

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Influencia de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de cladodios de “Pitahaya” (*Selenicereus megalanthus* K. Schum. ex Vaupel) en Nueva Cajamarca

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRARIO CON MENCIÓN FORESTAL**

**AUTOR**

Ditmar Joel Alcarazo Frias

**ASESOR**

Luis Darío Santillán García

Rioja, Perú

2021

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 008 - 2022/UCSS/FIA/DI

Siendo las 04:00 p. m. del día 16 de diciembre de 2021 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. José Luis Rodríguez Núñez   | presidente      |
| 2. Bertha Marcelina Ruiz Jange | primer miembro  |
| 3. Jorge Alberto Torres Valles | segundo miembro |
| 4. Luis Darío Santillán García | asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Influencia de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de cladodios de "Pitahaya" (*Selenicereus megalanthus* K. Schum. ex Vaupel) en Nueva Cajamarca** que presenta el bachiller en Ciencias Agrarias con mención Forestal, **Ditmar Joel Alcarazo Frías** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agrario con mención Forestal**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR            **X**  
DESAPROBAR        .....

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AGRARIO CON MENCIÓN FORESTAL.

Lima, 16 de diciembre de 2021.



José Luis Rodríguez Núñez  
PRESIDENTE



Bertha Marcelina Ruiz Jange  
1° MIEMBRO



Jorge Alberto Torres Valles  
2° MIEMBRO



Luis Darío Santillán García  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Rodolfo y Luisa por el apoyo incondicional que me brindaron durante el proceso de mi formación profesional, por enseñarme a ser persistente para el logro de mis metas.

A mis hermanos José, Homar, Julissa y Tatiana que de una y otra manera me brindaron su apoyo y me ayudaron a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de gozar de buena salud, por permitirme tener a personas maravillosas y por ayudarme a concluir esta etapa de mi vida.

A mis padres, Rodolfo y Luisa, por brindarme su apoyo incondicional y por hacer de mí una persona con valores.

A mi alma mater “Universidad Católica Sedes Sapientiae” y en especial a los docentes de la facultad de ingeniería agraria, por todas sus enseñanzas impartidas en el desarrollo de la carrera.

Al Ing. Darío Santillán García, docente de la facultad de Ingeniería agraria, por su apoyo como asesor de tesis.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas especializadas.....	11
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.1. Materiales e insumos.....	20
2.2. Diseño de la investigación.....	20
2.3. Lugar y fecha.....	21
2.4. Descripción de experimento.....	21
2.5. Tratamientos.....	25
2.6. Unidades experimentales.....	26
2.7. Identificación de las variables y su mensuración.....	27
2.8. Diseño estadístico del experimento.....	28
2.9. Análisis estadísticos de datos.....	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	30
3.1. Número de raíces.....	30
3.1.1. A los 30 días.....	30
3.1.2. A los 60 días.....	31
3.1.3. A los 90 días.....	33
3.2. Tamaño de raíces.....	35
3.2.1. A los 30 días.....	35
3.2.2. A los 60 días.....	36
3.2.3. A los 90 días.....	37
3.3. Masa Radicular.....	38
3.3.1. A los 30 días.....	38
3.3.2. A los 60 días.....	40

3.3.3.	A los 90 días .....	41
3.4.	Longitud del brote.....	42
3.4.1.	A los 30 días .....	42
3.4.2.	A los 60 días .....	43
3.4.3.	A los 90 días .....	46
3.5.	Curva de crecimiento  .....	47
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES.....</b>		<b>51</b>
4.1.	Número de raíces.....	51
4.2.	Tamaño de raíces.....	52
4.3.	Masa radicular.....	53
4.4.	Longitud del brote.....	54
4.5.	Curva de crecimiento .....	54
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....</b>		<b>56</b>
<b>CAPITULO VI: RECOMENDACIONES .....</b>		<b>57</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>58</b>
<b>TERMINOLOGÍA .....</b>		<b>63</b>
<b>APÉNDICES.....</b>		<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Determinación de los volúmenes a diluir</i> .....	24
Tabla 2. <i>Factores y niveles en investigación</i> .....	25
Tabla 3. <i>Tratamientos de estudio</i> .....	25
Tabla 4. <i>Características del área experimental</i> .....	26
Tabla 5. <i>Análisis de varianza número de raíces a los 30 días</i> .....	30
Tabla 6. <i>Análisis Duncan del factor producto para número de raíces a los 30 días</i> .....	31
Tabla 7. <i>Análisis de varianza número de raíces a los 60 días</i> .....	32
Tabla 8. <i>Análisis Duncan del factor producto para número de raíces a los 60 días</i> .....	32
Tabla 9. <i>Análisis de varianza número de raíces a los 90 días</i> .....	33
Tabla 10. <i>Análisis Duncan del factor producto para número de raíces a los 90 días</i> .....	34
Tabla 11. <i>Análisis Duncan de los tratamientos y el testigo para número de raíces a los 90 días</i> .....	34
Tabla 12. <i>Análisis de varianza para tamaño de raíces a los 30 días</i> .....	35
Tabla 13. <i>Análisis Duncan del factor producto para tamaño de raíces a los 30 días</i> .....	36
Tabla 14. <i>Análisis de varianza para tamaño de raíces a los 60 días</i> .....	37
Tabla 15. <i>Análisis de varianza para tamaño de raíces a los 90 días</i> .....	37
Tabla 16. <i>Análisis de varianza para masa radicular (<math>\sqrt{x}</math>) a los 30 días</i> .....	38
Tabla 17. <i>Análisis Duncan del factor producto para masa radicular a los 30 días</i> .....	39
Tabla 18. <i>Análisis Duncan de la interacción entre producto con las dosis para masa radicular a los 30 días</i> .....	40
Tabla 19. <i>Análisis de varianza para masa radicular (<math>\sqrt{x}</math>) a los 60 días</i> .....	41
Tabla 20. <i>Análisis de varianza para masa radicular a los 90 días</i> .....	41
Tabla 21. <i>Análisis Duncan del factor producto para masa radicular a los 90 días</i> .....	42
Tabla 22. <i>Análisis de varianza para longitud de brote (<math>\sqrt{x}</math>) a los 60 días</i> .....	43
Tabla 23. <i>Análisis Duncan del factor producto para longitud del brote a los 60 días</i> ..	44
Tabla 24. <i>Análisis Duncan de la interacción de producto con dosis para longitud del brote a los 60 días</i> .....	45
Tabla 25. <i>Análisis de varianza para longitud de brote a los 90 días</i> .....	46
Tabla 26. <i>Análisis Duncan del factor producto para longitud del brote a los 90 días</i> ..	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Actividades de limpieza. ....	22
<i>Figura 2.</i> Mezclado del sustrato. ....	22
<i>Figura 3.</i> Curado y desinfección de cladodios. ....	23
<i>Figura 4.</i> Dilución de los productos hormonales ....	24
<i>Figura 5.</i> Diseño y ubicación de las unidades experimentales y sus repeticiones. ....	26
<i>Figura 6.</i> Efecto del producto en el número de raíces a los 30 días. ....	31
<i>Figura 7.</i> Efecto del producto en el número de raíces a los 60 días. ....	33
<i>Figura 8.</i> Efecto del producto en el número de raíces a los 90 días. ....	34
<i>Figura 9.</i> Efecto del testigo y tratamientos en el número de raíces a los 90 días. ....	35
<i>Figura 10.</i> Efecto del producto en el tamaño de raíces a los 30 días. ....	36
<i>Figura 11.</i> Efecto del producto en la masa radicular a los 30 días. ....	39
<i>Figura 12.</i> Efecto de la interacción productos y dosis en la masa radicular a los 30 días. ....	40
<i>Figura 13.</i> Efecto del producto en la masa radicular a los 90 días. ....	42
<i>Figura 14.</i> Efecto del producto en la longitud del brote a los 60 días. ....	44
<i>Figura 15.</i> Efecto de la interacción productos y dosis en la longitud de brotes a los 60 días. ....	45
<i>Figura 16.</i> Efecto del agente testigo y tratamientos en la longitud de brotes a los 60 días. ....	46
<i>Figura 17.</i> Efecto de los productos en la longitud de brotes a los 90 días. ....	47
<i>Figura 18.</i> Curva de crecimiento para número de raíces. ....	48
<i>Figura 19.</i> Curva de crecimiento para tamaño de raíces. ....	49
<i>Figura 20.</i> Curva de crecimiento para la masa radicular. ....	49
<i>Figura 21.</i> Curva de crecimiento para la masa radicular. ....	50

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Validación de supuestos del análisis de varianza para número de raíces a los 30 días .....	64
Apéndice 2. Validación de supuestos del análisis de varianza para número de raíces a los 60 días .....	65
Apéndice 3. Validación de supuestos del análisis de varianza para número de raíces a los 90 días .....	66
Apéndice 4. Validación de supuestos para análisis de varianza en tamaño de raíces a los 30 días .....	67
Apéndice 5. Validación de supuestos del análisis de varianza para tamaño de raíces a los 60 días .....	68
Apéndice 6. Validación de supuestos del análisis de varianza para tamaño de raíces a los 90 días .....	69
Apéndice 7. Validación de supuestos del análisis de varianza para masa radicular ( $\sqrt{x}$ ) a los 30 días .....	70
Apéndice 8. Validación de supuestos del análisis de varianza para masa radicular ( $\sqrt{x}$ ) a los 60 días .....	71
Apéndice 9. Validación de supuestos del análisis de varianza para masa radicular a los 90 días .....	72
Apéndice 10. Validación de supuestos del Análisis de varianza para longitud de brote ( $\sqrt{x}$ ) a los 60 días .....	73
Apéndice 11. Validación de supuestos del análisis de varianza para longitud de brote a los 90 días .....	74
Apéndice 12. Registro fotográfico durante la ejecución de la investigación .....	75
Apéndice 13. Registro de datos primera evaluación (26-06-2020).....	78
Apéndice 14. Registro de datos segunda evaluación (29-07-2020).....	80
Apéndice 15. Registro de datos tercera evaluación (29-08-2020) .....	82

## RESUMEN

La pitahaya es un cultivo no tradicional que, en los últimos 30 años ha tomado mucha relevancia comercial, pues tiene presencia en los mercados asiáticos y europeos, además de ello, es reconocido por sus propiedades nutricionales. Esta planta es propagada asexualmente mediante el uso de tallos o cladodios, el objetivo fue evaluar la influencia de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de cladodios de Pitahaya en Nueva Cajamarca, para ello fue necesario la instalación de un vivero en dicho distrito, los cladodios fueron obtenidos de la empresa Pitahaya Perú – Dragon Fruit. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo con alcance explicativo, se empleó un diseño completo al azar con arreglo bifactorial 2 x 3 con un testigo adicional. El primer factor fueron los productos hormonales: Root-Hor y Max Rayz, el segundo factor fueron las dosis auxínicas: 1 000, 2 000 y 3 000 ppm. La interacción de los factores permitió la obtención de 6 tratamientos y un testigo. Este experimento tuvo una duración de 90 días, pero se recopilaron datos cada 30 días. Las variables estudiadas fueron: número de raíces, tamaño de raíces, masa radicular, longitud del brote y curva de crecimiento.

Los resultados obtenidos en cuanto al número de raíces demostraron que, solo existieron diferencias entre los productos, siendo Root-Hor el producto que obtuvo 5,85 raíces a los 90 días, los tratamientos superaron al testigo. En cuanto al tamaño de raíces, no existieron diferencias entre los tratamientos con el testigo, la longitud promedio a los 90 días fue de 26 cm. En cuanto a masa radicular y longitud de brote, solo existieron diferencias significativas entre los productos, siendo Root-Hor superior a Max Rayz, cuyos valores a los 90 días fueron 50,89 g y 47,47 cm respectivamente, pero no existieron diferencias entre los tratamientos con el testigo. El último parámetro evaluado fue la curva de crecimiento, en la que el tamaño de raíces tiene un crecimiento constante durante los 90 días, pero la curva para la masa radicular en los tratamientos presenta un crecimiento exponencial, pero el testigo presenta un crecimiento constante. En conclusión, la aplicación de estos productos bajo estas dosis solo tiene efecto en el número de raíces.

*Palabras clave:* Auxinas, Cladodios Max Rayz, Pitahaya, Root-Hor

## ABSTRACT

The pitahaya is a non-traditional crop that, in the last 30 years, has taken on a lot of commercial relevance, since it has a presence in Asian and European markets, in addition to that, it is recognized for its nutritional properties. This plant is propagated asexually through the use of stems or cladodes, the objective was to evaluate the influence of two hormonal products with three auxin doses in the rooting of cladodes of Pitahaya in Nueva Cajamarca, for this it was necessary to install a nursery in said district, the cladodes were obtained from the company Pitahaya Perú - Dragon Fruit. The research had a quantitative approach with explanatory scope, a complete randomized design with a 2 x 3 bifactorial arrangement was used with an additional control. The first factor was the hormonal products: Root-Hor and Max Rayz, the second factor was the auxin doses: 1 000, 2 000 and 3 000 ppm. The interaction of the factors allowed obtaining 6 treatments and a control. This experiment lasted for 90 days, but data was collected every 30 days. The variables studied were: number of roots, size of roots, root mass, shoot length and growth curve.

