1,290	1,290
T9	3,225	3,225
T13	451.5	451.5
T14	903	903
T15	2,257.5	2,257.5
T16	4,515	4,515
T19	0	0

Cuadro 7. Beneficio bruto, costos que varían y beneficio neto de los tratamientos.

Tratamiento:	Beneficio bruto/ha (Q):	Costos que varían/ha (Q):	Beneficio Neto/tratamiento/ha (Q):
T1	12,950,000	1,290	12,948,710
T2	13,583,333	2,580	13,580,753
T7	13,416,666	645	13,416,021
T8	13,583,333	1,290	13,582,043
T9	13,916,666	3,225	13,913,441
T13	10,750,000	451.5	10,749,548
T14	10,916,666	903	10,915,763
T15	11,750,000	2,257.5	11,747,742
T16	11,416,666	4,515	11,412,151
T19	10,500,000	0	10,500,000

Para determinar la dominancia o no de cada uno de los tratamientos, el cual se presenta en el siguiente cuadro, se ordenaron estos, con su respectivo beneficio neto de mayor a menor, añadiendo el costo que varía de igual manera; el análisis de dominancia se basa en comparar el costo que varía en relación al beneficio que genera, siendo los tratamientos dominados, aquellos que tengan un mayor costo que varía con menor beneficio en relación a su tratamiento anterior comparativo (Perrin, 1983).

Cuadro 8. Análisis de dominancia para tratamientos.

Tratamiento:	Beneficio Neto/tratamiento/ha (Q):	Costos que varían/ha (Q):	Análisis de dominancia:
T9	13,913,441	3,225	No dominado
T8	13,582,043	1,290	No dominado
T2	13,580,753	2,580	No dominado
T7	13,416,021	645	No dominado
T1	12,948,710	1,290	No dominado
T15	11,747,742	2,257.50	No dominado
T16	11,412,151	4,515	Dominado
T14	10,915,763	903	No dominado
T13	10,749,548	451.5	No dominado
T19	10,500,000	0	No dominado

Como se observa en el cuadro anterior, se obtuvieron nueve tratamientos no dominados, lo que significa que para estos tratamientos, los ingresos obtenidos responden conforme a los costos incurridos, por lo cual se procede a calcular la rentabilidad de estos tratamientos para determinar el tratamiento que presenta el mayor beneficio económico por hectárea para el proyecto.

Cuadro 9. Rentabilidad para los tratamientos no dominados.

Tratamiento	Costo total/ha (Q)	Ingreso total/ha (Q)	Ingreso neto (Q)	Rentabilidad (%)
T9	7,853,225	13,910,216	6,056,991	43.5
T8	7,851,290	13,580,753	5,729,463	42.2
T2	7,850,645	13,580,753	5,730,108	42.1
T7	7,850,645	13,415,376	5,564,731	41.5
T1	7,854,515	12,948,710	5,094,195	39.3
T15	7,850,903	11,747,742	3,896,839	33.15
T14	7,850,000	10,915,763	3,065,763	28.07
T13	7,850,452	10,749,097	2,898,645	26.96
T19	7,850,000	10,500,000	2,650,000	25.2

Con base al cuadro anterior se puede determinar que el tratamiento nueve es el que presenta el mayor beneficio económico por hectárea con una rentabilidad del 43.5%, lo cual significa que los ingresos generados por el efecto de los tratamientos sobre la producción, fue mayor a los costos extras que se adicionan por la aplicación del tratamiento.

VIII. CONCLUSIONES

El mejor tratamiento para incrementar la producción de esquejes por maceta, fue la aplicación de Citoquinina a razón de 0.0025 g/L de agua con un periodo de aplicación cada 14 días, ya que estadísticamente mostró mayor influencia en el rendimiento de esquejes de exportación por maceta en el cultivo de Penstemon, al incrementar el rendimiento de 4 a 5.57 esquejes por maceta semanales, con lo cual se obtuvo un incremento de 39.25% en la producción.

En relación a la variable del ciclo de crecimiento de los esquejes para alcanzar el nivel de exportación, se determinó que todos los tratamientos son iguales, por lo que cualquier tratamiento utilizado dará como resultado un mínimo de 28 días de ciclo de crecimiento de los esquejes para alcanzar la calidad de exportación.

De acuerdo al análisis económico financiero realizado a los tratamientos en los que se obtuvo productividad de esquejes de calidad, se determinó que el tratamiento 9 que consiste en la aplicación de Citoquinina a razón de 0.0025 g/L de agua con periodo de aplicación constante de 14 días, es el que expuso los mayores beneficios económicos con un ingreso neto de Q13,913,441.00 por hectárea de producción, y una rentabilidad del 43.5%.

