



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA**  
**MODALIDAD SEMIPRESENCIAL**

**CARRERA: INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

**“PROPAGACIÓN ASEXUAL DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) MEDIANTE ESTACAS EMPLEANDO ENRAIZADORES ANA Y AIB EN EL CANTÓN PUERTO QUITO”**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROPECUARIO**

**AUTOR:**

**EDWIN ALFREDO TORRES CORDERO**

**DIRECTORA**

**ING. MARIA DEL CARMEN SAMANIEGO MSc**

**QUEVEDO – LOS RIOS - ECUADOR**

**2015**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, EDWIN ALFREDO TORRES CORDERO declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

EDWIN ALFREDO TORRES CORDERO

## **CERTIFICACIÓN DE LA DIRECTORA DE TESIS**

La suscrita, Ing. MARIA DEL CARMEN SAMANIEGO, MSc. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Egresado Edwin Alfredo Torres Cordero, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, titulada “PROPAGACIÓN ASEXUAL DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) MEDIANTE ESTACAS EMPLEANDO ENRAIZADORES ANA Y AIB EN EL CANTÓN PUERTO QUITO.” bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto

---

**ING. MARIA DEL CARMEN SAMANIEGO, MSc.**  
**DIRECTORA DE TESIS**



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**Unidad de Estudios a Distancia**

**Modalidad Semipresencial**

**Carrera Ingeniería Agropecuaria**

**Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la  
obtención del título de Ingeniero Agropecuario**

**Aprobado:**

---

**Ing. Francisco Espinosa Carrillo, MSc.**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS**

---

**Lcdo. Hector Castillo Vera, MSc.**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS**

---

**Ing. Alfonso Velasco Martinez, MSc.**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS**

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2015

**AGRADECIMIENTO**

El autor deja constancia de su agradecimiento a:

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Institución digna y grande que me acogió como estudiante.

Las Autoridades de la Universidad.

Ing. Roque Vivas Moreira. MSc Rector de la UTEQ, por su gestión en beneficio de la Comunidad Universitaria.

Ing. Guadalupe Murillo MSc. Vicerrectora Administrativa de la UTEQ, por su gestión en la UED y apoyo a los estudiantes.

Ing. Carlos Martínez, MSc Vicerrector Académico de la UTEQ, por su gestión académica.

Ing. Dominga Rodríguez A. MSc. Directora de la Unidad de Estudios a Distancia, por su trabajo arduo y tesonero a favor de los estudiantes.

Ing. MSc. Laudén Geobakg Rizzo Zamora, coordinador de la Carrera Agropecuaria.

Ing. MSc. María Del Carmen Samaniego, directora de tesis, por su apoyo y motivación para la exitosa culminación de esta investigación de tesis

A familiares que de una u otra forma me ayudaron para la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

**EDWIN**

**Índice de cuadros**

<b>INDICE</b>	<b>Pag</b>
Portada.....	i
<b>Declaración de autoría y cesión de derechos.....</b>	<b>i</b>
Certificación de Directores de Tesis.....	iii19
Tribunal de Tesis. Análisis de Varianza.....	iv21
Agradecimiento. Unidad experimental.....	v22
Dedicatoria. Promedio de número de raíces.....	vi29
Índice 5. Promedio de longitud de raíces.....	viB1
Índice 6 de cuadros. Promedio de porcentaje de enraizamiento.....	33
7    Promedio de porcentaje de mortalidad.....	x 35
8    Promedio de longitud de brotes.....	37
Índice 9 de figuras. Análisis económico.....	39
	x
	i
Resumen ejecutivo.....	x
	i
	i
Abstract.....	x
	i
	i
<b>CAPÍTULO I Marco Contextual de la Investigación.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	2
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Hipótesis.....	4
<b>CAPÍTULO II Marco Teórico.....</b>	<b>5</b>

## Índice de Figuras

2. Generalidades de pitahaya.....	6
2.1. Origen y distribución geográfica actual del cultivo.....	6
2.2. Clasificación taxonómica .....	6
2.3. Morfología.....	
2.4. Métodos de propagación .....	8
2.5. Propagación asexual .....	
2.6. Reguladores de crecimiento.....	9
	1
	0
	1
	1
2.7. Principales hormonas vegetales .....	
	1
	2
2.8. Auxinas.....	1
	3
2.9. Citoquininas.....	1
2.10. Giberelinas.....	3
2.11. Acido abcisico.....	1
	4
	1
	5
2.12. Trabajos desarrollados en propagación vegetativa.....	1
	5
<b>CAPÍTULO III Metodología de la Investigación.....</b>	<b>1</b>
	<b>8</b>
3. Materiales y Métodos.....	1
	9

3.1. Localización y duración del experimento.....	1
<b>Figuras</b>	<b>9</b>
3.2.1. Condiciones tecnológicas de las raíces.....	291
2. Longitud de raíces.....	329
3.3.3. Porcentaje de porcentaje de enraizamiento.....	342
4. Porcentaje de mortalidad.....	360
3.4.5. Longitud de brotes.....	372
	1
3.5. Diseño experimental.....	2
	1
3.6. Delineamiento experimental.....	2
3.7. Unidad experimental.....	2
3.8. Variables a medir .....	2
3.8. Manejo del experimento.....	2
3.9.1. Selección del material vegetativo.....	2
3.9.2. Construcción del umbráculo.....	3
3.9.3. Sustrato.....	2
3.9.4. Preparación de los polvos enraizantes .....	4
3.10. Análisis económico.....	2
	4
	2
	4
	2
	4
	2
	5
	2
	5
<b>CAPÍTULO IV Resultados y Discusión.....</b>	<b>2</b>
	7
4. Resultados y discusión.....	2
	8
4.1. Números de raíces.....	2
	8

4.2.	Longitud de raíces.....	3
		0
4.3.	Enraizamiento de la planta en porcentaje.....	3
		2
4.4.	Porcentaje de mortalidad.....	3
		4
4.5.	Longitud de brotes.....	3
4.6.	Evaluación Económica.....	6
		3
		8
<b>CAPÍTULO V Conclusiones y Recomendaciones.....</b>		<b>4</b>
		0
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	4
5.1.	Conclusiones.....	1
		4
		1
5.1.	Recomendaciones.....	4
		2
<b>CAPÍTULO VI Bibliografía.....</b>		<b>4</b>
		3
6.	Bibliografía consultada.....	4
		4
<b>CAPÍTULO VII Anexos.....</b>		<b>4</b>
<b>Anexo 1. Resultados del ADEVA.....</b>		<b>7</b>
<b>Anexo 2. Fotos .....</b>		<b>4</b>
		8
		5
		1

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se realizó en el Recinto Unión Cariamanga del Cantón “Puerto Quito”, provincia de Pichincha cuyas coordenadas, geográficas es de 01° 13' 0" S y 78° 31' 0" longitud Oeste, a una altura de 200 m, s. n. m; se evaluó la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas utilizando enraizadores ANA y AIB. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco observaciones para cada tratamiento, las concentraciones hormonales fueron: T1 con 1000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1000 mg kg<sup>-1</sup> ANA , T2 con 1500 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA, T3 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA y un testigo (sin hormona), combinados con el sustrato tierra y arena que constituyen los tratamientos en estudio. A los 45 días se evaluó el porcentaje de mortalidad, porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíz mayor, y longitud de brote, aplicando la Prueba de Tukey para determinar las diferencias significativas entre las medidas de los tratamientos. En general la mejor respuesta se obtuvo en la concentración T3 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA con mejor número de raíces 10.40; longitud de raíces 20.8 cm; el porcentaje de enraizamiento de 96.20 % y porcentaje de mortalidad de 3.80 %, y, .con 22 % de rentabilidad.