The results obtained in terms of the number of roots showed that there were only differences between the products, being Root-Hor the product that obtained 5,85 roots at 90 days, the treatments were superior to the control. Regarding the size of the roots, there were no differences between the treatments with the control, the average length at 90 days was 26 cm. Regarding root mass and shoot length, there were only significant differences between the products, with Root-Hor being superior to Max Rayz, whose values at 90 days were 50,89 g and 47,47 cm respectively, but there were no differences between the treatments with the control. The last parameter evaluated was the growth curve, in which the root size has a constant growth during the 90 days, but the curve for the root mass in the treatments shows an exponential growth, but the control shows a constant growth. In conclusion, the application of these products under these doses only has an effect on the number of roots.

*Keywords:* Auxins, Cladodes Max Raiz, Pitahaya, Root-Hor

## INTRODUCCIÓN

La pitahaya es uno de los cultivos no tradicionales que, durante los últimos 30 años, ha tomado importancia comercial por las grandes oportunidades en su producción que brinda a los agricultores (Pinedo, 2018 citado por Fergie, 2019, p. 1). Los países que lideran la producción son Ecuador y Colombia, actualmente en Perú la producción está presente en los departamentos como Amazonas, San Martín, Lima, Piura, Lambayeque y Junín. Sin embargo, el interés de extender el área del cultivo de pitahaya presenta el inconveniente asociado a los métodos de propagación.

Corres (2009), menciona que puede ser propagada de manera sexual, asexual y a través de micropropagación. La manera más común de propagar es la asexual mediante el uso de porciones de tallos denominados cladodios o estacas, que sería el método más rápido de obtener una nueva planta. Mora (2012) indica que la forma más efectiva para potenciar la propagación asexual es mediante el uso de fitohormonas, estos productos evitan problemas al momento del trasplante como son: bajo porcentaje de prendimiento, deshidratación y, como consecuencia final, la desuniformidad en la siembra.

Además, Mendez (2016) señala que la importancia del uso de fitohormonas radica en suplir las deficiencias de hormonas para el enraizamiento, lo que permitiría mejorar el desarrollo de la planta, de esa forma incrementar la productividad de los cultivos. Mora (2012) indica que en San Martín existe un desconocimiento del uso de fitohormonas como estimulantes de raíces en etapa de vivero, lo cual se traduce en problemas al momento del trasplante. Frente a este problema Lezama *et al.* (2009), señalan que existe la necesidad del uso de fitohormonas a base auxinas, que permitan obtener plantas con mejores características, adecuado sistema radicular y disminución del tiempo de brotación.

Por ello, en la presente investigación se evaluó el efecto de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* K. Schum. ex Vaupel), con el objetivo de determinar una concentración óptima de auxinas

que permita uniformizar plantas en vivero. Sin duda, esta investigación está orientada a personas interesadas de realizar estudios más detallados con fines productivos o comerciales, como también a los agricultores dedicados al cultivo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* K. Schum. ex Vaupel) en Nueva Cajamarca.

### **Objetivos secundarios**

- Determinar el efecto de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas sobre el número de raíces, tamaño de raíces, masa radicular y longitud del brote de pitahaya.
- Evaluar la curva de crecimiento de la pitahaya bajo condiciones de vivero.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

### Internacional

Montejo (2020) ejecutó una investigación titulada “Evaluación del efecto de sustrato y enraizadores en la propagación vegetativa de la pitahaya; Jacaltenango, Huehuetenango” la cual fue desarrollada en Guatemala. Dicha investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de tres sustratos (sustrato tierra negra, arena y broza) y tres enraizadores (ácido giberélico, ácido indolbutírico, citoquinina y sin enraizador) en el crecimiento vegetativo y radicular en estacas de pitahaya, el autor utilizó tallos de 25 a 30 cm de longitud, además de ello, la combinación del factor sustrato y enraizadores le permitió consolidar 12 tratamientos: T1 tierra negra con ácido giberélico, T2 tierra negra con ácido indol butírico, T3 tierra negra con citoquinina, T4 Tierra negra sin enraizador, T5 broza con ácido giberélico, T6 broza con ácido indolbutírico, T7 broza con citoquinina, T8 broza sin enraizador, T9 arena con ácido giberélico, T10 arena con ácido indolbutírico, T11 arena con citoquinina, T12 arena sin enraizador. El autor usó el diseño experimental completo al azar con arreglo combinatorio de tratamientos, con el uso de 12 estacas por unidad experimental. Las variables respuesta que consideró fueron: porcentaje de estacas enraizadas, número de brotes, longitud de brotes, longitud de raíces y peso de raíces; el autor utilizó el análisis de varianza y aplicó la prueba de comparación múltiple Tukey al 5 % de significancia, el procesamiento de datos fue realizado con el programa estadístico InfoStat. De los resultados que obtuvo el autor, es preciso rescatar que, el mayor porcentaje de estacas enrizadas fue con la broza con ácido indolbutírico con un promedio de 89,5 %, el mayor número de brotes lo obtuvo la broza con citoquinina y alcanzó un promedio de 22,5 unidades, la variable longitud de brotes solo presentó significancia a nivel de sustrato, siendo la broza el sustrato que alcanzó hasta 0.29 m, de acuerdo a la longitud de raíces solo existieron diferencias a nivel de factores, el sustrato que sobresalió fue la tierra negra y en cuanto al factor enraizador la mayor longitud se obtuvo sin enraizador, en cuanto a la última variable (peso de raíces) el autor manifiesta que solo existieron diferencias a nivel de enraizante, siendo el ácido indolbutírico quien sobresalió con 4,03 g. El autor concluyó que, el sustrato que presentó mejores resultados fue la broza y el enraizador que presento mejores resultados fue el ácido indolbutírico.

Zeledón y Arauz (2020) ejecutaron una tesis en Managua, Nicaragua, dicha investigación llevó por título “Micropropagación de pitahaya amarilla (*Hylocereus undatus*) a partir de semilla botánica”, esta investigación tuvo por objetivo evaluar la micropropagación en la multiplicación de cladodios de pitahaya amarilla. El periodo de duración de esta tesis estuvo entre setiembre de 2019 y mayo de 2020, los investigadores utilizaron plántulas de pitahaya pre germinadas *in vitro*, en la fase de enraizamiento utilizaron segmentos apicales de las plantas obtenidas *in vitro*, las cuales fueron sometidas a cinco variaciones de la hormona ácido Indolacético (IAA): T1 sin hormonas, T2 con 0,25 mg\*L<sup>-1</sup> de IAA, T3 con 0,5 mg\*L<sup>-1</sup> de IAA, T4 con 0,75 mg\*L<sup>-1</sup> de IAA y T5 con 1 mg\*L<sup>-1</sup> de IAA. Los autores establecieron un diseño completo al azar para los tratamientos. Asimismo, la data registrada fue evaluada mediante el análisis en varianza, y para establecer las diferencias entre tratamientos utilizaron la prueba Duncan con un 5 % de significancia, el procesamiento de los datos lo realizaron con el programa estadístico Infostat 2015. Los autores consideraron las siguientes variables respuestas: longitud del cladodio principal (cm), longitud del brote más largo (cm) y número de brotes, longitud de raíz mayor (cm) y número de raíces. Los resultados evidenciaron para las variables longitud del brote y longitud del cladodio no existieron diferencias entre los tratamientos, sin embargo, en las variables longitud de raíz y número de brotes existieron diferencias entre los tratamientos, siendo el T1 el que sobresalió entre los demás, en cuanto a la última variable, número de raíces, el T3 y T4 sobresalen entre los demás. El autor concluyó que, las concentraciones auxínicas influyen significativamente solo en el número de raíces.

Veliz (2017) encabezó una investigación en Quevedo – Ecuador, cuyo título fue “Hormonas ANA y AIB para la propagación asexual en esquejes de la pitahaya roja (*Hylocereos undatus*)”, el autor planteó los siguientes objetivos: valorar el porcentaje de enraizamiento obtenido en cada tratamiento, determinar la concentración óptima y establecer los costos de producción del cultivo. Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo con alcance explicativo, además del uso del diseño experimental del tipo completo al azar, con cuatro tratamientos: T0 como testigo; T1 con 3000 ppm Ácido Naftalanacetico [ANA] + 3000 ppm Ácido Indol-butírico [AIB]; T2 con 3500 ppm ANA + 3500 ppm AIB y T3 con 4000 ppm ANA + 4000 ppm AIB, entre las variables que consideró para esta investigación estaban: número de brotes, longitud de brotes, peso de la masa radicular y porcentaje de mortalidad. Este experimento tuvo una duración de 45

días. El procesamiento de los datos lo realizó con el programa Excel, utilizó el análisis de varianza, en los tratamientos que encontró diferencias aplicó prueba de media Tukey con un 5 % de significancia. Conforme a los resultados obtenidos, el autor refiere que, existieron diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales sobresalió el T2 con un porcentaje de enraizamiento del 98 %; en cuanto al número de brotes, el T2 sobresalió con un promedio de 1,86. Las variables longitud de brotes y el peso de la masa radicular obtuvieron los mayores resultados con el T2 con 21,39 cm y 36,82 g respectivamente. Por último, el mínimo porcentaje de mortalidad fue obtenido con el T2. El autor llegó a la conclusión que, la dosis que presentó un mejor comportamiento fue el T2 con 3500 ppm ANA + 3500 ppm AIB.

Aguilar (2015) realizó una investigación titulada “Evaluación de tres enraizantes y dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla *cereus triangularis* (L.) haw., en Yantzaza, Loja – Ecuador”. El autor utilizó como enraizantes: Ácido Naftalanacético “ANA”, estiércol bovino enriquecido con fósforo y dos cepas de *Trichoderma harzianum* ThLE24 y ThLE26; así como dos tamaños de cladodios: 30 y 50 cm de largo. El experimento duró 120 días. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo con alcance explicativo. Aplicó un diseño completo al azar con arreglo bifactorial, el primer factor que consideró fue los cinco enraizadores (sin enraizador, Ácido alfa-naftalenacético (ANA) -Hormonagro, Estiércol bovino enriquecido con fósforo, *Trichoderma harzianum* ThLE24 y *Trichoderma harzianum* ThLE26) y como segundo factor al tamaño de cladodios (estacas de 30 y 50 cm), la combinación de los factores le permitió obtener 10 tratamientos y cada uno con 4 repeticiones. Las variables analizadas fueron: porcentaje de cladodios prendidos, número de brotes, longitud del brote, diámetro de los brotes, peso de los brotes, volumen de brotes, longitud de raíces y peso de raíces. En los tratamientos que demostraron diferencias estadísticas, el autor utilizó la comparación de medias Tukey con 5 % de significancia. Según los resultados que obtuvo, el mayor porcentaje de cladodios prendidos dependió del tamaño de cladodios siendo superior en los que miden 50 cm, en cuanto al número de brotes no encontró diferencias significativas entre los tratamientos, en cuanto a la longitud del brote estuvo influida por el tamaño de cladodios, siendo mayor en los cladodios de 50 cm. El diámetro de brotes, peso de brotes, volumen de brotes y peso de raíces presentaron efectos en función a los cladodios, teniendo mayor efecto en los de 50 cm. En cuanto a la variable longitud de

raíces, fue *Trichoderma harzianum* cepa ThLE24 el agente que generó el mayor promedio de longitud radical. El autor concluyó que, los cladodios de 50 cm fueron los de mejor resultado frente a los de 30 cm, influyendo significativamente en esta investigación.

Torres (2015) realizó una investigación titulada “Propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito” en Ecuador, dicha investigación tuvo por objetivos: evaluar el comportamiento agronómico de la pitahaya, determinar la mejor combinación de hormonas para el enraizamiento y establecer el costo de producción de cada planta evaluada. En esta investigación el autor empleó un diseño completamente al azar y la investigación tuvo una duración de 120 días. Empleó distintas concentraciones de hormonas, lo que le permitió trabajar con cuatro tratamientos: T1 con 0,1 % AIB + 0,1 % ANA, T2 con 0,15 % AIB + 0,15 % ANA, T3 con 0,2 % AIB + 0,2 % ANA y un testigo (sin hormona), cada tratamiento tuvo cinco observaciones y consideró 10 estacas en cada unidad experimental. Realizó el análisis de varianza a un 95 % de nivel de confianza, en las variables en que encontró diferencias significativas aplicó prueba de comparación múltiple Tukey a un 95% de confianza. Las variables que evaluó fueron: mortalidad, enraizamiento, cantidad de raíces, tamaño de raíz mayor, y tamaño de brote. Como resultado obtuvo que T3 con 0,2 % AIB + 0,2 % ANA logró: mayor cantidad de raíces (10,4), mayor longitud de raíces (20,8 cm), mayor porcentaje de enraizamiento (96,20 %) y bajo porcentaje de mortalidad (3,80 %), concluyó que, el tratamiento 3 obtuvo el mejor comportamiento agronómico, permitió el mejor enraizamiento, tuvo en menor porcentaje de mortalidad superando al testigo, además permitió la mayor rentabilidad, por ello el autor calificó a este tratamiento como el mejor.