Con base en la evaluación, se determinó que las dosis de la hormona a aplicar y los periodos de aplicación de las dosis de la hormona, influyen en el efecto de los tratamientos sobre la planta, ya que dependiendo de la interacción de ambos factores, puede causar fitotoxicidad, por lo cual se concluye que se deben realizar aplicaciones a bajas concentraciones y con un periodo de aplicación de acuerdo a la concentración.

IX. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos estadísticamente y económicamente en esta investigación se recomienda validar el tratamiento cuya dosis fue de 0.0025 g/L de agua de citoquinina N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine a una concentración del 2%, con un periodo de aplicación cada catorce días.

Se recomienda evaluar los resultados de la presente evaluación en otras zonas del país, puesto que dependiendo de las condiciones del lugar de producción, puede existir variación en el efecto de la hormona sobre la planta.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGEXPORT, (2013). La horticultura en Guatemala (en línea). Guatemala, consultado 5 Oct. 2013. Disponible en <http://export.com.gt/>
- Blacksburg, V. (2010) Hormonas de crecimiento (en línea). Inglaterra, consultado 5 Oct. 2013. Disponible en [http://www.fine-americas.com/DocFrame/DocView.asp?id=686 &sec=-1](http://www.fine-americas.com/DocFrame/DocView.asp?id=686&sec=-1)
- Castillo, C. (2011). Diseño de experimentos completamente al azar (en línea). Consultado 20 Abr. 2015. Disponible en <http://reyesestadistica.blogspot.com/2011/07/disenio-de-experimentos-al-completo-azar.html>
- Comisión de Plantas Ornamentales y Follaje (2012). Producción de plantas ornamentales en Guatemala (en línea). Guatemala, consultado 20 Sep. 2013. Disponible en <http://guatemalanplants.com/paginas.asp?id=1965&clc=270>
- Contreras, R. (2013). Efecto de las citoquininas en Plantas Ornamentales (en línea). Consultado 24 Sep. 2013. Disponible en <http://biologia.laguia2000.com/fisiologia-vegetal/hormonas-vegetales-citoquininas>
- Chacón, G. (2013). Enfermedad más dañina en Penstemon (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Chacón, G. (2013). Manejo del cultivo de Penstemon (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Gómez, A. (2010). Sandía sin semillas obtenida sin polinizar. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España. p. 47-56.
- Hanan, A. (2005). Origen del Penstemon (*Penstemon campanulatus*) (en línea). México, consultado 20 Sep. 2013. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/scrophulariaceae/penstemon-roseus/fichas/ficha.htm>
- Infostat, (2010). Infostat (en línea). Argentina, consultado 2 Oct. 2013. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>

- Jiménez, R. (1990). Historia de la producción de plantas ornamentales (en línea). Consultado 20 Abr. 2015. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Floricultura>
- Maplandia, (2005). Aldea Jocotillo, Villa Canales, Guatemala (en línea). Consultado 2 Oct. 2013. Disponible en <http://www.maplandia.com/guatemala/guatemala/villa-canales/el-jocotillo/&prev=/search%3Fq%3Daldea%2Bel%2Bjocotillo%2Bvilla%2Bcanales%26biw%3D1366%26bih%3D596>
- Mendoza, A. (2013). El cultivo de Penstemon en Guatemala (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Mendoza, A. (2013). Producción de Penstemon en la empresa Fides Guatemala S.A. (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Mendoza, A. (2013). Problemática del cultivo de Penstemon en Fides Guatemala S.A. (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Mendoza, A. (2013). El mercado actual del cultivo de Penstemon (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Mendoza. A. (2013). Condiciones climáticas empresa Fides Guatemala S.A. (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Mendoza. A. (2013). Rendimiento del cultivo de Penstemon (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Mendoza. A. (2013). Uso de Citoquininas en Penstemon (Entrevista). Guatemala, Fides Guatemala S.A.
- Peña, P. (1991). Características morfológicas de Penstemon (en línea). México, consultado 20 Sep. 2013. Disponible en <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t= &id= 8004>
- Pérez, S. (2005). Química de las citoquininas (en línea). Consultado 20 Abr. 2015. Disponible en www.unioviado.es/bos/Asignaturas/Fvca/Apuntes/Tema26.doc