## ABSTRACT

The present work was performed at the Campus Union Cariamanga Canton " Puerto Quito " Pichincha province whose coordinates , geographic is  $01^{\circ} 13' 0''$  S and  $78^{\circ} 31' 0''$  West longitude, at an altitude of 200 m, s . n . m ; asexual propagation of pitaya ( *Hylocereus undatus* ) was assessed by using stakes enraizadores ANA and AIB .In this paper the asexual propagation of pitaya (*Hylocereus undatus*) was assessed by using Rooting cuttings NAA and IBA in the canton Puerto Quito, using a completely randomized design with five replicates for each treatment. This fruit has been well received nationally and internationally. Today in Ecuador are investigating its use and why it is important to study its propagation, the different hormone levels in root induction in this species, including T1 with  $1000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB +  $1000 \text{ mg kg}^{-1}$  ANA, T2  $1500 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB +  $1500 \text{ mg kg}^{-1}$  ANA, T3 with  $2000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB +  $2000 \text{ mg kg}^{-1}$  ANA and a control (no hormone) combined with substrate soil and sand that are the treatments under study. At 45 days, the mortality rate, percentage of rooting, number of roots, greater root length and shoot length, applying the Tukey test to determine significant differences between the measurements of the treatments was evaluated. Overall best response was obtained in T3 concentration  $2000 \text{ mg kg}^{-1}$  AIB +  $2000 \text{ mg kg}^{-1}$  ANA was the best number of roots 10.40; Root length 20.8 cm; rooting percentage of 96.20% and mortality rate of 3.80%, exceeding the control and other treatments, and with 22% return.; therefore it can spread vegetatively.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## I. Introducción

La Pitaya Roja, Fruta del dragón o Dragon Fruit (*Hylocereus ocamponis*) es una fruta exótica y aromática, originaria de México con textura y exquisito sabor dulce similar al Kiwi, la Pitaya amarilla (*Hylocereus Triangularis*) es un producto natural conocido y apreciado en Japón y en muchas partes del mundo, una fruta de la familia de las cactáceas, de la cuál se conocen 600 especies, presentamos parte de la historia de la pitaya, su cultivo y venta nacional y de exportación, valor nutricional, el Festival de la Pitaya en Sonora y Jalisco, así como sus distintas variedades como son:

*Stenocereus thurberi* (en el noroeste de México, sobretodo en Sonora), de pulpa roja y guinda, de piel rojiza.

*Hylocereus undatus*, de pulpa blanca y piel rosa.

*Hylocereus monacanthus*, de pulpa roja y piel rosa.

*Selenicereus megalanthus*, de pulpa blanca y piel amarilla. (Wordpress, 2012)

Los países con mayor producción a nivel mundial son Israel, México y Nicaragua. Dentro del continente americano también sobresalen como productores: Colombia, Guatemala y Ecuador. Los principales proveedores del continente americano a nivel internacional son Nicaragua, que comercializa la variedad roja y Colombia que exporta principalmente la variedad amarilla, además de pequeños volúmenes de pitahaya roja. (Wordpress, 2012)

En el Ecuador, el cultivo de pitahaya recién tiene una apertura de producción, ya que sus inicios fue aproximadamente hace 10 años, y se localizaba en el sector noroccidente de la provincia de Pichincha. (Jordán, 2009)

De acuerdo con los datos del último Censo Agropecuario realizado por el INEC en el año 2000, el total de la superficie sembrada exclusivamente con Pitahaya

fue de 165,5 hectáreas, mientras que la superficie cosechada alcanzó las 110 hectáreas. (Jordán, 2009)

Para la propagación de la pitahaya en el menor tiempo posible se recurre a la propagación vegetativa, principalmente por estacas o de fracciones de tallos, sin embargo acelerar el enraizamiento para obtener el mayor número de plantas de calidad en el menor tiempo posible conduce a un ahorro de mano de obra y de esta manera acelerar el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Se espera por lo tanto con esta investigación, aportar información sobre métodos de propagación convencionales y por técnicas de propagación vegetativa , a partir de esquejes de tallo, que contribuyan al manejo del banco de germoplasma, a mejorar la eficiencia del proceso de propagación y, a la obtención masiva y homogénea de material élite, con tolerancia a agentes patógenos y de esta manera establecer protocolos confiables como base para programas de transformación de plantas por ingeniería genética a partir de genotipos seleccionado.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 General**

Evaluar propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.

### **1.2.2 Específicos**

- Evaluar el comportamiento agronómico de los diferentes tratamientos en el enraizamiento de pitahaya (*Hylocereus undatus*).
- Determinar la mejor concentración de hormonas (ANA y AIB) en el enraizamiento de pitahaya (*Hylocereus undatus*).
- Establecer el costo de producción de cada planta de pitahaya en los tratamientos a evaluar.

## **1.3 Hipótesis**

- La aplicación de ANA y AIB en dosificación de 1500 u tiene el mismo efecto en la propagación vegetativa por estacas de pitahaya.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2. Generalidades de pitahaya

### 2.1. Origen y distribución geográfica actual de cultivo

El origen de *Hylocereus spp.* son los bosques tropicales y subtropicales de México y Centro y Sudamérica (incluyendo el sur de México, el lado del Pacífico de Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Venezuela, Colombia, Ecuador, Curaçao, Nicaragua, Panamá, Brasil y Uruguay) Desde su centro de origen la pitahaya se ha dispersado hacia América tropical y subtropical, Asia, Australia y el Medio Oriente, siendo *H.undatus* la especie más cosmopolita. (Gunasena. 2007).

Estos frutos no son muy cultivados a escala comercial fuera de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Sin embargo, en Vietnam *H. undatus* ha tenido un desarrollo extenso con casi 2000 ha cultivadas. En otros lugares, las pitahayas son consideradas “frutos nuevos”, con un futuro prometedor y son cultivadas a largas escalas en Australia e Israel (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006).

### 2.2 Clasificación Taxonómica

La pitahaya pertenece al género *Hylocereus* familia Cactaceae. Las especies pertenecientes al género *Hylocereus* son plantas trepadoras con raíces aéreas que producen un fruto glabro con largas brácteas. Las especies del género *Hylocereus* son diploides ( $2n=22$ ). Las cactáceas comprenden 120 a 200 géneros, donde 1500 a 2000 especies se encuentran en condiciones semidesérticas y regiones tropicales cálidas de Latinoamérica. Las cactáceas son apreciadas principalmente por sus cualidades ornamentales, pero también existen aproximadamente 250 especies que son cultivadas como frutales y cultivos industriales. Sin embargo, pocas especies son de importancia económica.

En Latinoamérica, muchas especies y frutos diferentes son llamados pitahaya, un nombre genérico y vernacular que representa una dificultad para su

clasificación botánica. Sin embargo, todas las pitahayas están agrupadas en 4 géneros principales: *Stenocereus* Britton & Rose, *Cereus* Mill., *Selenicereus* (A.Berger) Riccob y *Hylocereus* Britton & Rose. Nos enfocaremos principalmente en las especies de género *Hylocereus*. (Gunasena. 2007).

La clasificación de las especies de cactus comestibles se basa en la naturaleza del hábito crecimiento, el color de la cáscara del fruto y el color de la pulpa. Los cactus comestibles son divididos en 3 grupos basado en su hábito de crecimiento: cactus enredadera (epífita, trepadora o rastrera), cactus columnares y Opuntias. Las especies de cactus enredaderas comestibles pertenecen a 2 géneros diferentes; *Hylocereus* y *Selenicereus*, mientras que los cactus columnares pertenecen a 3 géneros; *Cereus*, *Pachycereus* y *Stenocereus* (Gunasena 2007).

La Pitahaya pertenece a la familia de los cactus. La familia de las cactáceas es la más numerosa e importante del grupo de plantas suculentas. Comprende muchos géneros. Las plantas que la componen son muy distintas en el aspecto exterior, pero numerosas características comunes las reúnen en un grupo botánico bastante homogéneo. Comprende unas 5.000 especies y constituye el mayor grupo de aquellas plantas que se identifican como “suculentas”. Se denominan plantas crasas o suculentas, aquellas de tejidos aparentemente carnosos, más o menos espesos y muy suculentos (jugosos). Esta última palabra es la que mejor define la especie, por denotar su riqueza en agua, mucílago y lácteos. Si bien existen variedades que se adaptan muy bien a las condiciones de vida de las regiones desérticas (vegetación xerófila), gran proporción de las especies son originarias de las regiones tropicales y subtropicales de América (Profiagro. 2007)

#### **2.4. Morfología**

La pitahaya es una planta trepadora que posee un sistema radicular superficial, alcanzando hasta 15 cm de profundidad del suelo. El crecimiento de las raíces es paralelo a la superficie del suelo. Además, desarrolla raíces adventicias a

partir de los tallos, las que le permiten adherirse, trepar y mantener la planta erecta (OIRSA, 2001; Gunasena. 2007).

Pocos estudios han sido publicados sobre la biología floral de *H. undatus* y *H. costaricensis*, las 2 especies de pitahayas más ampliamente cultivadas en el mundo. Las flores de estas 2 especies aparecen bajo las areolas, son largas (hasta 30 cm), en forma de embudo y nocturnas. El ovario está ubicado en la base de un largo tubo llevando las escamas foliares hacia el exterior. Hay numerosos estambres sobre un tallo de anteras esbeltas. El estilo inusualmente largo y tubular tiene un largo de 20 cm y 0,5 cm de diámetro. El peso de las flores es de 138-286 g. (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006).

Al inicio de la floración, 3-5 botones esféricos emergen desde los márgenes de los tallos y 2-3 pueden desarrollarse a yemas florales en 13 días aproximadamente. De botón floral a floración transcurren entre 15 y 20 días, de floración a fruto maduro 30 a 40 días aproximadamente (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006; Gunasena. 2007).

En sus países nativos, la polinización la realizan murciélagos o polillas de la familia Sphingidae, del género *Maduca*. No existen mayores problemas relacionados con los rendimientos de fruta en los principales países productores de Latinoamérica y Asia. (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006).