Balaguera *et al.* (2010) realizó una investigación en Colombia, que llevó por título “El tamaño del cladodio y los niveles de auxina influyen en la propagación asexual de pitahaya”; los autores tuvieron por objetivo evaluar del efecto de cuatro concentraciones de ácido indolbutírico (0, 1500, 3000 y 4500 ppm) en dos tamaños de cladodio (40 y 60 cm de altura) en un periodo de 90 días. Los investigadores utilizaron cladodios maduros de pitahaya los cuales fueron recolectados de las ramas antes de iniciar la floración, 2 cm de los cladodios utilizados fueron sumergidos en las concentraciones auxínicas por un

tiempo de 20 segundos. La investigación fue de tipo experimental, entre las variables que estudiaron fueron: porcentaje de enraizamiento, número de raíces brotes, longitud de brotes y raíces. Utilizaron un diseño completo al azar con arreglo bifactorial de 4x2, el primer factor fueron diferentes concentraciones de Ácido Indol Butírico “AIB” (0, 1500, 3000 y 4500 mg\*L<sup>-1</sup>) y el segundo factor fue considerado el tamaño del cladodio (40 y 60 cm). Para el análisis estadístico de los datos los autores utilizaron el análisis de varianza, para la comparación de tratamientos utilizaron la prueba de comparación de medias Tukey con un 95 % de confianza, la aplicación de las diferentes pruebas lo realizaron con el programa estadístico SAS v8.1. En cuanto a porcentaje de enraizamiento y número de raíces, no obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en cambio, en la longitud de raíces y longitud de brotes encontraron diferencias significativas, siendo el mejor tratamiento con 60 cm de longitud de cladodio con la concentración de 4500 mg\*L<sup>-1</sup> de AIB. Concluyeron que la propagación asexual de pitahaya tiene mayor éxito a 4500 ppm de AIB, sumergiéndolas a 60 cm.

Carranza (2012) en una investigación realizada en Ecuador, evaluó los efectos de distintas concentraciones hormonales en la inducción de raíces en estacas de “pimienta negra” (*Piper nigrum* L.), cuyo objetivo fue mejorar la propagación vegetativa de la pimienta negra a través del uso de fitohormonas enraizantes. Las hormonas que empleó fueron AIB y el ANA, el autor empleó un diseño completo al azar con arreglo bifactorial de 5 x 2, el autor considero al factor A las siguientes dosis: ANA + AIB: 0 mg\*kg<sup>-1</sup>, 1500 mg\*kg<sup>-1</sup> de AIB+1500 mg\*kg<sup>-1</sup> de ANA, 2000 mg\*kg<sup>-1</sup> de AIB + 2000 mg\*kg<sup>-1</sup> de ANA, 2500 mg\*kg<sup>-1</sup> de AIB + 2500 mg\*kg<sup>-1</sup> de ANA, 3000 mg\*kg<sup>-1</sup> de AIB + 3000 mg\*kg<sup>-1</sup> de ANA; en cuanto al factor B, consideró solo dos sustratos: tierra con tamo de arroz quemado y arena con tamo de arroz quemado. En total, el autor definió 10 tratamientos con cinco repeticiones y ocho observaciones por unidad experimental. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de supervivencia, el porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces, número de brotes y longitud de brotes mayor. El autor sometió los datos al análisis de varianza con un 5 % de significancia, las diferencias estadísticas que encontró fueron sometidas a la prueba de comparación múltiple Tukey al 5 % de significancia. De los resultados obtuvo que el T5= 2000 ppm de AIB + 2000 ppm de ANA más tierra reflejó un mayor número de raíces y longitud de raíces, mientras que el T8= 2500 ppm de AIB + 2500 ppm de ANA más arena reflejó un mayor número de brotes,

finalmente el T3= 1500 ppm de AIB+1500 ppm de ANA más tierra logró una mayor longitud de raíces. El autor concluyó que el uso de hormonas bajo diferentes dosis provoca distintos efectos en las raíces de pimienta negra.

## **Nacionales**

Rojas (2020) realizó una investigación en La Libertad titulada “Efecto de dos enraizadores y una mezcla en la propagación por estacas de *Hylocereus undatus* en Santiago de Chuco”. Dicha investigación tuvo por finalidad evaluar el efecto de enraizadores como: Ácido Indol Acético “AIA”, AIB y una mezcla de AIA+AIB en la propagación de estacas de pitahaya, la investigación tuvo una duración de 3 meses. El autor utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro tratamientos con cuatro bloques, cada tratamiento conto con 4 repeticiones, utilizó un total de 64 estacas de pitahaya. Los tratamientos planteados fueron: T0 sin Hormona, T1 con 1000 mg de AIA, T2 con 1000 mg de AIB y T3 con una mezcla de 500 mg de AIA + 500 mg de AIB. Las variables consideradas en esta investigación fueron: número de raíces, longitud de raíces, porcentaje de sobrevivencia al enraizamiento, enraizamiento de estacas, número de yemas, longitud de yemas, ancho de yemas. Las variables mencionadas fueron sometidas al análisis de varianza al 95 % de confianza, en aquellas variables que determinó diferencias, procedió a la aplicación prueba de comparación múltiple Duncan al 95 % de confianza. De los resultados obtenidos en esta investigación, el autor menciona que encontró diferencias significativas en el número de raíces y longitud de raíces, siendo el T1 el más sobresaliente, con 28 raíces y 14,15 cm de longitud respectivamente. En cuanto al porcentaje de sobrevivencia al enraizamiento y enraizamiento de estacas, encontró diferencias significativas entre los tratamientos en el cual el tratamiento 1 tuvo una sobrevivencia y enraizamiento del 100 %. En el parámetro número de yemas encontró diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el T1 más sobresaliente con un promedio de 0,875 yemas. En cuanto a la longitud y ancho de yemas, el T1 permitió obtener 33,6 cm y 32,17 cm respectivamente. En conclusión, el tratamiento 1 resulto ser adecuado en la propagación por estacas de *Hylocereus undatus* en Santiago de Chuco.

Rodríguez (2019) realizó una investigación que llevo por título “El efecto del ácido indolbutírico (AIB) en la propagación vegetativa de la pitahaya amarilla en diferentes

sustratos bajo condiciones de vivero en Milpuc-Rodríguez de Mendoza”, Amazonas. Para el desarrollo de la investigación, utilizó esquejes de una misma dimensión con diferentes dosis de AIB en diferentes sustratos (tierra negra, turba y tierra negra más turba). Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo con alcance explicativo. Asimismo, el autor señaló que toda la investigación fue en vivero. Las variables que estudió fueron: número de raíces, longitud de raíces, número de brotes, longitud de brotes, tamaño del esqueje final. Empleó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de 4 x 3, el factor A estuvo considerado por cuatro dosis de AIB (0, 2000, 3000 y 4000 mg/L) y el factor B tuvo tres sustratos (tierra negra, turba y tierra negra + turba). Consideró 12 tratamientos con tres repeticiones respectivamente, realizó el análisis de varianza para encontrar diferencias entre los tratamientos, además de ello utilizó prueba múltiple Tukey a 0,05 % de significancia. Este experimento tuvo una duración de 104 días. Como resultado obtuvo que, para las variables: número de brotes, longitud de brotes y número de raíces, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, en cuanto a la longitud de raíces encontró diferencias significativas a nivel de sustratos, siendo el sustrato de turba el que permitió obtener 13,2 cm. En cuanto a la longitud del esqueje no existen diferencias significativas entre los tratamientos. El autor llegó a la conclusión que el AIB no tuvo significancia en combinación con los sustratos mencionados.

Román (2014) realizó una tesis titulada “Efecto de la hormona AIB en el enraizamiento de estacas juveniles de “Sangre de grado” (*Croton lechler* Muell. Arg.) cuyo objetivo fue determinar la efectividad del material de propagación en el enraizamiento de la especie ya mencionada. El autor utilizó cámaras propagativas, en cuanto a la preparación de las plantas a propagar, procedió a preparar los árboles donantes mediante la inducción de brotes a través de podas mensuales, además, utilizó arena como sustrato. Por otro lado, procedió a la extracción de estaquillas de los árboles seleccionados, las ramillas fueron repartidas en cuatro grupos de 30 estacas cada uno, los cuales correspondieron a las diferentes dosis de AIB (0, 1000, 2000 y 3000 ppm), posterior a ello fueron tratadas con fungicidas. Una vez que fueron tratadas, les aplicó las dosis de hormona AIB por un tiempo de cuatro segundos. El autor utilizó un diseño completo al azar (DCA), considerando en total cuatro tratamientos (tres dosis hormonales y un testigo que no tuvo dosis hormonal) con tres repeticiones. Las variables sobre las cuales evaluó el efecto fueron: enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces, número de rebrotes y

sobrevivencia. Asimismo, realizó el análisis de varianza, las variables que presentaron diferencias estadísticas aplicó la prueba de comparación múltiple Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizó el programa estadístico R para procesar la información. Como resultados obtuvo que con la dosis de 2000 ppm de AIB hubo un mayor porcentaje de enraizamiento (96,67 %), mayor número de raíces (3,73) y longitud de raíces (3,47 cm). El autor agregó que no existen diferencias entre los tratamientos, a pesar de ello el tratamiento con 2000 ppm presentó los valores más altos de las variables que fueron objeto de estudio.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Generalidades de las Cactáceas**

Son plantas suculentas, se caracterizan por tener hojas y tallos modificados, lo que les permite conservar agua para soportar época de escasez de agua, existen ciertas especies que tienen la particularidad de almacenar agua en las raíces. Estas plantas son originarias del continente americano, entre los cactáceos comestibles se consideran a las pitahayas, tunas y pereskias (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013).

### **1.2.2. Generalidades del cultivo de pitahaya**

La pitahaya es una cactácea que se desarrolla en ambientes tropicales, está distribuida en el continente americano y parte de Asia. Su fruto es una baya de agradable sabor, mientras que la planta es un arbusto rústico y trepador que ha sido utilizada como cerca viva o de forma ornamental por sus particularidades morfológicas. Sin embargo, debido a sus características nutricionales es considerada un fruto de gran valor. Su fruto contiene altos niveles de bioflavonoides, alto contenido de ácidos grasos, asimismo presentan fibra, vitaminas y minerales, encargadas de aumentar la eficiencia de la función cardíaca y coadyuvantes en problemas gastrointestinales (Huachi *et al.*, 2015).

Los frutos son comercializados a elevados precios en mercados locales como también en mercados internacionales; teniendo en cuenta lo mencionado, se considera insuficiente las investigaciones que se realizan en las actividades agronómicas del cultivo, específicamente en temas de propagación y el momento adecuado de cosecha, actividades

que permiten obtener producción con menor tiempo bajo condiciones óptimas, para la posterior venta a precios favorables para los productores (Montesinos *et al.*, 2015).

### **Clasificación taxonómica**

Según Esquivel y Araya (2012), la pitahaya tiene la siguiente clasificación:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Género: *Selenicereus*

Especie: *Megalanthus*

Tribu: Hylocereeae

Categoría: fruta

Nombre científico: *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran

### **Morfología**

La pitahaya es una cactácea de comportamiento trepador, perenne arbustivo con abundante ramificación, alcanza alturas de 0,5 m a 2 m de altura (Montesinos *et al.*, 2015).

**Raíz.** Las raíces de pitahaya son de 2 tipos: a) Las raíces primarias conformadas por una red de raíces delgadas y superficiales encargadas de cumplir la función de absorción y b) Las raíces secundarias, llamadas también adventicias que cumplen la función de sostén al desarrollarse en la parte aérea (Mora, 2012). Cuando la pitahaya crece sobre los árboles, las raíces son incapaces de producir pelos absorbentes y dichas raíces se dirigen hacia el suelo y ramifican. Si el suelo donde se desarrollan cuenta con abundante materia orgánica las raíces se desarrollarán cerca de la planta y de manera superficial (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013).

**Tallo.** Los tallos también llamados cladodios, se caracterizan por ser suculentos, de color verde y con función fotosintético, presentan aristas gruesas que están distribuidas de

manera longitudinal dando la forma triangular. Cuenta con acúleos ubicados en los bordes, estos vendrían a ser la transformación de las hojas (Huachi *et al.*, 2015).

Mendez y Coello (2016) manifiestan que los cladodios o tallos realizan la función de la hoja ya que, son capaces de regular la temperatura en el interior de la planta en época estresantes para la planta, la epidermis de los cladodios contiene estomas y cloroplastos, los mismos cladodios son capaces de cambiar su color ante deficiencias nutricionales o demasiada exposición solar.

**Flor.** Lezama *et al.* (2009, p. 2) refieren que:

La flor es hermafrodita; grande y mide 15-30 cm de largo; vistosa, de color blanco o rosado; tubular, con segmentos exteriores blancos, erectos o lanceolados, anchos, enteros, apiculados; filamentos delgados color crema; ovario ínfero y unilocular; abre una sola vez en la noche, aunque han encontrado flores que abren durante la mañana y en las tardes; su aroma y miel atraen a muchos insectos, se autofecundan pero también pueden tener una fecundación cruzada.