- Perrin, R. (1983). Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Editorial S.A., México. 54 p.
- Salisbury y Ross, (1994). Las citoquininas (en línea). Consultado 20 Abr. 2015. Disponible en www.researchgate.net/...citoquininas.../00b7d5258c8a541c6f000000.pdf
- Sánchez, J. (2001). Guía de las plantas ornamentales. Mundi-Prensa libros, S.A., España. 629 p.
- Schmidel, 1763. Anatomía del Penstemon (en línea). Costa Rica, consultado 23 Sep. 2013. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Penstemon>
- Tecvi, (2009). Requerimientos climáticos del Penstemon (en línea). Consultado 23 Sep. 2013. Disponible en <http://plantasadiario.blogspot.com/2007/11/penstemon.html>
- Valent, B. (2009). Presencia y naturaleza de las citoquininas (en línea). Consultado 20 Abr. 2015. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~fisveg/docencia/curso%20fisioveg/Materiales%20teoricos/CITOQUININAS%202009.pdf>
- Vidalie, H. (2001). Producción de flores y plantas ornamentales. Mundi-Prensa libros, S.A., España. 269 p.
- Vilella, F. (2009). Citoquininas en plantas ornamentales (en línea). Consultado 26 Abr. 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v78n1/v78n1a06.pdf>
- Villatoro, E. (2014). Efecto de la Citoquinina (CPPU) sobre el cuaje y rendimiento de minisandía (*Cytrullus lannatus*, Cucurbitaceae); Estanzuela, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Zacapa, Guatemala, URL. 95 p.

XI. ANEXOS

Cuadro 10. Esquejes cosechados de la primera a la quinta semana.

Trata miento:	WK 1			WK 2			WK 3			WK 4			WK 5		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6	5	6
T2	5	5	6	5	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	6
T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7	5	5	5	6	5	5	6	6	6	6	5	5	6	5	5
T8	5	6	6	6	5	6	5	6	5	6	5	5	5	6	6
T9	5	5	5	5	6	6	5	5	6	6	6	6	5	6	6
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T13	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5
T14	5	5	5	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5
T15	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5
T16	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4
T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T19	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4

Cuadro 11. Esquejes cosechados de la sexta a la décima semana.

Tratamiento:	WK 6			WK 7			WK 8			WK 9			WK 10		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T2	5	6	6	5	6	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7	5	5	6	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5
T8	5	6	b5	5	6	5	5	6	5	5	6	5	5	5	6
T9	6	6	5	6	5	6	5	5	6	6	6	5	6	5	6
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T13	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4
T14	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4
T15	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5
T16	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4
T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T19	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4

Cuadro 12. Promedio de producción de esquejes por tratamiento evaluado.

Tratamiento:	Rendimiento de esquejes/maceta:
T1	5.18
T2	5.43
T3	0.00
T4	0.00
T5	0.00
T6	0.00
T7	5.37
T8	5.43
T9	5.57
T10	0.00
T11	0.00
T12	0.00
T13	4.30
T14	4.37
T15	4.70
T16	4.57
T17	0.00
T18	0.00
T19	4.20

Cuadro 13. Cronograma de actividades ejecutadas para la evaluación.

Actividad/Mes	Marzo-2014	Abril-2014	Mayo-2014	Junio-2014	Julio-2014	Agosto-2014	Enero-2015
Elaboración de informe de Tesis	X						
Toma de datos	X						
Aplicación de Tratamientos	X						
Podas de formación	X	X	X	X			
Siembra y enraizamiento de los esquejes		X		X	X	X	X
Desinfección de macetas	X	X	X	X	X	X	X
Llenado de macetas				X	X	X	X
Preparación del área de trabajo							X
							X
							X
							X



Figura 3. Establecimiento de las macetas para la evaluación, en este momento los esquejes llevaban una semana de siembra.



Figura 4. Maceta de esquejes luego de dos semanas desde la siembra, se sembraron cuatro esquejes por maceta.



Figura 5. Primera aplicación de hormona a las cuatro semanas luego de la siembra, en este momento los esquejes ya están enraizados.



Figura 6. Colocación de marca para determinar el ciclo de crecimiento del esqueje desde la poda hasta formar un esqueje de nivel de exportación, esto fue en la cuarta semana luego de la siembra.



Figura 7. Estado general del crecimiento de la planta en los diferentes tratamientos, esto fue a las catorce semanas luego de la siembra.



Figura 8. Decoloraciones en esquejes por fitotoxicidad causada por algunos tratamientos, estos esquejes no se contabilizaron en la producción.