La dehiscencia ocurre unas pocas horas antes de la apertura completa de la flor. El polen es muy abundante, pesado y grueso. Las flores abren entre las 20:00 y 20:30 hrs. A las 14:00 hrs. del día siguiente la flor se cierra, después de ser polinizada (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006; Gunasena. 2007).

La parte inferior de una flor no fertilizada se vuelve amarillenta y la flor completa cae a los 4-6 días después de la floración, mientras que la parte inferior de una flor fertilizada se mantiene verdosa y aumenta enormemente en volumen, lo que indica que el fruto ha cuajado (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006).

Los frutos se desarrollan desde el ovario (la pulpa) y el receptáculo que rodea el ovario (la piel o cáscara). El fruto cambia el color de su cáscara desde verde a rojo cerca de 25 días después de la floración. La cáscara se vuelve completamente roja en los 4-5 días siguientes al primer cambio de color. Alrededor de 25-41 días después de floración, el peso seco de la pulpa del fruto aumenta significativamente, mientras que el peso seco de la cáscara y el porcentaje de agua de la cáscara disminuyen. La firmeza del fruto también disminuye durante este período. Frutos maduros pueden ser cosechados entre 30-50 días después de la polinización (Gunasena. 2007).

## **2.5. Métodos de Propagación**

*H. undatus* y *H. costaricensis* pueden ser propagados naturalmente y de manera sencilla por tallos que se desprenden, tan pronto estos tocan el suelo. La propagación por semillas y la multiplicación in vitro de brotes jóvenes o plantas adultas también es posible. Sin embargo, la multiplicación por estacas es preferible ya que permite una reproducción segura de la variedad. Además, la etapa productiva es alcanzada más rápidamente con las estacas, menos de un año después de la plantación en comparación con 3 años para plantas obtenidas desde semillas (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006).

Para la reproducción por estacas se recomienda usar tallos de un año, de 15-45cm de largo. Se debe realizar un curado durante 1-2 semanas en un lugar seco y sombreado. Luego, las estacas se pueden llevar a terreno directamente o colocarse en bolsas. El suelo debe tener buen drenaje y permanecer bien regado para favorecer el enraizamiento. (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E., 2006).

El hoyo debe ser de 30 cm de profundidad y 20 cm de ancho. Se recomienda plantar en septiembre o cuando no exista peligro de heladas. (Le Bellec, F. Vaillant, F. Imbert, E. 2006).

Ya que las pitahayas son plantas trepadoras hemiepífitas, se aferrarán naturalmente a soportes naturales o artificial con los que se encuentren (árboles, madera o postes de cemento, murallas de piedra, etc.) gracias a sus raíces aéreas. Dejarlas crecer en plano no es recomendable, ya que hará más difícil su manejo (polinización, cosecha, etc.), y porque el contacto con el suelo le causará daños a la planta (Le Bellec et al., 2006).

La vida de las pitahayas es larga (casi 20 años), por lo que la durabilidad de los postes es un factor a considerar. El tutor tiene que ser muy fuerte, ya que una planta de 3-4 años puede pesar cerca de 100 kg., por lo tanto sólo postes de concreto o de madera resistente podrán aguantar ese peso.

Los tutores de madera son baratos, pero su durabilidad es baja comparada con postes de concreto. Tampoco es posible cambiar los postes a medio camino a través del crecimiento del cultivo ya que la planta se enreda con el tutor para poder trepar. Por lo tanto, lo mejor debería usar postes de concreto aunque el costo inicial sea alto. Las dimensiones ideales de los postes es 10-15 cm de diámetro y 2 m de largo y debe ser enterrado 40 cm en el suelo (Gunasena et al., 2007).

## **2.6. Propagación asexual.**

En la Pitahaya, la principal forma de propagación es vegetativa, a partir de los tallos, esquejes o cladodios, de manera natural a través de la separación de los tallos y, en el caso de plantas cultivadas, mediante trasplante directo en el terreno definitivo o su colocación en bolsas con sustrato hasta la formación de nuevos tallos. Aunque no es muy común ni tan fácil, también se utiliza el injerto a partir de vástagos y patrones seleccionados (Alka 2003; Cáliz de Dios y Castillo, 2004; Bastos et al., 2006; Gunasena .,2007).

## 2.7. Reguladores del 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 ó metabolismo del vegetal. El término "sustancias reguladoras del crecimiento" es más general y abarca a las sustancias tanto de origen natural como sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo ó desarrollo en la planta. (Agropecuarios.2012).

Las fitohormonas son las moléculas responsables del desarrollo, aunque no se sabe bien cómo actúan en las células. Se sabe que su mecanismo de acción es por interacción con un receptor específico (la sensibilidad de un tejido hace referencia a su número de receptores), y que su modo de acción una vez recibida la señal es por transducción (Agropecuarios.2012).

De la transducción se sabe poco, pero parece ser que no es muy diferente de la de los animales. (Agropecuarios.2012)

La actuación depende de la sensibilidad del tejido y de la concentración de la hormona. Se denomina nivel activode una hormona a las formas que desencadenan respuestas. Es necesario un control o homeostasis hormonal, importante para el control del crecimiento, defensa ante situaciones eventuales como cerrar constantemente los estomas en sequía.

Transporte: se trata de llevar hormonas de zonas de afloramiento a zonas de déficit, o transportar hormonas al lugar donde se necesita su acción.  
Conjugación: es la modificación de hormonas (añadiendo azúcares o aminoácidos principalmente, u otras moléculas de bajo peso molecular). Sirve

como paso inicial para la degradación de éstas, para poder almacenarlas, para su mayor eficacia en el transporte o para inactivarlas. (Agropecuarios.2012)

## **2.8. Principales hormonas vegetales.**

Hay varias sustancias de crecimiento de las plantas que norman su desarrollo y por ende afectan a nuestros proyectos agropecuarios, por eso la biotecnología vegetal esta para darnos la mano (Agropecuarios.2012)

Se entiende por reguladores del crecimiento aquellas sustancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta o sintéticas y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo o metabolismo del vegetal. El termino sustancias reguladoras del crecimiento es mas general y abarca a las sustancias tanto de origen natural como sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo o desarrollo en la planta.

Clasificación de los reguladores del crecimiento

Auxinas

Citoquininas

Giberelinas

Etileno

Ácido abcísico (Agropecuarios. 2012)

## **2.9. Auxinas.**

Las auxinas fueron las primeras fitohormonas identificadas y es precisamente el ácido indol acético AIA, la principal auxina endógena en la mayoría de las plantas (Srivastava 2002). La mayoría de las moléculas que integran este grupo son derivados indólicos, aunque también se encuentran algunos compuestos fenoxiacéticos, benzoicos o picolínicos con actividad auxínica. Las auxinas se encuentran en la planta en mayores cantidades en las partes donde se presentan

procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con sus funciones fisiológicas asociadas con la elongación de tallos y coleóptilos, formación de raíces adventicias, inducción de floración, diferenciación vascular, algunos tropismos y promoción de la dominancia apical ( Zhao, 2012).

Dado que los niveles endógenos de auxina son mucho mayores en tejidos jóvenes, es razonable sospechar que éste es su sitio de síntesis; sin embargo, esta hipótesis no ha podido ser probada, debido a que las vías de biosíntesis aún no están completamente entendidas, pues se conocen múltiples y complejas vías de síntesis, algunas dependientes del triptófano y otras independientes de este amino ácido, sin que en la actualidad se haya podido establecer ninguna vía completa de síntesis de auxinas de novo. Por el contrario, se tiene suficiente certeza sobre sus roles fisiológicos, sus vías de señalización y sus mecanismos de transporte, pero aun se desconoce cómo lo produce la planta. En los últimos avances que se han hecho, se han descubierto varios genes claves en la biosíntesis de auxinas, pero aun se requiere integrar estudios genéticos con análisis bioquímicos para llenar los vacíos que subsisten (Zhao 2010).

## **2.10. Citoquininas**

Las citoquininas han sido consideradas estructuralmente como derivadas de adeninas o purinas, y dentro de este grupo se incluyen la kinetina, zeatina y benzilaminopurina. Debido a su variación estructural se ha llegado a clasificar en citoquininas isoprenoides y aromáticas (Sakakibara 2006).

Este grupo de fitohormonas es considerado el responsable de los procesos de división celular, entre los que se encuentran la formación y crecimiento de brotes axilares, la germinación de semillas, la maduración de cloroplastos, la diferenciación celular (Klee y Estelle 1991) y también el control de varios procesos vegetales como el retardo de la senescencia y en la transducción de señales (Sakakibara, 2006).