Del mismo modo Mendez y Coello (2016) afirman que, estas flores se producen en las areolas de los cladodios, poseen color característico de cada especie.

**Fruto.** Para Montesinos *et al.* (2015), es una baya alargada y ovoide, la capa externa es carnosa, en su interior presenta pulpa cuyo color varía según la variedad, además de ello, abundantes semillas oscuras de tamaño pequeño, el diámetro de fruto esta entre 9 a 12 cm.

### **1.2.3. Condiciones climáticas**

**Suelos.** Figueroa y Mollinedo (2017) señalan que, es necesario que los suelos posean buen drenaje, asegurar una profundidad mínima de 50 cm para el adecuado desarrollo de raíces. Además, el pH debe estar en un rango entre los 5,5 y 6,5.

**Temperatura.** Mora (2012) afirma que, el desarrollo de la pitahaya se lleva a cabo a temperaturas variables que pueden oscilar entre 10 °C en invierno, hasta los 45 °C en verano, siendo el óptimo entre los 18 y 26 °C. Las cactáceas requieren de horas de frío para estimular la floración a pesar de tener la capacidad de adaptarse a altas temperaturas.

**Precipitación.** Las plantas de pitahaya no son exigentes debido a su rusticidad, teniendo como requerimiento de 650 a 1 500 mm anuales, logrando desarrollarse mejor en climas cálidos subhúmedos (Cáliz de Dios *et al.*, 2005). Además de ello Figueroa y Mollinedo (2017) consideran que el valor suficiente para suplir los requerimientos de agua en la pitahaya es de 430 mm a 3 500 mm.

**Altitud.** Experiencias datan que la pitahaya se desarrolla hasta los 1 850 msnm, algunas referencias manifiestan que los mejores resultados en cuanto al comportamiento vegetal, están entre los 700 y 1 500 msnm (Mora, 2012).

#### **1.2.4. Condiciones edafológicas**

La pitahaya requiere de suelos franco arenosos para lograr un óptimo crecimiento. En suelos arcillosos no se logra buenos resultados debido a asfixias radiculares y cuando el suelo se seca, se forman grietas y las raíces pueden sufrir daños mecánicos. Los suelos que prefiere la pitahaya son ligeramente ácidos (pH 5,5 – 6,5), con presencia de altos contenidos de materia orgánica que facilita el crecimiento del cultivo; sin embargo, se hace mención que tolera la salinidad, este nivel de tolerancia depende de los cultivares (Figueroa y Mollinedo, 2017). Mientras que para Lezama *et al.* (2009) para cultivar pitahaya los suelos tienen que ser francos arcillosos o francos arenosos que cuenten con un sistema de drenaje adecuado y alto en materia orgánica. Afirmando que con suelos mal drenados se tienen problemas como la pudrición de las raíces.

#### **1.2.5. Propagación de pitahaya**

La multiplicación de pitahaya se realiza mediante el método asexual (estacas o cladodios) y sexual (semillas), siendo la más recomendable la propagación mediante cladodios por presentar mejores características de enraizamiento (Corres, 2009). Mendez y Coello (2016) manifiestan que la forma más práctica es a través del corte del tallo maduro y

enterrarlo en el lugar deseado, para el caso de la instalación en campo más extenso, recomiendan la selección de plantas vigorosas de alto potencial productivo.

### **Propagación por semilla sexual**

Osorio (2001), Gunasena (2019) y Estrada (2008), citados por Montesinos *et al.* (2015, p. 70) menciona que, esta cactácea se reproduce mediante semillas, distribuidas por aves y otros animales. No se recomienda la reproducción sexual por el cuidado que se debe brindar a los plantines, además porque tardaría hasta seis años en producir frutos.

Según Cerqueda (2010) las semillas de cactáceas empiezan a perder viabilidad a partir del segundo año, siendo mayor el porcentaje de éxito dentro del primer año, factores ambientales como la luz, temperatura, humedad influyen directamente en la germinación de estas semillas, las temperaturas más adecuadas deben estar entre los 25 a 30° C.

### **Propagación por semilla asexual**

La propagación de Pitahaya con fines comerciales se realiza vegetativamente mediante estacas maduras, denominados cladodios; sin embargo, hasta la fecha no se cuenta con una técnica que permita obtener en corto tiempo un sistema radicular vigoroso, lo que permitiría una mayor adaptación en el campo (Hernández *et al.*, 2018). La propagación por este método, permite la perpetuación de genotipos superiores con amplia ventaja en el mejoramiento de plantas porque facilita obtener individuos genéticamente idénticos (Vallejo y Estrada, 2002).

Cerqueda (2010) menciona que el método asexual se realiza usando cladodios cultivados en campo o invernadero y por cultivo de tejidos vegetales. Para la propagación por medio de cladodios, el corte de estas se realiza con una herramienta afilada y desinfectada. El material para la reproducción después del corte se mantiene por 15 días en un ambiente fresco y seco para lograr la cicatrización de la estaca, posterior a esto realizar una selección por sanidad (Hernández *et al.*, 2018).

Los trabajos en vivero implican adecuar un ambiente para la propagación, así como obtener los sustratos y abonos orgánicos requeridos para hacer la mezcla y llenado en bolsas. Para el sustrato se recomienda usar suelo orgánico, arena de río y turba en una proporción de 1:1:1; la siembra puede hacerse en bolsas de almácigo de 12 x 10 o 9 x 10 calibre 300. Se recomienda enterrar la estaca como mínimo a 10 cm de profundidad, evitando que la parte carnosa toque el suelo (Suárez, 2011).

## **Trasplante**

Aguilar (2015), recomienda esperar la formación de raíces y que sean trasplantados con pan de tierra o raíz desnuda. Suárez (2011) menciona que, en caso de transportarse a largas distancias, utilizar plástico negro y humedecer el material para evitar deshidratación.

### **1.2.6. Reguladores de crecimiento**

Los reguladores de crecimiento o también llamados hormonas vegetales son un grupo de sustancias naturales orgánicas que influyen en los procesos fisiológicos de las plantas. Los procesos en los cuales participan son el crecimiento, la diferenciación y desarrollo. Las hormonas mediante señales químicas desencadenan los procesos bioquímicos y moleculares en diferentes células de las plantas (Taíz y Zeiger, 2006).

Fichet (2018) menciona que una planta normalmente depende de los fitorreguladores debido a su acción de regular las diferentes estructuras de las plantas desde la etapa de su desarrollo inicial hasta su vejez. Las características de las hormonas vegetales son:

- Facilitan la comunicación y coordinación entre células y sus diferentes actividades.
- Realizar cambios en la concentración y sensibilidad de los tejidos con la finalidad de controlar la respuesta hormonal.
- La regulación es el resultado de una interacción hormonal.
- Su síntesis puede realizarse en diferentes puntos de la planta.

- Su actuación puede ser en células contiguas sin necesidad de realizar recorridos a otras áreas con distancias largas.

Medina (2014, p. 29), menciona que “los reguladores de crecimiento, como las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno, influyen en la producción de raíces; de ellos, las auxinas son las que ejercen mayor efecto en la formación de raíces”.

## **Auxinas**

Zaid *et al.* (2004) definen a las auxinas como un conjunto de reguladores del desarrollo de plantas, pueden ser de origen natural o de origen sintético. Las funciones que cumplen son la división celular, alargamiento, dominancia apical, iniciación de la raíz y floración. De igual modo, Ludwig-Müller y Cohen (2002) citados por Alberca (2018, p. 17) definen a las auxinas como un conjunto de fitohormonas naturales que normalizan muchos aspectos del desarrollo y crecimiento de plantas. Además, mencionan que ácido indolacético (AIA) es la hormona dominante en las plantas.

## **Metabolismo de las Auxinas**

Para Garay *et al.* (2014) estos compuestos se encuentran especialmente en las zonas jóvenes de las plantas, ya que son zonas de gran actividad metabólica, la actividad de estas hormonas depende en parte por estímulos lumínicos, nutrientes o escasez de agua. La regulación de estas hormonas en parte se logra en conjunto con azúcares y/o aminoácidos, lo que permite la elongación de tallos, raíces.

## **Transporte de las Auxinas**

Las auxinas pueden transportarse de forma rápida y recorrer largas distancias a través del floema de los órganos jóvenes al resto de la planta, existe otra forma de transportarse, pero a distancias más cortas, hacia dentro y hacia afuera de la célula, es por acción de los transportadores de las membranas celulares (Garay *et al.*, 2014).

## **Funciones de las auxinas**

Son la estimulación en el alargamiento y división celular, el crecimiento de secciones de hojas, tallos y frutos, formación de raíces adventicias, la dominancia apical, la acción herbicida y la estimulación de la generación de etileno (Guerrón y Espinosa, 2014). Taiz y Zeiger (2006) mencionan que entre las funciones de las auxinas se encuentran principalmente la dominancia apical, estímulo de raíces laterales y adventicias, la regulación del desarrollo floral, yemas y del fruto.

## **Auxinas sintéticas existentes**

Las auxinas existentes son:

- **Ácido indolbutírico (IBA):** Es una hormona vegetal compuesta por auxinas, su función en las plantas es regular el crecimiento, su origen es sintético y es muy utilizado en agricultura por presentar resistencia a la reacción de oxidación provocada por la luz, enzimas u otros compuestos (Azcón y Talón, 2013).
- **Ácido naftalenacético (ANA):** Es un fitorregulador auxínico de origen sintético de uso frecuente en la agricultura, especialmente por productores hortofrutícolas y por personas dedicadas a la producción de plantas ornamentales. Es empleado mayormente para promover el enraizamiento de esquejes, así mismo, para inducir la floración, entre otros usos (Azcón y Talon, 2013).

## **Auxinas comerciales**

**a. Max Rayz.** Se trata de una fitohormona compuesta por auxinas, cumple la función de acelerar la formación de raíces. Su función principal es penetrar los tejidos celulares, logrando de esa manera concentrar las auxinas, mayormente el Ácido Indol Butírico (AIB) y el Ácido Alfa Naftalenacético (ANA). Forma parte de la formación de raíces, especialmente en estacas y esquejes de múltiples cultivos.

- Composición química

Ácido Alfa Naftalenocético .....	650 ppm
Ácido 3 Indol Butírico .....	3 100 ppm
Fósforo (PO <sub>3</sub> ) de Ion Fosfito .....	22,50 %
Ácidos orgánicos quelantes .....	12,50 %

**b. Root Hor.** Es un producto sintético cuya función es promover la formación de raíces, está compuesto por Ácido Indol Butírico (AIB) y el Ácido Alfa Naftalenacético (ANA). Está indicado esencialmente para formar raíces, en estacas, esquejes y acodos de múltiples cultivos (Comercial Andina, 2014).

- Composición química

Ácido Alfa Naftalenocético .....	0,40 %
Ácido 3 Indol Butírico .....	0,10 %
Aditivos.....	c.s.p. 1l.

### **Giberelinas**

Yu *et al.* (2004) citados por Alberca (2018, p. 19), menciona que son fitohormonas reguladoras de crecimiento, responsables del desarrollo en vegetales, induciendo principalmente el crecimiento en altura. Además, son las encargadas de promover las inflorescencias y flores en muchas plantas, principalmente en el día largo.

### **Citocininas**

Son hormonas responsables cuya función está orientada al desarrollo y crecimiento de las plantas, y vinculados a la actividad de varios genes. Un mayor nivel de citocinina vs. auxina provoca la formación de brotes en tejidos medulares, mientras que con niveles bajos de cito cininas vs auxina, se observaba la formación de callos celulares (Azcón y Talón, 2013).

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Materiales e insumos**

- Bolsas de polietileno
- Palana
- Bambú
- Wincha
- Serrucho
- Machete
- Tijera de podar
- Cladodios de pitahaya
- Alcohol
- Solución de Cloro al 4 %
- Max Rayz
- Root Hor
- Tierra negra
- Cascarilla de arroz
- Compost
- Guano de cuy
- Ceniza
- Libreta de apuntes
- Lapiceros
- Cámara fotográfica

### **2.2. Diseño de la investigación**

La investigación tuvo con un enfoque cuantitativo, puesto que fue un estudio con variables numéricas, además de la recolección de datos, a través del uso de la estadística

se buscó comprobar la hipótesis (Hernández *et al.*, 2014). Así mismo, un alcance explicativo, ya que busca explicar las razones del por qué ocurre un fenómeno o la relación de las variables. El diseño fue experimental debido a que, fueron manipuladas las variables independientes, lo que permitió generar diferentes respuestas sobre la variable dependiente.

### **2.3. Lugar y fecha**

El trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, en la región de San Martín.

- Ubicación geográfica:

Latitud : 5°57'47" S  
Longitud : 77°17'37" O  
Altitud : 821 m s.n.m.

La investigación se inició en el mes de mayo 2020 y culminó en el mes de agosto del 2020.