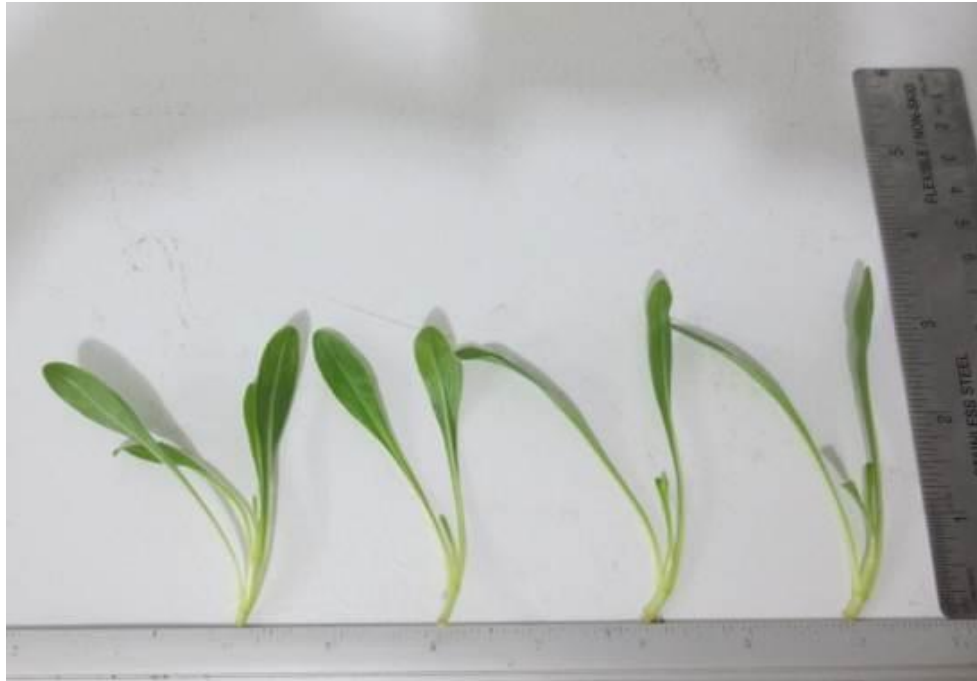


Figura 9. Cosecha de esquejes con nivel de exportación, estos esquejes son cosechados del tratamiento nueve en la semana veinte luego de la siembra.



Figura 10. Cosecha de los esquejes de nivel de exportación por tratamiento.

Cuadro 14. Determinación de beneficio bruto por hectárea.

Tratamiento:	Rendimiento/tratamiento:	Macetas/ha:	Esquejes/ha:	Precio/esqueje (\$):	Beneficio bruto (Q):
T1	5.57	200000	1113333	1.58	13,916,680
T2	5.43	200000	1086667	1.58	13,583,346
T7	5.43	200000	1086667	1.58	13,583,346
T8	5.37	200000	1073333	1.58	13,416,680
T9	5.20	200000	1035999	1.58	12,950,000
T13	4.70	200000	940000	1.58	11,750,011
T14	4.57	200000	913333	1.58	11,416,678
T15	4.37	200000	873333	1.58	10,916,677
T16	4.30	200000	860000	1.58	10,750,010
T19	4.20	200000	840000	1.58	10,500,010

Cuadro 15. Costo total por hectárea para cada tratamiento.

Tratamiento:	Costo fijo de producción/ha (Q):	Costo de hormona/tratamiento (Q):	Costo total/ha (Q):
19	7,850,000.00	0.00	7,850,000.00
18	7,850,000.00	451.50	7,850,451.50
7	7,850,000.00	645.00	7,850,645.00
8	7,850,000.00	1,290.00	7,851,290.00
9	7,850,000.00	3,225.00	7,853,225.00

Cuadro 16. Costo de hormona por hectárea de producción para cada tratamiento.

Tratamiento	Cantidad de aplicaciones/tratamiento:	Volumen de producto comercial (L)/maceta:	Costo de hormona/maceta (Q):	Cantidad de macetas/ha:	Costo de hormona/ha (Q):
T1	20	0.0000225	0.00645	200,000	1,290
T2	20	0.000045	0.0129	200,000	2,580
T7	10	0.00001125	0.003225	200,000	645
T8	10	0.0000225	0.00645	200,000	1,290
T9	10	0.00005625	0.016125	200,000	3,225
T13	7	0.000007875	0.0022575	200,000	452
T14	7	0.00001575	0.004515	200,000	903
T15	7	0.000039375	0.0112875	200,000	2,258
T16	7	0.00007875	0.022575	200,000	4,515
T19	0	0	0	200,000	0