Recientemente se han reconocido sus mecanismos de biosíntesis y de señalización, debido al uso de técnicas moleculares modernas que han permitido la identificación de los genes que codifican para las enzimas y proteínas que controlan los puntos clave de estos procesos (Sakakibara 2006). La biosíntesis y homeostasis de citoquininas, están finamente controladas por factores internos y externos como el nivel de otras fitohormonas y las fuentes de nitrógeno inorgánico, además su mecanismo de translocación está relacionado con el mismo sistema de transporte de purinas y nucleósidos tanto a nivel de toda la planta, como a nivel celular (Sakakibara 2006).

### **2.11. Giberelinas**

Las giberelinas biológicamente activas, actúan como reguladores esenciales del desarrollo de las plantas y cubren todos los aspectos de la historia de vida de las plantas, modulando varias respuestas del crecimiento como la germinación de semillas, el crecimiento del tallo, la partenocarpia, la expansión foliar, la elongación de la raíz, la floración y la liberación de enzimas hidrolíticas en algunos tejidos (Ueguchi-Tanaka et ál. 2007). Únicamente las giberelinas biológicamente activas pueden cumplir con estas funciones, las giberelinas no bioactivas existen en el tejido vegetal como precursores de las formas bioactivas o como metabolitos desactivados. Se ha dilucidado que existe una necesidad estructural como requerimiento para la afinidad con el recientemente descubierto receptor de giberelinas en arroz (GID1) y sus homólogos en otras especies (Nakajima et ál. 2006). Parece ser que la regulación de la biosíntesis de giberelinas y de sus receptores y vías de señalización dependen de la especie de estudio (Yamaguchi 2008).

### **2.12. Ácido abscísico**

El ácido abscísico ABA es un sesquiterpenoide particularmente importante en la respuesta a estrés y desempeña un papel importante en procesos fisiológicos, cuyos efectos varían dependiendo del tejido y estado de desarrollo de la planta. Entre sus múltiples funciones, se incluye la inducción de síntesis de proteínas LEA (Late Embriogenesis Abundant), con lo cual se promueve la tolerancia del embrión a la deshidratación y acumulación de proteínas de almacenamiento. Además se le atribuye el mantenimiento de la dormancia de semillas; en hipocótilos, epicótilos y coleóptilos inhibe el crecimiento y elongación; y en hojas promueve su senescencia (Finkelstein et ál. 2008). Se ha reconocido su antagonismo a diversos efectos de las giberelinas, incluyendo la promoción del crecimiento en plántulas y la síntesis de  $\alpha$ -amilasa (Cutler et ál. 2010), cumple un papel importante en la regulación de las relaciones hídricas, por su relación determinante en la respuesta de las células guarda estomáticas y en el mantenimiento del crecimiento radical durante el déficit hídrico, lo cual se encuentra ampliamente estudiado y documentado en la actualidad (Finkelstein. 2008).

### **2.13. Trabajos desarrollados en propagación vegetativa.**

Se realizó una investigación con el propósito de desarrollar un sistema operativo de propagación vegetativa para *Gmelina arborea* Roxb., en este estudio evaluó el efecto de la concentración de ácido indolbutírico (AIB) en la capacidad de enraizado de diferentes tipos de estacas juveniles de esta especie. En el ensayo se incluyeron tres tipos de estaca (apical, intermedia y basal) y cuatro concentraciones de AIB (0, 1.0, 1.5 y 2.0 mg g<sup>-1</sup>), en un diseño factorial completo; evaluó el contenido inicial de azúcares totales en los tres tipos de estaca, así como su capacidad de enraizado, brotación y características de las raíces formadas. Las estacas apicales mostraron mayor capacidad de enraizado (71.8 %) y brotación (54.9 %) que las estacas basales (43.7 y 38.3 %, respectivamente), y formaron 30 % más de raíces. La aplicación de AIB inhibió la capacidad de enraizado en las estacas apicales, pero la estimuló en las estacas intermedias y basales; el mayor porcentaje de enraizado se obtuvo en

las estacas apicales sin AIB (80 %) y en las intermedias con 2.0 mg g<sup>-1</sup> de AIB (83 %). Vargas (2005).

Trabajo en Chile sobre la propagación vegetativa de *Berberidopsis corallina* es una especie endémica de Chile “en peligro de extinción”. Para la propagación vegetativa se colectaron estacas semileños. Las estacas cosechadas se trataron con ácido indolbutírico (AIB) en distintas concentraciones (0, 500, 1.000 y 1.500 mg L<sup>-1</sup>) como factor de enraizamiento. Después de cinco meses de mantenidas las estacas en cama caliente se obtuvo un 87% de enraizamiento total. La concentración de AIB de 1.000 mg L<sup>-1</sup> mostró los mejores resultados respecto al proceso de rizogénesis con un 90% de enraizamiento. Además se encontró el mayor promedio de longitud de raíces en este mismo tratamiento con un promedio de 13,64 cm. El mayor número de raíces se obtuvo en el tratamiento 1.500 mg L<sup>-1</sup> con un valor promedio de 38,11 raíces por estaca. Latsague (2008),

En Ecuador, Carranza (2012), trabajo en la propagación vegetativa del efectos de distintas concentraciones hormonales en la inducción de raíces en estacas de pimienta negra (*Piper nigrum*), la interpretación de los resultados y evidencias experimentales se concluye que el tratamiento que logró el promedio más alto de número y longitud de raíces fue el T5 (2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA + 2000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB más tierra) con 5.32 y 6.52 respectivamente. El promedio del porcentaje de sobrevivencia estuvo entre 61,91 y 97 %. El porcentaje promedio más alto de enraizamiento fue el observado en el tratamiento T9 (3000 mg kg<sup>-1</sup> ANA + 3000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB más tierra) con 74,43%. Los mejores tratamientos para número de brotes fue el T8 (2500 mg kg<sup>-1</sup> ANA + 2500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB más arena) y para la longitud el T3 (1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB más tierra) con 0,54 y 1,47 respectivamente. El tratamiento que obtuvo la mejor rentabilidad fue el T2 (testigo en tierra) con 96.62 % de rentabilidad. Carranza (2012),

Manifiestan que, la propagación vegetativa es un método bastante utilizado para la obtención de porta-injertos clonales de ciruelo y membrillero y podría ser utilizado con éxito, en el guayabo del país por sus características de presentar un gran número de brotaciones, próximo al cuello de la planta.

Para medir el efecto del ácido nafatalenacético (5000 mg.L-1), ácido indolbutírico (4000 mg.L-1) y un control sin auxina. En un segundo experimento (EII), se evaluó el efecto del tipo de anillado (eliminación de la corteza, raspado de la corteza y estrangulamiento con alambre). La selección de guayabo AgroLUZ-42 mostró el mayor enraizamiento, con 53,3% y un 80% de sobrevivencia (4 raíces de 1,96 cm de largo), sin hormonas (Vílchez *et al.*, 2011).

**CAPITULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3. Materiales y Métodos

#### 3.1. Localización y duración del experimento

La presente investigación se realizó en el Recinto Unión Cariamanga del Cantón “Puerto Quito”, provincia de Pichincha cuyas coordenadas, geográficas es de 01° 13’ 0” S y 78° 31’ 0” longitud Oeste, a una altura de 200 m, s. n. m. La duración de la investigación fue de 120 días.

#### 3.2. Condiciones meteorológicas

A continuación se presenta las condiciones meteorológicas del lugar de investigación.

**Cuadro 1.** Condiciones meteorológicas de Puerto Quito lugar de la investigación en propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB.

Parámetros	Características
Lluvia. mm	2000 - 4000
Humedad relativa. %	85
Altitud. msnm	200
Temperatura media. °C	18 - 25
Heliofania. h. luz año	957.6
pH	5.5 a 6.5
Topografía	regular

Fuente: INIAP. 2013.

#### 3.3. Materiales

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Material vegetativo</b>	
Restos vegetativos de pitahaya	200
<b>Material de laboratorio</b>	
Hormona ANA y AIB(mg/kg)	2
Alcohol(ml)	100
<b>Materiales de campo</b>	
Vitavax (fundas)	1
Fundas de vivero (unidades)	200
Arena (sacos)	4
Palas (unidad)	2
Sarán(m <sup>2</sup> )	20
Tijeras de podar (unidad)	2
Guantes (pares)	4
Manguera de agua (m)	10
Machetes (unidad)	2
Recipientes de plásticos	2
<b>Materiales de oficina</b>	
Computadora	1
Resma	2
Cámara	1
Lápiz	1
Cuaderno	2
Esferográfico	2
Impresora	1
Flash memory	1

### 3.4. Tratamientos

Se emplearon Acido Naptalacetico y Acido Indol butírico (AIB) en cuatro concentraciones hormonales.