### **2.4. Descripción de experimento**

El presente experimento se realizó en etapa de vivero. Se evaluó el efecto del uso de tres concentraciones de enraizadores a base de auxinas para el enraizamiento de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), para el desarrollo se consideraron tres fases, las cuales se sustentan en investigaciones realizadas por Aguilar (2015), Rodríguez (2019) y Rojas (2020).

#### **a. Fase de vivero**

- Limpieza de campo: como se observa en la Figura 1 eliminación de malezas y nivelación del área de trabajo.



Figura 1. *Actividades de limpieza.* Fuente: Elaboración propia.

- Preparación de sustrato: el sustrato empleado para el enraizamiento de pitahaya fue a base de tierra negra, cascarilla de arroz, ceniza, estiércol de cuy y compost (8:1:1:1:1).
- Llenado de bolsas: preparado el sustrato (Figura 2), se llenó las bolsas con medida de 12 cm de diámetro y 26 cm de altura. Seguido al llenado, las bolsas se ubicaron bajo el tinglado en marcos de caña brava (*Gynerium sagittatum* (Aublet) P. Beauv.).



Figura 2. *Mezclado del sustrato.* Fuente: Elaboración propia.

- Selección de las plantas: los cladodios fueron obtenidos de la Empresa Pitahaya Perú – Dragon Fruit, de las parcelas instaladas en el departamento de Amazonas.

- Selección de los cladodios: los cladodios fueron obtenidos de la parte media de las plantas seleccionadas, además, se aseguró que estén con condiciones sanitarias adecuadas y que no deben presentar brotes, botones florales o fructificación. El número de cladodios requeridos fueron 189 unidades.
- Corte y desinfección de cladodios: el corte de los cladodios fue realizado con una tijera limpia, previamente desinfectada con alcohol al 90 %. Después de realizar el corte se aplicó cloro al 4 % con la finalidad de desinfectar la herida de la estaca, cada cladodio tuvo un tamaño de 25 cm.
- Curado: la actividad de curado consistió en colocar los cladodios por un tiempo de 7 días en un ambiente seco y sombreado para estimular la cicatrización del corte realizado (Figura 3).



*Figura 3. Curado y desinfección de cladodios. Fuente: Elaboración propia.*

- Dilución de productos hormonales: Los productos hormonales fueron Max Rayz y Root Hor, ambos productos contienen concentraciones auxínicas diferentes, estos productos fueron diluidos en agua potable hasta obtener tres concentraciones de auxinas de 1000, 2000 y 3000 ppm. Para ello, se usó la fórmula:  $V_1 * C_1 = V_2 * C_2$ , los detalles se encuentran en la Tabla 1, una vez obtenidas las concentraciones objetivo de estudio, fueron sumergidos los primeros 2 centímetros de los cladodios, por un periodo de cinco segundos, como se puede apreciar en la Figura 4, esta fórmula esta descrita en la investigación realizada por Aguilar (2015).

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

Donde:

$V_1$ = Volumen del regulador de crecimiento expresado en litros

$C_1$ = Concentración del regulador de crecimiento expresado en ppm de auxinas

$V_2$ = Volumen diluido expresado en litros

$C_2$ = Concentración requerida expresa en ppm de auxinas

Tabla 1

*Determinación de los volúmenes a diluir*

Producto	Concentración auxínica ( $C_1$ )	Volumen de producto ( $V_1$ )	Concentración auxínica deseada ( $C_2$ )	Volumen diluido deseado ( $V_2$ )	Cantidad de Agua a aplicar
MaxRayz	3750 ppm	1 litro	1000 ppm	3,75 litros	2,75 litros
			2000 ppm	1,875 litros	0,875 litros
			3000 ppm	1,25 litros	0,25 litros
Root-Hor	5000 ppm	1 litro	1000 ppm	5 litros	4 litros
			2000 ppm	2,5 litros	1,5 litros
			3000 ppm	1,66 litros	0,66 litros

*Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 4.* Dilución de los productos hormonales *Fuente:* Elaboración propia

- Siembra de cladodios en las bolsas: después de sumergir los cladodios en los productos hormonales fueron colocados en las bolsas a una profundidad de 5 centímetros.
- Evaluación de parámetros físicos: Se realizaron evaluaciones destructivas a los 30, 60 y 90 días después de la siembra del cladodio, con la intención de analizar el

crecimiento radicular. Del total de la población considerada en cada tratamiento (9 cladodios), en cada muestreo se sacrificaron 3 cladodios los cuales se seleccionaron al azar.

### b. Fase de gabinete

Terminada la labor de evaluación y recolección de información en campo, se llevó a cabo el trabajo de gabinete, el cual consistió en el ordenamiento, tabulación, el análisis estadístico e interpretación de los datos.

## 2.5. Tratamientos

Los factores y niveles que fueron objeto de investigación se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

*Factores y niveles en investigación*

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Clave</b>
Reguladores de crecimiento	Max Rayz	<b><math>a_1</math></b>
	Root-Hor	<b><math>a_2</math></b>
Dosis	1000 ppm Auxinas	<b><math>b_1</math></b>
	2000 ppm Auxinas	<b><math>b_2</math></b>
	3000 ppm Auxinas	<b><math>b_3</math></b>

*Fuente:* Elaboración propia.

De los factores y niveles usados en la presente investigación se determinó los tratamientos a investigar con su respectiva clave (Tabla 3).

Tabla 3

*Tratamientos de estudio*

<b>Tratamientos</b>	<b>Combinaciones</b>	<b>Clave</b>
<b>Testigo</b>	Sin reguladores de crecimiento, sin dosis.	<b><math>T_0</math></b>
<b>T1</b>	Max Rayz (1000 ppm auxinas)	<b><math>a_1b_1</math></b>
<b>T2</b>	Max Rayz (2000 ppm auxinas)	<b><math>a_1b_2</math></b>
<b>T3</b>	Max Rayz (3000 ppm auxinas)	<b><math>a_1b_3</math></b>

<b>T4</b>	Root-Hor (1000 ppm auxinas)	<b><math>a_2b_1</math></b>
<b>T5</b>	Root-Hor (2000 ppm auxinas)	<b><math>a_2b_2</math></b>
<b>T6</b>	Root-Hor (3000 ppm auxinas)	<b><math>a_2b_3</math></b>

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6. Unidades experimentales

De cada tratamiento en la presente investigación fueron considerados 3 repeticiones, haciendo un total de 21 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo 9 cladodios en un área de 0,25 m<sup>2</sup>. Las características del área experimental se detallan en Tabla 4. En la Figura 5 se muestra gráficamente la distribución de cada unidad experimental en vivero.

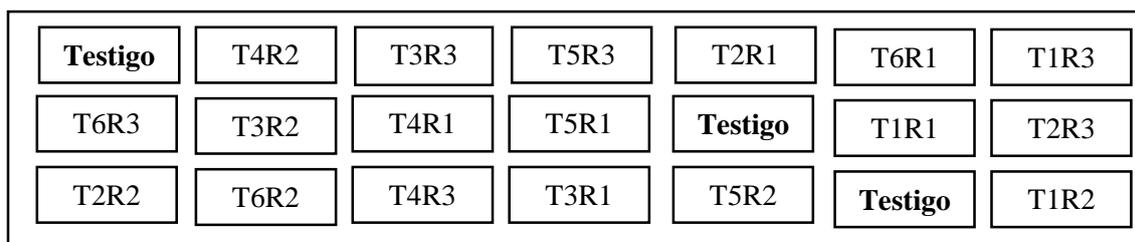


Figura 5. Diseño y ubicación de las unidades experimentales y sus repeticiones. Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

### Características del área experimental

Características	Medida
Número de tratamientos	7
Repeticiones	3
Largo del tratamiento (m)	0,62
Ancho del tratamiento (m)	0,5
Distancia entre repeticiones (m)	1
Plantas útiles por unidad experimental	9
Superficie total del ensayo m <sup>2</sup>	19

Fuente: Elaboración propia.

## **2.7. Identificación de las variables y su mensuración**

En función a múltiples investigaciones (Montejo, 2020; Zeledón y Arauz, 2020 y Veliz, 2017) fueron planteadas las siguientes variables:

### **VARIABLES INDEPENDIENTES**

#### **a) Productos comerciales**

Max Rayz y Root Hor son productos fitohormonales compuestos de auxinas.

#### **b) Dosis**

Los productos hormonales al ser diluidos en agua alcanzaron concentraciones de 1000, 2000 y 3000 ppm de auxinas.

### **VARIABLES DEPENDIENTES**

#### **a. Número de raíces**

El número de raíces se contabilizó cumplido el mes de sembrado los cladodios, luego al segundo mes y el tercer mes.

#### **b. Tamaño de raíces**

Se evaluó el tamaño de raíces expresadas en centímetros, en las mismas fechas en que se hicieron las evaluaciones del número de raíces.

#### **c. Masa radicular**

Se determinó la masa radicular expresado en gramos en cada muestreo planteado

#### **d. Longitud del brote**

Se evaluó la longitud del brote, considerando al brote más largo de cada cladodio, dicha medida fue expresada en centímetros.

### **2.8. Diseño estadístico del experimento**

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial A\*B + Testigo, donde el factor A fue los productos hormonales, y el factor B fue las diferentes dosis auxínicas y el testigo no contó con producto hormonal ni alguna dosis auxínica.

El modelo es:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde

$y_{ij}$  = Número de raíces, tamaño de raíces (cm), masa radicular (g), Longitud de brote (cm); observado con el  $i$  – ésimo regulador de crecimiento, con la  $j$  – ésima dosis.

$\mu$  = Efecto de la media general del número de raíces, tamaño de raíces (cm), masa radicular gr, longitud de brote cm

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$  – ésimo regulador del crecimiento

$\beta_j$  = Efecto de la  $j$  – ésima dosis

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $i$  – ésimo regulador de crecimiento y la  $j$  – ésima dosis.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental en el  $i$  – ésimo regulador del crecimiento, en la  $j$  – ésima dosis.

### **2.9. Análisis estadísticos de datos**

El análisis estadístico se realizó sobre los datos obtenidos en las evaluaciones de cada tratamiento, dicho procedimiento se efectuó mediante el análisis de varianza (ANVA) al

5 % de significancia, para ello, se validaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia, con la finalidad de que los resultados del ANVA reflejen la realidad de los datos. La hipótesis nula del ANVA fue: no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para aceptar esta hipótesis el valor F debe ser menor al F tabla, en caso de ocurrir lo contrario ( $F > F$  tabla) se rechaza la hipótesis nula y se concluye que: al menos uno de los tratamientos es distinto, ello permitió el uso de la prueba de Duncan al 5 % de nivel de significancia para la comparación de las medias de los tratamientos para encontrar el tratamiento sobresaliente. El procesamiento de la información fue con el programa estadístico InfoStat.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

En el presente apartado se exponen los resultados obtenidos para cada variable objeto de estudio como: número de raíces, tamaño de raíces, masa radicular y longitud de brotes y el análisis de la curva de crecimiento de la pitahaya en vivero. Los datos de cada evaluación se encuentran en los Apéndices 13, 14 y 15.

### 3.1. Número de raíces

#### 3.1.1. A los 30 días

Conforme a los resultados obtenidos en el número de raíces a los 30 días, se realizó el análisis de varianza y la validación de supuestos (ver Apéndice 1), además de ello, el coeficiente de varianza es del 19 %, el cual puede considerarse como aceptable para este tipo de experimentos. Según el análisis de varianza sugiere la presencia de efectos a nivel de productos ya que el valor del estadístico F calculado superó al valor del estadístico F de tabla, por lo tanto, resulta necesario determinar el producto que genera mayor efecto en cuanto al número de raíces durante los primeros 30 días.

Tabla 5

*Análisis de varianza número de raíces a los 30 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	69,38	1	69,38	99,62	4,6	Sig
Dosis	0,49	2	0,25	0,35	3,74	n.s
Producto*Dosis	1,94	2	0,97	1,39	3,74	n.s
Trat vs Testigo	0,29	1	0,29	0,42	4,6	n.s
Error	9,75	14	0,70			
Total	81,85	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de Raíces	21	0,88	0,83	19,48

Fuente: Elaboración propia.

Por tal motivo, fue necesario representar las diferencias entre los productos en el número de raíces, la prueba de comparación Duncan al 5 % de significancia (Tabla 6) demuestra que el producto Root-Hor quien genera mayor impacto en esta variable (Figura 6).