T0 Sin Hormona

T1 1000 mgkg-1 de ANA + 1000 mgkg-1 de AIB

T2 1500 mgkg-1 de ANA + 1500 mgkg-1 de AIB

T3 2000 mgkg-1 de ANA + 2000 mgkg-1 de AIB

### 3.6. Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y cinco observaciones y cada unidad experimental estuvo constituida por diez estacas. Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia (cuadro 2) y para establecer la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

**Cuadro 2.** Análisis de varianza en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.

Fuente de variación		Grados de libertad	
Tratamiento	(T - 1)	4 - 1	3
Error	T(R - 1)	4(5 - 1)	16
<b>TOTAL</b>	<b>T.R - 1</b>	<b>(4)(5) - 1</b>	<b>19</b>

### 3.6. Delineamiento experimental

---

#### Delineamiento experimental.

---

Número de repeticiones	5
Número de tratamientos	4
Número de unidades experimentales	200
Ancho de los almácigos cm <sup>2</sup>	20
Largo de los almácigos cm <sup>2</sup>	50
Área útil del ensayo m <sup>2</sup>	18

---

### 3.7. Unidad experimental

En la presente investigación se utilizó 200 estacas de pitahaya amarilla y cada unidad experimental estuvo constituida por 10 cepas.

**Cuadro 3.** Unidad experimental en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.

---

Tratamientos	UE	Rep.	Nº Estacas./Tra
T0 Sin Hormona	10	5	50
T1 1000 mgkg <sup>-1</sup> de ANA + 1000 mgkg <sup>-1</sup> de AIB	10	5	50
T2 1500 mgkg <sup>-1</sup> de ANA + 1500 mgkg <sup>-1</sup> de AIB	10	5	50
T3 2000 mgkg <sup>-1</sup> de ANA + 2000 mgkg <sup>-1</sup> de AIB	10	5	50
Total			200

---

### **3.8. Variables evaluadas**

Con la finalidad de evaluar el efecto de los tratamientos en estudio se tomaron los datos siguientes:

#### **3.8.1. Número de raíces**

Para conocer el número de raíces de las estacas se contó el número inicial de plantas y luego se registró el porcentaje a los 45 días de establecido el experimento.

#### **3.8.2. Longitud de raíces (cm)**

Se registró a los 45 días de edad, para la cual se midió la longitud en centímetros desde el cuello de la estaca hasta el ápice terminal de la raíz.

#### **3.8.3. Porcentaje de sobrevivencia en enraizamiento (%)**

Se contó el número de estacas brotadas de la parcela neta a los 45 días de la siembra de cada uno de los tratamientos de las 10 unidades experimentales y se calculara el porcentaje de sobrevivencia por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Sobrevivencia} = \frac{\text{Número de estacas brotada}}{\text{-----}}$$

#### **3.8.4. Enraizamiento de la planta en (%)**

Se lo consideró a partir de los 45 días de iniciado el ensayo. En esta variable se contara todas las raíces que se formaron en cada estaca por su prendimiento.

#### **3.8.5. Número de brotes**

Este dato se lo expresó en cantidad y se lo registró a partir de los 45 días del implante.

### **3.8.6. Longitud de brotes (%)**

Se midió a partir de los 45 días del implante y se lo registrara en cm.

## **3.9. Manejo del experimento**

### **3.9.1. Selección del material vegetativo**

Las plantas madres que se seleccionaron como donadoras del material vegetativo (estacas) fueron sanas, vigorosas, suculentas y en buenas condiciones, las cuales tuvieron aproximadamente 2 años de edad, libre de plagas y enfermedades, de color verde claro y en plena de crecimiento vegetativo.

### **3.9.2. Construcción de umbráculo**

Para reducir la intensidad luminosa y poder controlar la temperatura se construyó un umbráculo de 2 x 5m, con una estructura de caña y un zarán que permite el 20% de paso de luz.

### **Sustrato**

El sustrato empleado para el enraizamiento fue tierra más arena (1:1), el mismo que se colocó en fundas de polietileno de color negro con dimensiones de 30 x 40 cm, las cuales para evitar la acumulación de humedad en el fondo de la bolsa se le practicaron seis perforaciones con un sacabocados de media pulgada de diámetro.

### **Preparación de los polvos enraizantes**

Para preparar los polvos enraizantes se procedió a pesar 30 g. de talco y las diferentes concentraciones de ANA y AIB, una vez pesado el contenido de las hormonas fueron diluidas nitrato de amonio y con alcohol al 75% en un vaso de precipitación con la ayuda de una espátula, se mezcló bien hasta lograr formar una masa añadiendo más alcohol según sea necesario, luego se convino las hormonas para sus respectivas dosis, una vez mezclado se la colocó en su recipiente, este se lo puso en un lugar que lleguen los rayos solares y se lo dejó por un día.

Las estacas se cortó con tijera de podar, una vez cortadas se envolvieron en papel periódico y tela húmeda para mantenerlas frescas durante su traslado.

Las estacas de cada tratamiento se introdujeron unos 1.5 -2.0 cm. de la base en las soluciones combinadas de ANA y AIB e inmediatamente fueron colocadas en el sustrato de enraizamiento hasta una profundidad de 4 a 5cm, una estaca por funda. Las fundas con los esquejes, en sus diferentes tratamientos, se las tapo con un plástico cubriéndolas totalmente formando una cámara húmeda, dentro del umbráculo.

### **3.10. Análisis económico**

Para efectuar el análisis económico de esta investigación en sus respectivos tratamientos, se utilizó la relación beneficio/costo, para lo cual se consideró:

#### **Ingreso bruto por tratamiento**

Este rubro se obtuvo por los valores totales en la etapa de investigación para lo cual se plantea la siguiente fórmula:

$$IB = Y \times PY$$

**IB**= ingreso bruto

**Y**= producto

**PY**= precio del producto

### **Costos totales por tratamiento**

Se estableció mediante la suma de los costos fijos y variables, empleando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CT = CF + CV}$$

**CT** = Costos totales

**CF** = Costos fijos

**CV** = Costos variables

### **Beneficio neto (BN)**

Se estableció mediante la diferencia entre los ingresos brutos y los costos totales.

$$\mathbf{BN = IB - CT}$$

**BN** = beneficio neto

**IB** = ingreso bruto

**CT** = costos totales

### **Relación Beneficio Costo**

$$\mathbf{R B/C = BN/ CT}$$

**R B/C** = relación beneficio costo

**BN** = beneficio neto

**CT** = costos totales

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4. Resultados y discusión**

#### 4.1. Número de raíces

El promedio del número de raíces en estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*), se observaron diferencias altamente significativas, siendo los tratamientos T2 con 1500 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA alcanzó 10.43 número de raíces seguido del T3 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA alcanzó 10.40 número de raíces, que se diferenciaron de los T1 1000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1000 mg kg<sup>-1</sup> ANA que alcanzó 5.38 números de raíces y por último T0 (sin hormonas) quien registró un promedio de número de raíces 3.33.

El análisis de varianza para el número de raíces de estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) indica que el factor de la dosis de hormona ANA + AIB presenta influencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ), es decir, que los niveles de dosis de ácido Naptalacetico (ANA) más ácido indol-3-butírico (AIB) usados influyeron en el número de raíces (cuadro 4). En la mayoría de las especies el uso de las citoquininas y auxina sintética ANA + AIB demostró su efectividad frente a otras auxinas como ácido indol acético (AIA) (Latsague, 2008). Concordando con (Vargas, 2005, y Carranza, 2012), que determinaron que aplicando ANA + AIB se optimizó notablemente el número de raíces en estacas de otras especies obteniendo de 7 a 15 raíces frente al T0 3.33 raíces en las estacas que no fueron tratadas con ANA + AIB (testigo).

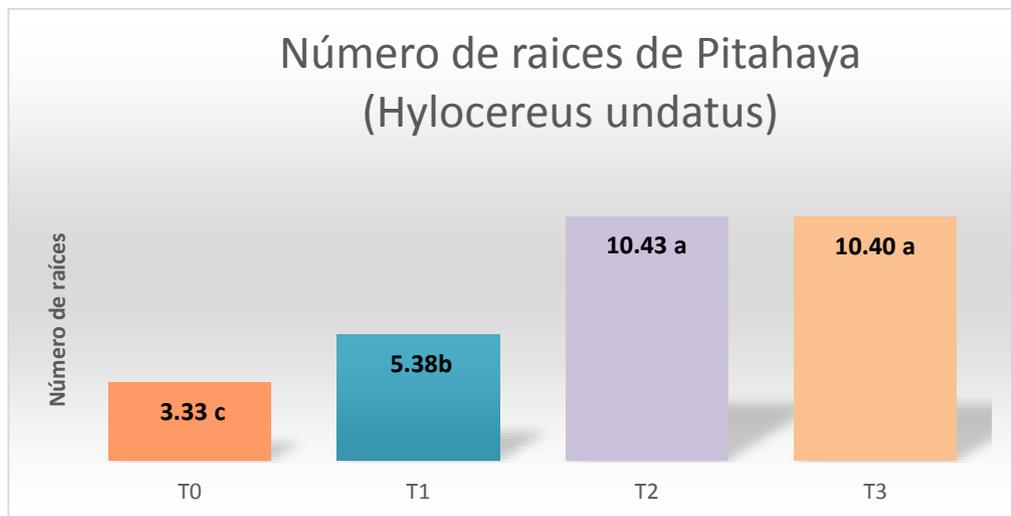
**Cuadro 4** Promedio de números de raíces en la propagación asexual de pitahaya

(*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.”

Tratamientos	Promedio
T0	3.33 c
T1	5.38 b
T2	10.43 a
T3	10.40 a
CV%	8.16 %

Promedio con las mismas letras son estadísticamente iguales según la prueba de TUKEY ( $p \geq 0.05$ ).

En la figura 1 se observa la diferencia altamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el número de raíces debido a las dosis de ANA + AIB, donde la dosis hormonal se presentan los promedios del porcentaje de números de raíces, encontrándose diferencia estadística en todo los tratamiento, donde los tratamientos T2 y T3 no presentaron diferencia, pero esto si con el T1 y T0.



**Figura 1.** Promedio de números de raíces en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.”

La capacidad de las auxinas para promover el número de raíces adventicias en estacas es bien conocida, y se ha atribuido a una mejora en el transporte de carbohidratos a la base del corte (Vargas, 2005). Este autor afirma que uno de los efectos directos de las hormonas enraizadoras ANA más AIB, es el incremento de la actividad subsecuente aumento del tejido parenquimático de mayor actividad metabólica en las estacas.

#### **4.2. Longitud de raíces (cm)**

Para la variable longitud de raíces, se registraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la longitud de raíz promedio debido a las dosis de ANA más AIB. Relación con las comparaciones de medias (cuadro 5 y figura 2) realizadas para la misma variable la dosis que influyó significativamente más ( $p \leq 0.05$ ) fue para T3 (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA), produciendo hasta 20.15 cm de longitud de raíz promedio por estaca respectivamente, esta dosis que representa la longitud más larga de raíz, indica que a mayores concentraciones de las hormonas ANA más AIB se satisface el elongamiento o crecimiento en longitud; seguido de la dosis (1000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) también obtuvo una longitud de raíz promedio estadísticamente de 19.30 cm, seguido por el T2 (18.23 cm) y finalmente, T0, con los que se logró la media baja de 17.78 cm.

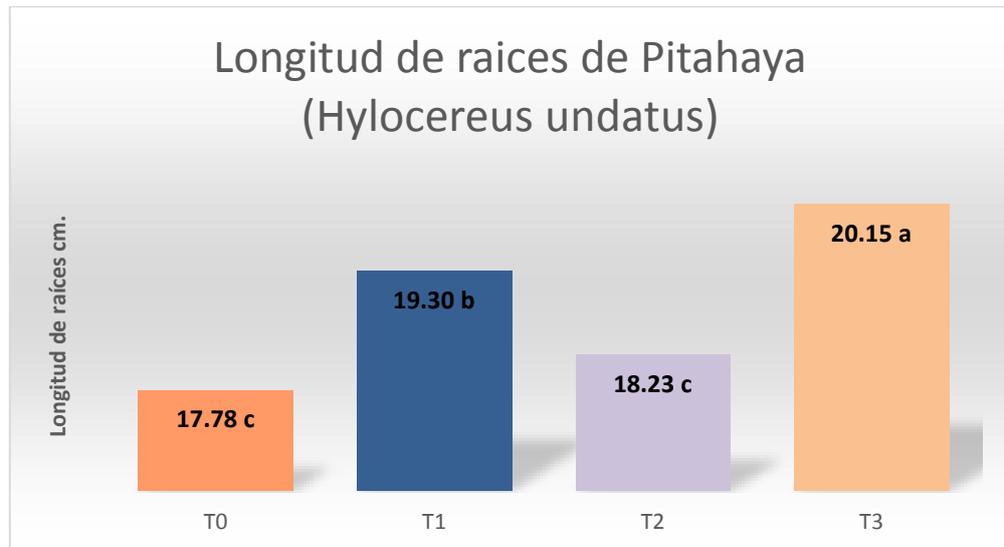
Con la aplicación exógena de auxinas y citoquininas en la base de estacas tuvo un impacto positivo en la longitud de raíces promedio en estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*); Concuerda con otras investigaciones en propagación vegetativa de árboles tropicales (Latsague, 2008), y (Vargas, 2005, y Carranza, 2012) individualmente también tuvieron similar respuesta.

**Cuadro 5.** Promedio de longitud de raíces en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.”

Tratamientos	Promedio
T0	17.78 c
T1	19.30 b
T2	18.23 c
T3	20.15 a
CV%	2.37 %

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la prueba Tukey al 95 % de probabilidad

En la figura 2 se presentan los promedios de la longitud de la raíces donde podemos observar que el T3 ( 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA), produciendo hasta 20.15 cm 6 cm longitud de raíces seguido del T1 con 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA que obtuvo el 19.30 cm de longitud de la raíz, T2 con 1500 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA, alcanzó el 19.30 cm de longitud de raíces, y por último T0 (sin hormonas) quien registro un promedio de longitud de raíces de 17,78 cm, hay que destacar sin embargo que cuando no hay formación de raíces no se produce la liberación y translocación de las auxina y citoquininas endógena, la cual es un requerimiento para la iniciación de las raíces adventicias en tallo y para la división de las primeras células iniciadoras de la raíz .



**Figura 2.** Promedio de longitud de raíces de efecto de cinco dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

#### 4.3. Enraizamiento de la planta en porcentaje

Para la variable enraizamiento de la planta en porcentaje, se registraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) debido a las dosis de ANA más AIB, es decir, que los niveles de dosis de ácido Naptalacetico (ANA) más ácido indol-3-butírico (AIB) usados influyeron en el enraizamiento. (Cerqueda, 2010), (Latsague, 2008, y Vílchez, 2011), determinaron que aplicando ANA + AIB se optimizará el porcentaje de enraizamiento en estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) obteniendo de un 88 a 96% frente a 75 % de enraizamiento en las estacas que no fueron tratadas con ANA + AIB (testigo). En la mayoría de las especies el uso de la auxina sintética AIB demostró su efectividad frente a otras auxinas como ácido indol acético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA)

**Cuadro 6.** Promedio de porcentaje de enraizamiento en la propagación asexual

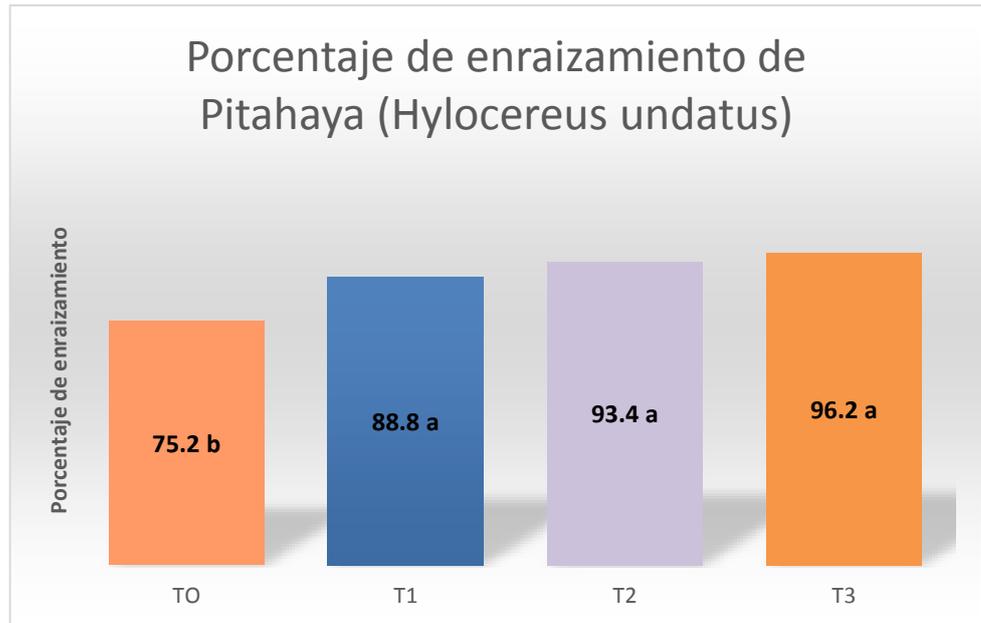
de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito

Tratamientos	Promedio
T0	75.20 b
T1	88.80 a
T2	93.40 a
T3	96.20 a
CV%	8.91

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la prueba Tukey al 95 % de probabilidad

En la figura 3, se confirma la diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos que fueron tratados con ANA + AIB frente a los testigo. La influencia favorable en el enraizamiento, debido a las dosis altas de la hormonas, fue corroborado por Acosta (Cerqueda, 2010), quien al realizar propagación vegetativa en pitahaya en aplicación de cuatro concentraciones con la aplicación de citoquininas más auxinas. En otra investigaciones realizada en otra especie es confirmado por Villacis, (2003), que al trabajar con estacas de moral fino y aplicación de dosis de ANA y AIB (0, 1000, 1500, y 2000 ppm), en sustratos de arena gruesa, el mayor porcentaje de enraizamiento con dosis de 1500y 2000 ppm (70 y 100 %respectivamente); y finalmente un30 % de enraizamiento con la dosis 0 ppm.