Tabla 6

*Análisis Duncan del factor producto para número de raíces a los 30 días*

Producto	Medias	n	
RootHoor	6,30	9	A
MaxRayz	2,37	9	B

Fuente: Elaboración propia

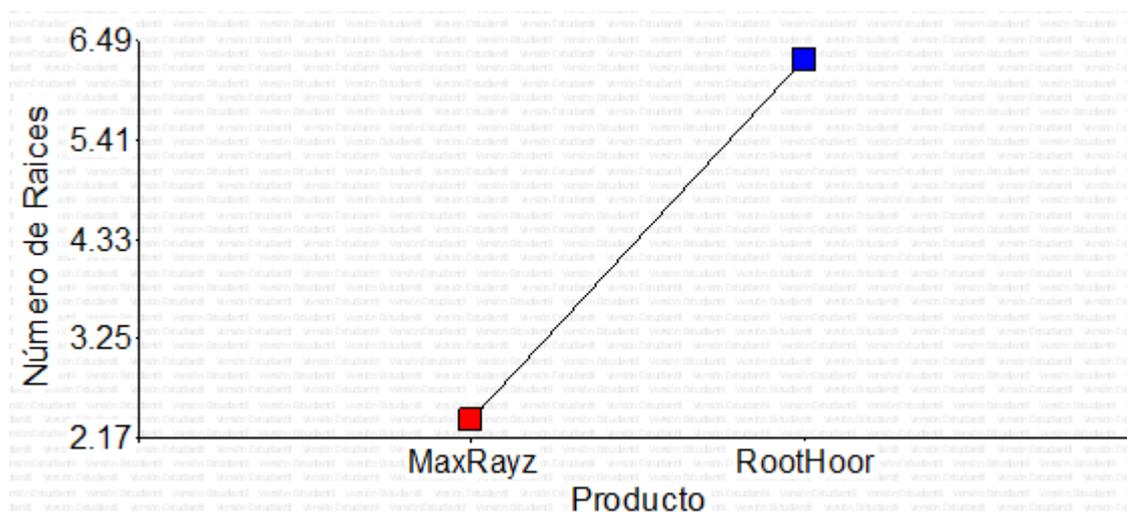


Figura 6. Efecto del producto en el número de raíces a los 30 días. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. A los 60 días

En lo que respecta a la segunda evaluación, los resultados del análisis de varianza expuestos en la Tabla 7, solo existen diferencias significativas a nivel de producto sobre el número de raíces generadas en cladodios de pitahaya ya que el valor del estadístico F calculado superó al valor del estadístico F de tabla. Es necesario recalcar que, se debe

cumplir con la validación de supuestos del análisis de varianza. Dicho análisis estadístico se encuentra en el Apéndice 2.

Tabla 7

*Análisis de varianza número de raíces a los 60 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	27,68	1	27,68	36,15	4,6	Sig
Dosis	3,15	2	1,58	2,06	3,74	n.s
Producto*Dosis	1,39	2	0,70	0,91	3,74	n.s
Trat vs Testigo	1,21	1	1,21	1,58	4,6	n.s
Error	10,72	14,00	0,77			
Total	44,15	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Numero de Raíces	21	0,76	0,65	15,35

*Fuente:* Elaboración propia.

Es así que, fue necesario realizar la prueba de comparación Duncan al 5 % de significancia (Tabla 8), la Figura 7 expone las diferencias que existen entre los distintos productos hormonales, siendo Root-Hor quien genera un mayor impacto sobre esta variable a los 60 días.

Tabla 8

*Análisis Duncan del factor producto para número de raíces a los 60 días*

Producto	Medias	n	
RootHoor	7,04	9	A
MaxRayz	4,56	9	B

*Fuente:* Elaboración propia.

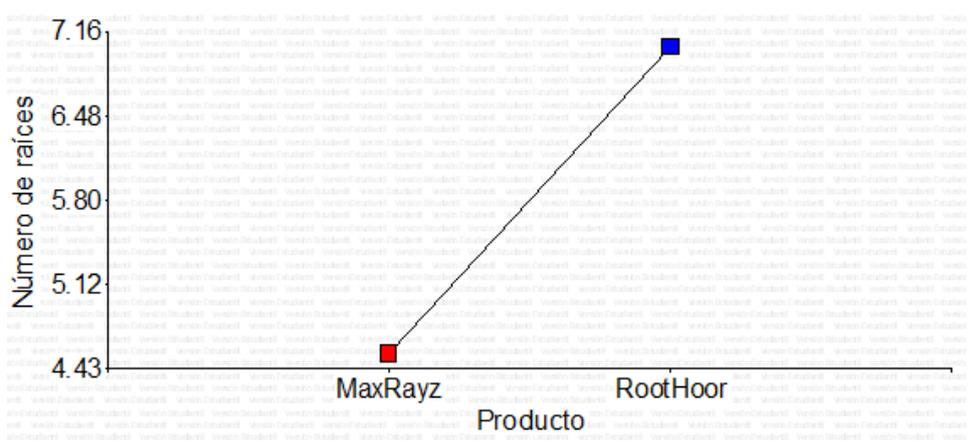


Figura 7. Efecto del producto en el número de raíces a los 60 días. Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3. A los 90 días

Según el análisis de varianza expuesto en la Tabla 9, en la última toma de datos, es evidente las diferencias que existe a nivel de productos; además de ello, existen diferencias entre el promedio de los tratamientos en estudio con respecto al tratamiento testigo. El análisis estadístico de los datos se encuentra en el Apéndice 3, siendo el coeficiente de varianza cercano al 12 %.

Tabla 9

Análisis de varianza número de raíces a los 90 días

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	8,46	1	8,46	14,64	4,6	Sig
Dosis	1,72	2	0,86	1,49	3,74	n.s
Producto*Dosis	4,15	2	2,08	3,59	3,74	n.s
Trat vs Testigo	3,71	1	3,71	6,42	4,6	Sig
Error	8,09	14	0,58			
Total	26,12	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de Raíces	21	0,78	0,68	11,67

Fuente: Elaboración propia.

Debido a los efectos encontrados en el análisis de varianza, la Tabla 10 (prueba Duncan al 5 % de significancia) y la Figura 8 demuestran que Root-Hor sigue generando mayor impacto que el producto Max-Rayz en cuanto al número de raíces a los 90 días.

Tabla 10

*Análisis Duncan del factor producto para número de raíces a los 90 días*

Producto	Medias	n	
RootHoor	5,85	9	A
MaxRayz	4,63	9	B

Fuente: Elaboración propia.

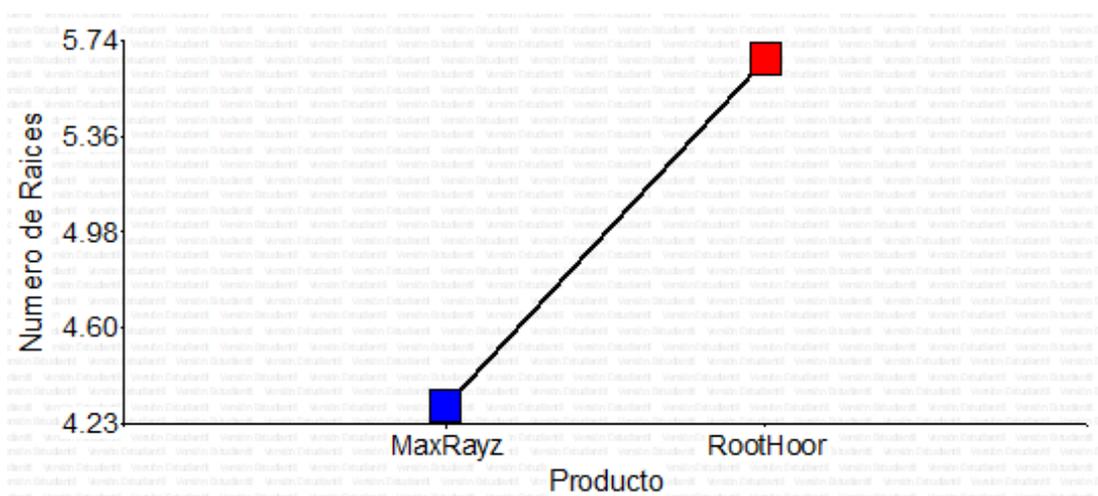


Figura 8. Efecto del producto en el número de raíces a los 90 días. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la prueba Duncan al 5 % (Tabla 11) realizada para la comparación de medias de los tratamientos en estudio y el testigo demostró que, no existen diferencias entre los tratamientos 5,6,4 y 1, a pesar de ello estos tratamientos demostraron ser superiores al tratamiento testigo (Figura 9).

Tabla 11

*Análisis Duncan de los tratamientos y el testigo para número de raíces a los 90 días*

Tratamiento	Producto	Dosis	Medias	n	
5	RootHoor	2000	6,33	3	A
6	RootHoor	3000	5,33	3	A
4	RootHoor	1000	5,33	3	A
1	MaxRayz	1000	5,22	3	A B
2	MaxRayz	2000	3,89	3	B C
Testigo	Sin Producto	0	3,78	3	C
3	MaxRayz	2000	3,78	3	C

Fuente: Elaboración propia.

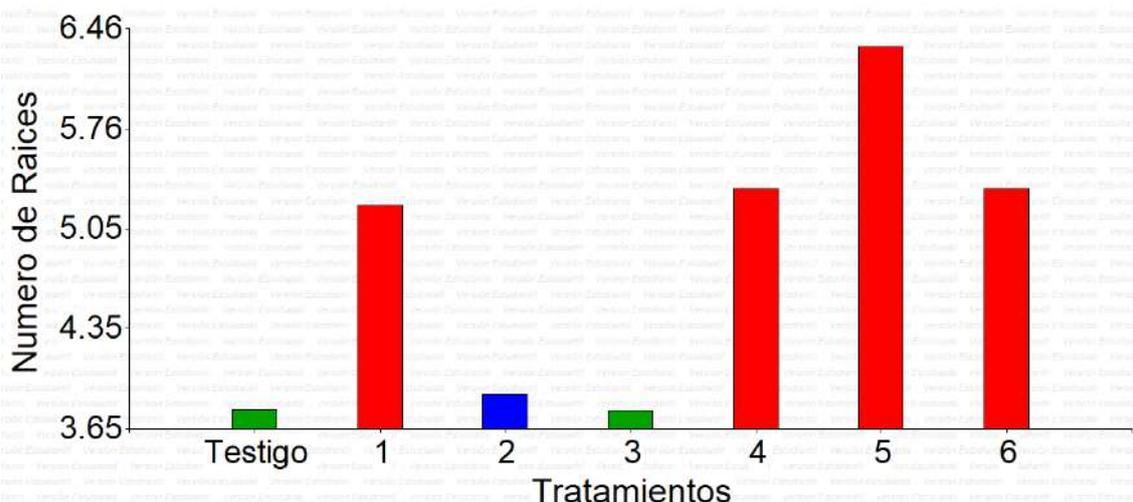


Figura 9. Comparación del testigo y tratamientos en el número de raíces a los 90 días.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Tamaño de raíces

#### 3.2.1. A los 30 días

Según los resultados obtenidos en el primer muestreo, el análisis de varianza (Tabla 12) resalta la existencia de efectos a causa de los productos usados en esta investigación, es preciso recalcar que el valor del coeficiente de variabilidad está por encima del 30%, lo que significa que los datos obtenidos son dispersos lo que ocasiona que la media general pierda cierto nivel de confiabilidad, las validaciones de supuestos del análisis de varianza está en el Apéndice 4.

Tabla 12

*Análisis de varianza para tamaño de raíces a los 30 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	10,98	1	10,98	8,67	4,6	Sig
Dosis	4,33	2	2,17	1,71	3,74	n.s
Producto*Dosis	4,69	2	2,35	1,85	3,74	n.s
Trat vs Testigo	0,24	1	0,24	0,19	4,6	n.s
Error	17,73	14	1,26			
Total	37,97	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tamaño de Raíces	21	0,53	0,33	32,69

Fuente: Elaboración propia.

Debido a la presencia de diferencias a nivel de productos, fue oportuno realizar la prueba de comparación Duncan al 5 % de significancia (Tabla 13) en tal caso, la Figura 10 refleja que el mayor efecto en el número de raíces a los 30 días es debido al producto Root-Hor.

Tabla 13

*Análisis Duncan del factor producto para tamaño de raíces a los 30 días*

Producto	Medias	n	
RootHor	4,18	9	A
MaxRayz	2,62	9	B

Fuente: Elaboración propia.

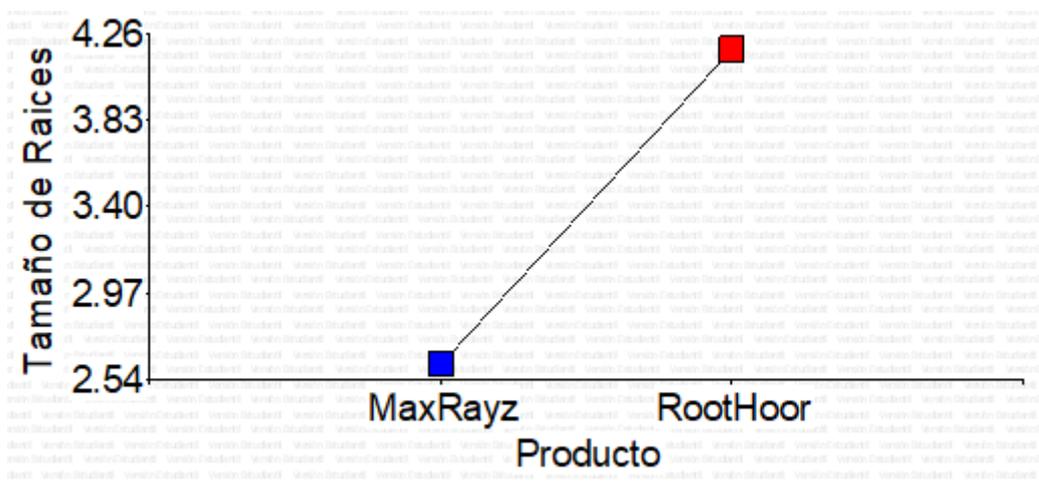


Figura 10. Efecto del producto en el tamaño de raíces a los 30 días. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2. A los 60 días

A los 60 días del experimento a un nivel de significancia del 5% no existen efectos significativos a nivel de productos, tampoco efecto a nivel de dosis, ni efecto en la interacción de productos y dosis. Del mismo modo, fue evaluado el efecto del testigo con los tratamientos en investigación, sin embargo, el análisis de varianza no encontró efectos en esta comparación (Tabla 14). El análisis de varianza detallado y la validación de dicho análisis se encuentra en el Apéndice 5.