Por lo tanto se acepta la hipótesis que las auxinas y citoquininas aplicadas en esta investigación se obtuvo un porcentaje alto de enraizamiento. La aplicación de ANA y AIB en dosificación de 1500 u tiene el mismo efecto en la propagación vegetativa por estacas de pitahaya en condiciones de invernaderos



**Figura 3.** Promedio de porcentaje de enraizamiento en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito

#### 4.4. Porcentaje de mortalidad (%)

En la variable porcentaje de mortalidad, se registraron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos que utilizaron hormona ANA + AIB, donde el testigo tuvo el mayor porcentaje de mortalidad (24.8 %) frente al resto que fue de (3 a 11%). En cuanto a la prueba de comparación de medias (Tukey) realizada, el porcentaje de mortalidad que se muestra en el cuadro 7 y figura 4 es destacable ya que en general todos las concentraciones utilizados de ANA + AIB ayudan a mantener vivas una alta población de las estacas, pero la dosis T3 (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA), obtuvo significativamente el valor menor de mortalidad de 3.3%, frente a las otras dosis, T2 (1000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1000 mg kg<sup>-1</sup> ANA), y T1 (1500 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA), con mortalidad que fueron (11.6 y 6.6% respectivamente). La sobrevivencia de las estacas de pitahaya se debió principalmente a la característica de la especie y del medio de enraizamiento ya que la pérdida de suministro de agua de las

estacas es lenta evitando el estrés fisiológico y por ende el marchitamiento; posiblemente a que se mantuvo una adecuada retención de la humedad al interior de la cámara y buena aireación en el sustrato lo que favoreció la sobrevivencia general de la especie.

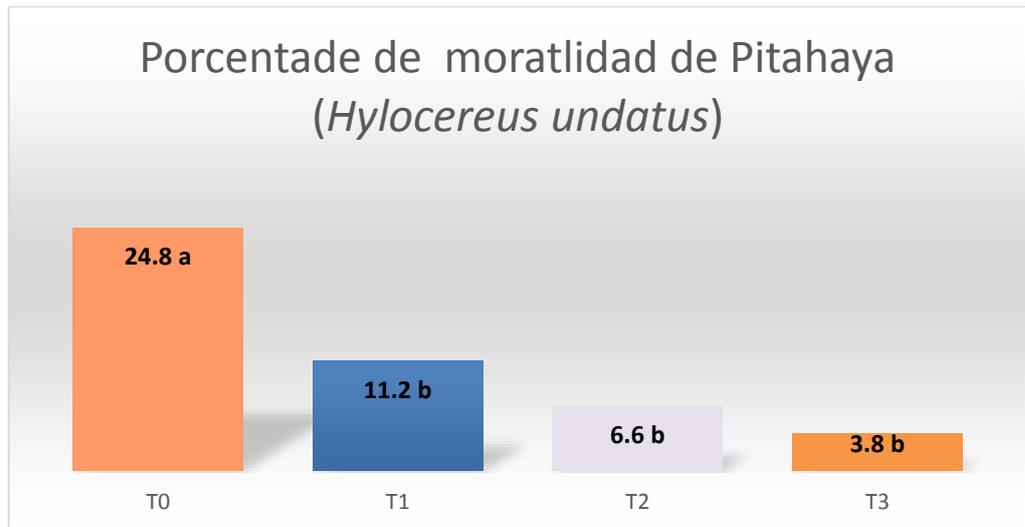
En una atmósfera de suelo saturado, particularmente cuando carece de oxígeno, permite las pudriciones y muerte del material vegetativo y por el contrario un riego deficiente permite la marchites por pérdida de agua. Esto confirma lo investigado por Vílchez (2011) quienes mencionan que estudios realizados en pitahaya y moral fino individualmente tuvieron igual porcentaje en estas especies por lo tanto es también corroborado por (Vargas,2005). En que la auxina aplicada a las estacas como reguladores de crecimiento aumentan el porcentaje de enraizamiento, reducen el tiempo de iniciación de raíces y mejoran la calidad del sistema radical formado y por ende reduce el porcentaje de mortalidad. Por lo tanto se acepta la hipótesis

**Cuadro 7.** Promedio de porcentaje de mortalidad de efecto de tres dosis de ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

Tratamientos	Promedio
T0	24.8 a
T1	11.2 b
T2	6.6 c
T3	3.3 c
CV%	17.93 %

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la prueba Tukey al 95 % de probabilidad

En la figura 4 se presenta que en esta investigación existió una mortalidad significativa, donde el tratamiento que no se le aplicó hormona tuvo una destrucción de 24.8% el exceso de humedad, la cual habría dificultado la difusión de oxígeno produciendo la muerte del tejido de la estaca desde la base.



- Figura 4. Promedio de porcentaje de mortalidad enraizamiento en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito

#### 4.5. Longitud de brotes (cc)

En el cuadro 8 se muestran los promedios de longitud de brotes en estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*), se observaron diferencias significativas entre el tratamiento testigo sin hormona frente a los tratamientos T1 (1000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) alcanzó 5.33 cm, T2 (1500 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA) obtuvo un promedio de 1.38, T3 (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) alcanzó el 0.68 cm.

El análisis de varianza para la longitud de brotes de estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) indica que el factor dosis de hormona ANA + AIB presenta influencia altamente significativa ( $p \leq 0.05$ ), es decir, que los niveles de dosis de las hormonas usados influyeron en la longitud (cuadro 8). En la mayoría de las especies el uso de la auxina y citoquininas sintética ANA + AIB demostró su efectividad frente a otras auxinas como ácido indol acético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA) (Vílchez, 2011).

**Cuadro 8** Promedio de la longitud de brotes en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito

Tratamientos	PROMEDIO
T0	9.25 b
T1	5.33 a
T2	1.68. a
T3	0.68 a
CV%	2.85 %

Promedio con las mismas letras son estadísticamente iguales según la prueba de TUKEY ( $p \geq 0.05$ ).

En la figura 4 se confirma la diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la longitud de brotes debido a la dosis de ANA + AIB, donde la dosis hormonal se presentan los promedios de longitud de brotes, encontrándose diferencia estadística en todo los tratamiento, donde los tratamientos.

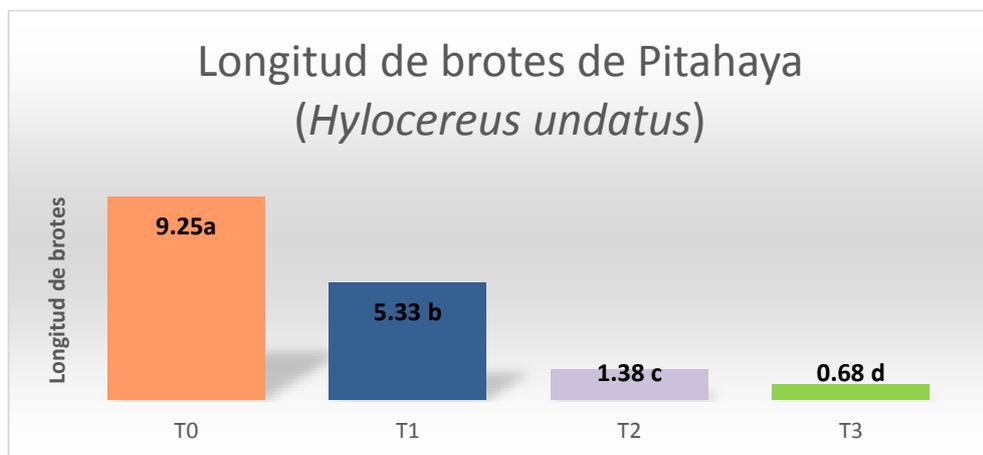


Figura 4. Longitud de brotes en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.

La capacidad de las auxinas para promover la masa radicular en estacas es bien conocida, y se ha atribuido a una mejora en el transporte de carbohidratos a la base del corte (Vargas, 2005). Este mismo autor afirma que uno de los efectos

directos de la hormona enraizadora ANA + AIB, es el incremento de la actividad y aumento del tejido parenquimático de mayor actividad metabólica en las estacas.