Tabla 14

*Análisis de varianza para tamaño de raíces a los 60 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	1,08	1	1,08	0,18	4,6	n.s
Dosis	15,29	2	7,65	1,26	3,74	n.s
Producto*Dosis	34,33	2	17,17	2,83	3,74	n.s
Trat vs Testigo	10,05	1	10,05	1,66	4,6	n.s
Error	84,78	14	6,06			
Total	145,53	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tamaño de Raíces	21	0,42	0,17	16,27

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3. A los 90 días

En cuanto a la última evaluación hecha del tamaño de raíces, según el análisis de varianza expuesto en la Tabla 6 no hay evidencia de efectos a nivel de producto, dosis, ni en la interacción de productos y dosis, todo el análisis de la varianza y la validación de supuestos se detallan en el apéndice 6.

Tabla 15

*Análisis de varianza para tamaño de raíces a los 90 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	Fc	F tabla	Significancia
Producto	5,92	1	5,92	0,59	4,6	n.s
Dosis	1,06	2	0,53	0,05	3,74	n.s
Producto*Dosis	0,81	2	0,41	0,04	3,74	n.s
Trat vs Testigo	4,93	1	4,93	0,49	4,6	n.s
Error	141,37	14	10,09			
Total	154,09	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tamaño de Raíces	21	0,08	0	12,09

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Masa Radicular

#### 3.3.1. A los 30 días

El análisis de varianza con una significancia del 5 % realizado en el muestreo a los 30 días (Tabla 16) evidencia que, existen efectos significativos a nivel de producto y a nivel de la interacción de productos y dosis, sin embargo, a nivel de dosis no existe efecto significativo. Así mismo, este análisis contempló la comparación del agente testigo y los tratamientos en investigación, pero no se presentaron diferencias significativas. Es preciso señalar que debido a la variabilidad que se presentó en la recolección de datos fue necesario utilizar la transformación de datos para que se puedan cumplir la validación de supuestos del análisis de varianza (Apéndice 7).

Tabla 16

*Análisis de varianza para masa radicular ( $\sqrt{x}$ ) a los 30 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	5,03	1	5,03	281,68	4,6	Sig
Dosis	0,08	2	0,04	2,24	3,74	n.s
Producto*Dosis	0,32	2	0,16	8,96	3,74	Sig
Trat vs Testigo	0,01	1	0,01	0,56	4,6	n.s
Error	0,25	14	0,017			
Total	5,69	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>RAIZ Masa Radicular</b>	21	0,96	0,94	10,88

*Fuente:* Elaboración propia.

La Tabla 17 representa la prueba de comparación Duncan al 5 % de significancia para los productos utilizados en la masa radicular, siendo el producto Root-Hoor quien supera al producto Max-Rayz (Figura 11).

Tabla 17

*Análisis Duncan del factor producto para masa radicular a los 30 días*

Producto	Medias	n	
RootHoor	3,10	9	A
MaxRayz	0,54	9	B

Fuente: Elaboración propia.

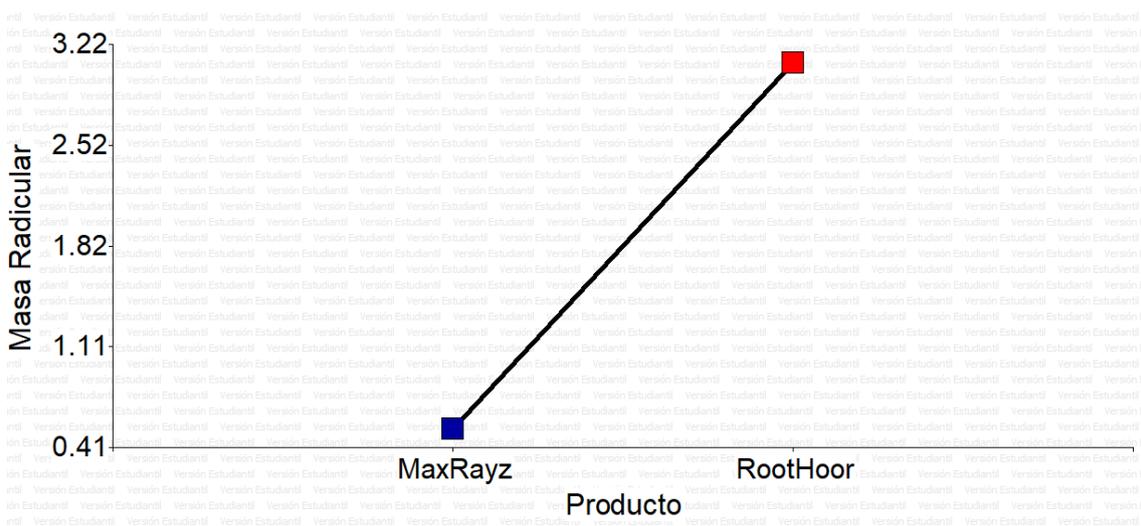


Figura 11. Efecto del producto en la masa radicular a los 30 días. Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados expuestos existen efectos significativos en la interacción productos y dosis, por tal motivo la Tabla la Figura 12, la cual permite describir el comportamiento del producto Max-Rayz y Root-Hor ante las variaciones de las dosis. Existen efectos notablemente diferenciados, con el producto Max Rayz a medida que las dosis aumentan, la masa radicular empieza a disminuir, en cambio con el producto Root-Hor el comportamiento es distinto, a medida que las dosis aumentan el efecto es positivo en la masa radicular.

Tabla 18

*Análisis Duncan de la interacción entre producto con las dosis para masa radicular a los 30 días*

Producto	Dosis	Medias	n	
RootHoor	3000	3,60	3	A
RootHoor	2000	2,90	3	B
RootHoor	1000	2,80	3	B
MaxRayz	1000	0,94	3	C
MaxRayz	2000	0,40	3	C
MaxRayz	3000	0,27	3	C

Fuente: Elaboración propia.

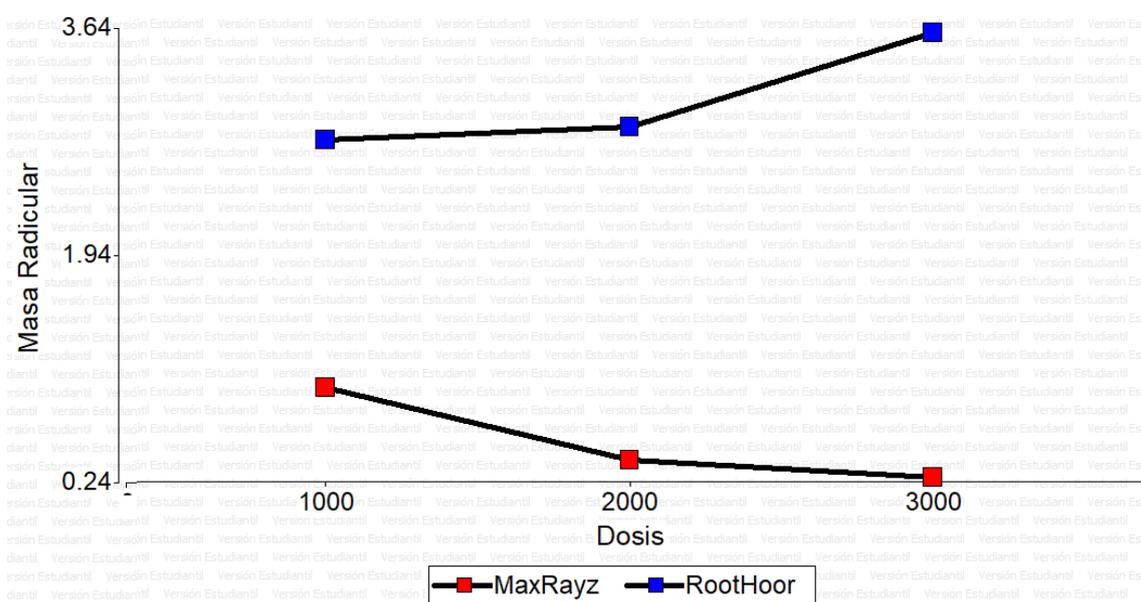


Figura 12. Efecto de la interacción productos y dosis en la masa radicular a los 30 días  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. A los 60 días

Según el análisis de varianza (Tabla 19) realizado a los 60 días del experimento fue posible evidenciar que solo existieron efectos significativos a nivel del factor producto, además de ello fue realizada la comparación del agente testigo y los tratamientos en investigación, para lo cual no se encontraron diferencias significativas entre ellos. A igual que en el primer muestreo, fue necesaria la transformación de datos para la validación de los supuestos para el análisis de varianza. Los resultados están presentados en el Apéndice 8.

Tabla 19

*Análisis de varianza para masa radicular ( $\sqrt{x}$ ) a los 60 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	0,74	1	0,74	0,849	4,6	n.s
Dosis	0,66	2	0,33	0,379	3,74	n.s
Producto*Dosis	0,24	2	0,12	0,138	3,74	n.s
Trat vs Testigo	1,09	1	1,09	1,251	4,6	n.s
Error	12,2	14	0,87			
Total	1,87	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ Masa Radicular	21	0,18	0,00	22,26

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3. A los 90 días

Con referente al tercer momento de la evaluación de la masa radicular, el análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 %, demuestra que solo existen diferencias significativas a nivel de producto, además de ello, es preciso recalcar la no presencia de efectos entre el agente testigo y los tratamientos en estudio. En la Figura 13 se expone las diferencias de los efectos producidos por ambos productos, para este muestreo Root-Hor demostró ser superior a Max Rayz. El detalle del análisis de varianza y validación supuestos se encuentran en el Apéndice 9.

Tabla 20

*Análisis de varianza para masa radicular a los 90 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	620,34	1	620,34	14,92	4,6	Sig
Dosis	77,63	2	38,82	0,93	3,74	n.s
Producto*Dosis	137,96	2	68,98	1,66	3,74	n.s
Trat vs Testigo	76,67	1	76,67	1,84	4,6	n.s
Error	582	14	41,57			
Total	1494,61	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Masa Radicular	21	0,61	0,44	14,58

Fuente: Elaboración propia.

Debido a la presencia de diferencias a nivel de productos fue necesario realizar la prueba de comparación múltiple Duncan al 5 % de significancia (Tabla 21), la cual demuestra que para este caso el producto Root Hor fue superior al producto Max Rayz (Figura 13).

Tabla 21

*Análisis Duncan del factor producto para masa radicular a los 90 días*

Producto	Mediasn	E.E.	
RootHoor	50,89 9	2,25	A
MaxRayz	39,15 9	2,25	B

Fuente: Elaboración propia.

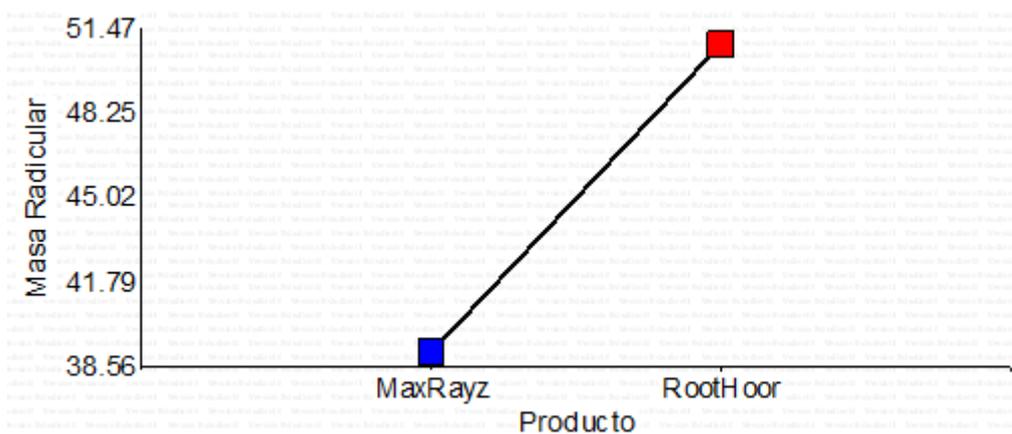


Figura 13. Efecto del producto en la masa radicular a los 90 días. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Longitud del brote

En cuanto al análisis de este parámetro, al igual que los parámetros anteriormente mencionados, fue realizado a los 30, 60 y 90 días. Debido al manejo agronómico en pitahaya, solo fue considerado un brote el cual permitió el crecimiento de la planta. Haciendo énfasis en que no es recomendable ni usual tener más de un brote.