Los beneficios del uso de las hormonas ANA + AIB son conocidos, no solo por ayudar a mejorar la calidad del sistema radical si no que aumentan la masa radicular ( Vargas, 2005)

#### **4.6. Evaluación Económica**

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de beneficio costo de los diferentes tratamientos empleados las hormonas ANA (Ácido Naptalacetico) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de estacas de pitahaya (*Hylocereus undatus*).” El tratamiento testigo, obtuvo un costo de rentabilidad negativo de (- 0.5) debido a que 24.80 % de las estacas se murieron. El mejor tratamiento fue para T3 (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) con una rentabilidad de USD 22. Con respecto a la relación beneficio/costo el mejor tratamiento fue T3 ( 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA), por lo que por cada dólar que se invierta se recupera la inversión más \$ 0.22.

**Cuadro 9.** Análisis económico en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.”

Rubros	Tratamientos			
	AIB mg kg <sup>-1</sup> + ANA mg kg <sup>-1</sup>			
	T1	T2	T3	T4
	USD	USD	USD	USD
Hormona ANA		0.150	0.175	0.220
Hormona AIB		0.150	0.175	0.220
Alcohol		0,015	0,015	0,015
Material vegetal	0,10	0,10	0,10	0,10
Fungicida Vitavax	0,035	0,035	0,035	0,035
Arena	0,025	0,025	0,025	0,025
Pala	0,030	0,030	0,030	0,030
Machete	0,025	0,025	0,025	0,025
Recipientes	0,155	0,155	0,155	0,155
Zarán	0,570	0,570	0,570	0,570
Tijera de podar	0.046	0,046	0,046	0,046
Plástico transparente	0,490	0,490	0,490	0,490
Guantes	0,02	0,024	0,024	0,024
Jornales	10.0	10.0	10.0	10.0
Movilización	5.20	5.20	5.20	5.20
<b>Costo total</b>	<b>15.25</b>	<b>15.50</b>	<b>15.55</b>	<b>15.64</b>
Plantas Vivas	37	44	47	48
Valor unitario por planta	0.41	0.35	0.33	0.32
Valor unitario por planta en el mercado	0.40	0.40	0.40	0.40
<b>Total de ingresos</b>	<b>15.17</b>	<b>17.60</b>	<b>18.80</b>	<b>19.20</b>
Beneficio Neto	-0.08	2.10	3.25	3.56
<b>Relación beneficio costo</b>	<b>- 0.005</b>	<b>0.14</b>	<b>0.21</b>	<b>0.22</b>
Rentabilidad	- 0.5	14	21	22

## **CAPÍTULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5. Conclusiones y recomendaciones**

##### **5.1. Conclusiones**

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que:

- ✓ El tratamiento tres (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) fue el mejor en número de raíces 10.40; longitud de raíces 20.15 cm.
- ✓ En el tratamiento tres(2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) se obtuvo el mejor porcentaje de enraizamiento de 96.20 % .
- ✓ Con un porcentaje de mortalidad de 3.80 % el tratamiento tres (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) fue el mejor superando al testigo y al resto de tratamientos.
- ✓ En cuanto a la relación beneficio costo (B/C), el tratamiento con mayor rentabilidad fue el T3 (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) con 22 %.

## 5.2. Recomendaciones

- ✓ Emplear la concentración: (2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA) para obtener plántulas de mejor cantidad y calidad

- ✓ Utilizar como sustrato arena más tamo de arroz quemado por lo que facilita el drenaje,
  
- ✓ Continuar con estudios de multiplicación asexual con otras dosificaciones de hormonas

## **CAPÍTULO VI.**

### **BIBLIOGRAFIA**

#### **5. Bibliografía consultada**

**Acosta, M. 2006.** Propagación Vegetativa de *Triplaris guayaquilensis* (Fernansánchez) Mediante la Utilización de Hormonas de Enraizamiento (ANA Y AIB). Tesis de grado para la obtención del TITULO DE Ingeniería

Forestal., Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador.  
54p.

**Agropecuarios, 2012.** Reguladores de crecimiento disponible en:  
<http://agropecuarios.net/reguladores-del-crecimiento>.

**Carranza, D. 2012.** Efectos de distintas concentraciones hormonales en la inducción de raíces en estacas de pimienta negra (*piper nigrum*). Tesis de grado Investigativo previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo Ecuador.

**Finkelstein.2008.** aao3 , aao4 ABA aldehído oxidasa -ABA deficiente Seo et al  
Isi3 san5 sis5 APETALA2 - dominio del factor de transcripción.

**Gunasena,H. 2007.** Dragon Fruit: *Hilocerus undatus* (haw) Britton and Rose.  
New  
Delhi, India: Worl Agroforesty Centre (ICRAF)

**Jordan, M. 2009.** Producción y Exportación de la Fruta Pitahaya hacia el  
mercado Europeo. Tesis de grado previo al título de economista. Escuela  
Superior Politecnica del Litoral.

**Latsague, V. M. 2008.** Inducción de enraizamiento en estacas de  
*Berberidopsis corallina* con ácido indolbutírico. BOSQUE 29: 227-230.

**Le Bellec, F. Vaillant, F. y Imbert, E. 2006.** Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new  
fruit crop, a market with a future. Fruits 61: 237-250.

**Profiagro.2007,**"Estudio de la Factibilidad Pitahaya", Disponible en:  
[http://www.ecuadorexporta.org/archivos/documentos/estudio\\_de\\_prefactibilidad\\_pitahaya.pdf](http://www.ecuadorexporta.org/archivos/documentos/estudio_de_prefactibilidad_pitahaya.pdf).

**Sakakibara, 2006** - Citado Por 513 - Artículos Relacionados

Annu Rev Planta Biol . 2006 ; 57: 431-49 . Las citoquininas : actividad, biosíntesis, y translocación . Sakakibara H.

**Vargas, J. 2005.** Efecto del Ácido Indolbutírico (AIB) y tipo de estacas en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28: 319 – 326.

**Vilchez, J., N. Albano, J. Gadea, Z. Viloría y C. Castro. 2011.** Propagación asexual de *Psidium guajava* L. mediante la técnica de acodo aéreo. pp. 4-24. En: Viloría, Z. (ed.). Aplicación de algunas técnicas de multiplicación en *Psidium guajava* L. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

**Wordpress, 2013.** La pitahaya fruta típica del norte de México. Artículo publicado en septiembre del 2013, a mi sonora artículos en español el desarrollo de la tecnología para la industrialización de la pitahaya (*Cereus triangularis* Haw.) y su incidencia en la baja oferta de productos en el mercado local. Disponible en: [www.obson.wordpress.com](http://www.obson.wordpress.com)

**Yamaguchi, S- 2008** - Citado Por 500 - Artículos Relacionados Annu Rev Planta Biol . 2008 ; 59: 225-51 . doi : 10.1146 / annurev.arplant.59.032607.092804 . Metabolismo de giberelina y su regulación. Yamaguchi S. Bioactivos.

**Zhao, Y - 2010.** Biosíntesis de auxina y su papel en el desarrollo de la planta. Revisión anual en Biología Vegetal 61 , 49-64 .

## **CAPÍTULO VII.**

### **ANEXOS**

**Anexo 1. Resultados del ADEVA**

Análisis de la variación de número de raíces en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.”

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
Tratamiento	3	194.24	178.55	0.00
Error	16	5.80		
<b>Total</b>	19	200.24		
<b>CV</b>	<b>8.16 %</b>			

Análisis de la variación de longitud de raíces en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito.”

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
Tratamiento	3	17.20	20.76	0.00
Error	16	3.19		
<b>Total</b>	19	20.39		
<b>CV</b>	<b>2.37 %</b>			

Análisis de la variación de longitud de brotes en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
Tratamiento	3	235.85	5616.53	0.00
Error	16	0.224		
<b>Total</b>	19	236.077		
<b>CV</b>	<b>2.85 %</b>			

Análisis de la variación del porcentaje de mortalidad en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
Tratamiento	3	1302.200	6.92	0.0032
Error	16	993.60		
<b>Total</b>	19	2294,8		
<b>CV</b>	<b>17.93 %</b>			

Análisis de la variación del porcentaje de enraizamiento en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito

	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
Tratamiento	3	1301.20	6.984	0.0032
Error	16	993.60		
<b>Total</b>	19	2294.800		
<b>CV</b>	<b>8.91 %</b>			

## **Anexo 2. Fotos**



Figura 1. Pesado de la hormona AIB.



Figura 2. Pesado del talco.



Figura 3. Disolución de las hormonas con hidróxido de sodio.



Figura 4. Mezclado de la hormona disuelta con el talco.



Figura 5. Preparación del suelo



Figura 6. Establecimiento del experimento.



Figura 7. T3 ( 2000 mg kg<sup>-1</sup> AIB + 2000 mg kg<sup>-1</sup> ANA)



Figura 8. Diferencia en cantidad y largo de raíces entre tratamientos



Figura 9. Midiendo y comparando largo de raíz entre los tratamientos



Figura 10. Midiendo y comparando largo del brote