#### 3.4.1. A los 30 días

Para este caso no fue oportuno realizar el análisis de varianza debido a que durante los primeros 30 días existieron cladodios que no habían emitido brotes, por lo tanto, no fue

realizado el análisis estadístico de los resultados obtenidos, a pesar de ello los datos están expuestos en el Apéndice 13.

### 3.4.2. A los 60 días

A los 60 días de iniciado el experimento, fueron recolectados datos para el análisis de la longitud de brotes. La Tabla 22 recoge los resultados del análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 %, es así que, se encuentran diferencias significativas a nivel de productos, a nivel de interacción de productos y dosis, además de encontrar diferencias entre el agente testigo y los tratamientos en investigación. Los análisis estadísticos se encuentran en el Apéndice 10. Cabe señalar que, para el procesamiento de la longitud del brote en el segundo muestreo fue necesaria la transformación de los datos debido a la polarización de los datos, es decir resultados muy aislados que no permitieron validar los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Tabla 22

*Análisis de varianza para longitud de brote ( $\sqrt{x}$ ) a los 60 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	6,36	1	6,36	10,70	4,6	Sig
Dosis	1,8	2	0,90	1,51	3,74	n.s
Producto*Dosis	7,96	2	3,98	6,70	3,74	Sig
Trat vs Testigo	3,17	1	3,17	5,33	4,6	Sig
Error	8,32	14	0,59			
Total	27,61	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ_Longitud del Brote	21	0,7	0,57	20,46

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza determinó la existencia de diferencias entre los productos, por tal motivo la Tabla 23 describe la prueba de comparación Duncan a un 5 % de significancia para el factor producto, siendo Root-Hor que provoca un mayor efecto que Max Rayz (Figura 14).

Tabla 23

*Análisis Duncan del factor producto para longitud del brote a los 60 días*

Producto	Mediasn	E.E.	
RootHor	18,62 9	1,79	A
MaxRayz	9,49 9	1,79	B

Fuente: Elaboración propia.

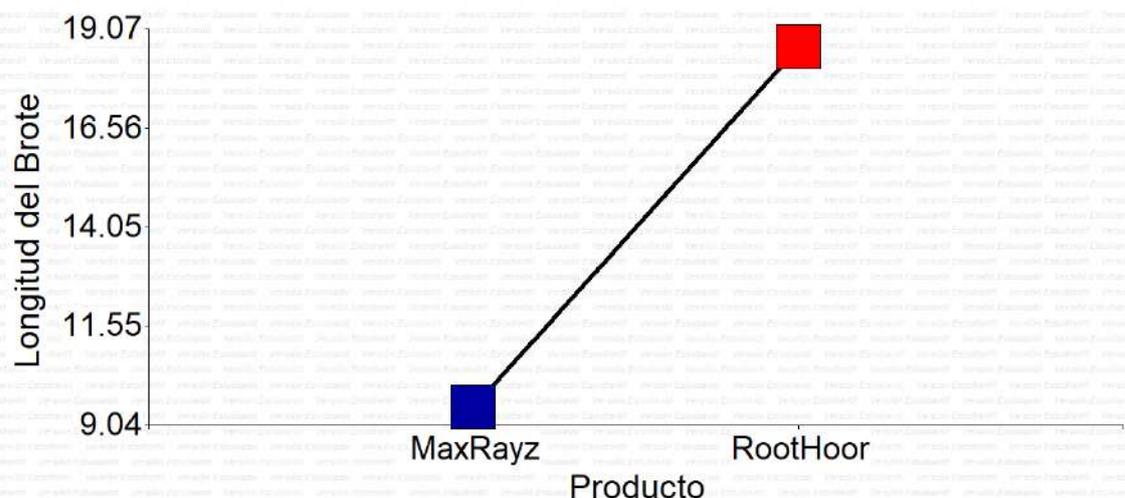


Figura 14. Efecto del producto en la longitud del brote a los 60 días. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, es evidente el efecto que existe a nivel de la interacción entre productos y dosis además de la existencia de diferencias entre los tratamientos en estudio con el testigo, por tal motivo fue necesario realizar la prueba de comparación Duncan al 5 % de significancia (Tabla 24), la cual permitió visualizar el orden de los tratamientos según sus promedios. La Figura 15 muestra el comportamiento de la interacción entre el factor producto y dosis, ante el incremento de las dosis del producto Max-Rayz genera un efecto positivo en la longitud de brotes, en cambio ocurre un efecto inverso con el uso del producto Root-Hor, además de ello, de los tratamientos en estudio quien tiene un mayor efecto es Root-Hor a una dosis de 2000 ppm.

Tabla 24

*Análisis Duncan de la interacción de producto con dosis para longitud del brote a los 60 días*

Tratamiento	Producto	Dosis	Medias	n		
5	RootHoor	2000	21,63	3	A	
Testigo	Sin Prod	0	20,71	3	A	
4	RootHoor	1000	18,71	3	A	B
6	RootHoor	3000	15,51	3	A	B
3	MaxRayz	3000	15,27	3	A	B
2	MaxRayz	2000	9,84	3		B C
1	MaxRayz	1000	3,37	3		C

Fuente: Elaboración propia

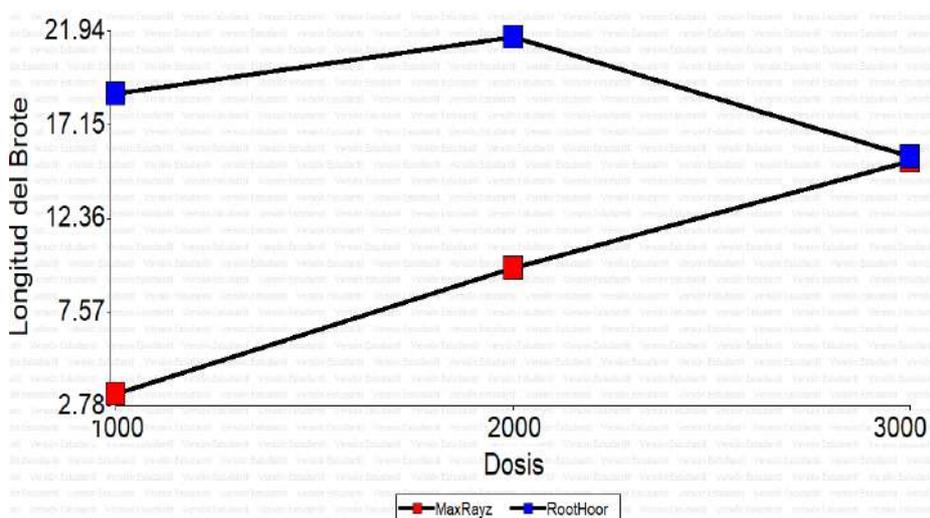


Figura 15. Efecto de la interacción productos y dosis en la longitud de brotes a los 60 días. Fuente: Elaboración propia

El análisis realizado en este periodo permite la comparación de los tratamientos en estudio con el agente testigo, la Tabla 8 demuestra que existen diferencias, es así que, la Figura 16 es la representación gráfica del comportamiento del testigo y de los tratamientos, el resultado muestra que, el agente testigo supera a los tratamientos en investigación.

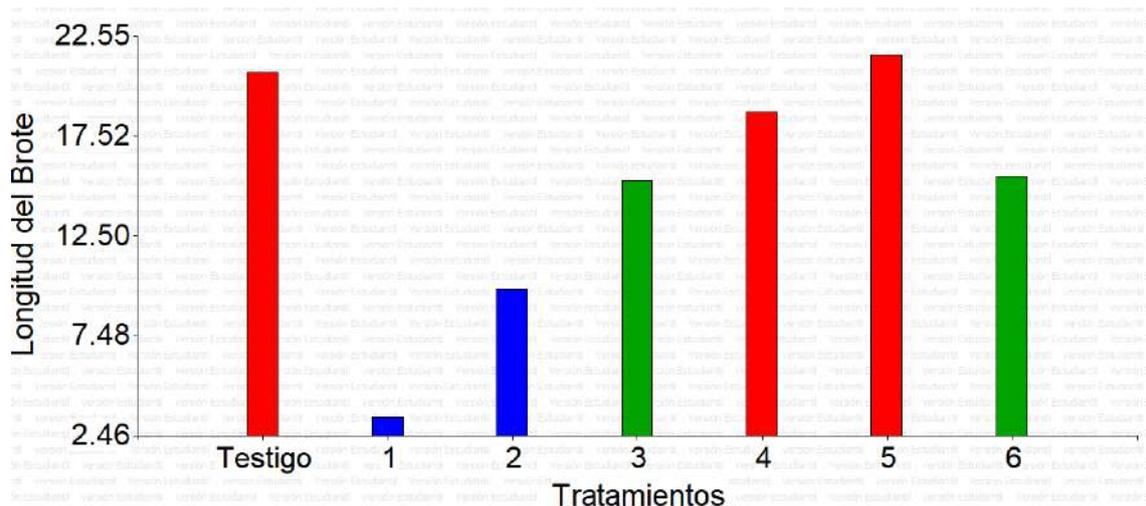


Figura 16. Comparación del agente testigo y tratamientos en la longitud de brotes a los 60 días Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3. A los 90 días

Según el análisis de varianza expuesto en la Tabla 25, en la tercera toma de muestra solo fueron detectados los efectos significativos a nivel de producto, en cambio a nivel de dosis y en la interacción, no fueron detectadas diferencias significativas. Los resultados detallados se encuentran en el Apéndice 15.

Tabla 25

*Análisis de varianza para longitud de brote a los 90 días*

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	F tabla	Significancia
Producto	543,95	1	543,95	8,90	4,6	Sig
Dosis	199,77	2	99,89	1,63	3,74	n.s
Producto*Dosis	165,62	2	82,81	1,36	3,74	n.s
Trat vs Testigo	41,73	1	41,73	0,68	4,6	n.s
Error	855,45	14	61,10			
Total	1806,52	20				

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Longitud del Brote	21	0,53	0,32	18,37

Fuente: Elaboración propia.

Debido a la presencia de diferencias en cuanto al factor producto, fue necesaria la prueba de comparación múltiple Duncan al 5 % de significancia (Tabla 26), el producto Max Rayz es superado notablemente por Root- Hor, este último permitió obtener brotes con un promedio cercano a 50 cm de largo, mientras que Max Rayz en promedio alcanza los 38 cm de longitud (Figura 17).

Tabla 26

*Análisis Duncan del factor producto para longitud del brote a los 90 días*

Producto	Medias	n	
RootHoor	47,47	9	A
MaxRayz	36,47	9	B

Fuente: Elaboración propia.

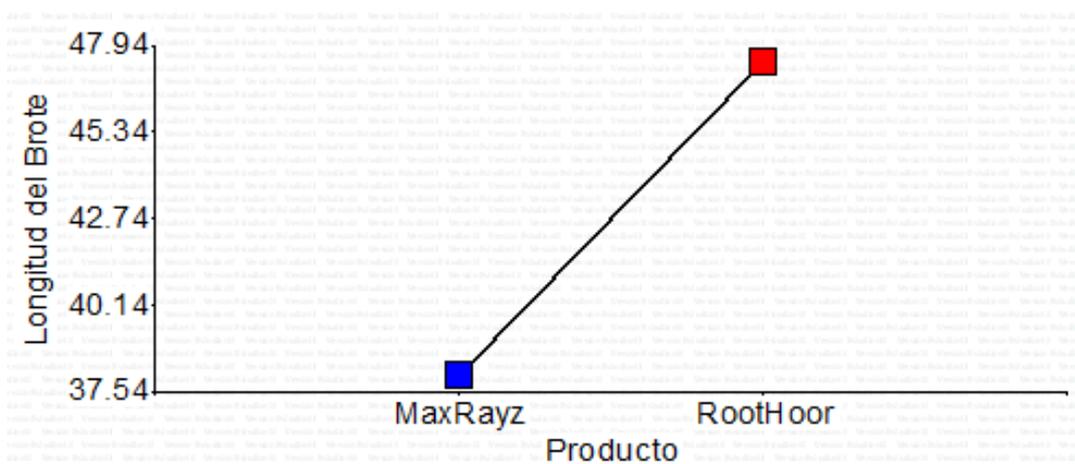


Figura 17. Efecto de los productos en la longitud de brotes a los 90 días. Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Curva de crecimiento

El análisis de la curva de crecimiento en esta investigación se realizó considerando las variables evaluadas en apartados anteriores, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema radicular, teniendo en cuenta las aplicaciones de dos productos hormonales a base de tres concentraciones auxínicas y los tres momentos de evaluación.

La Figura 18 expone la curva de crecimiento para el número de raíces, cada línea reflejó el comportamiento por cada tratamiento, lo cual demostró la existencia de diferencias entre los tratamientos en estudio, los datos demuestran que, a los 30 días existió polarización en los datos, fue posible inferir que Root-Hor tuvo un comportamiento superior que el testigo y Max-Rayz. A los 60 días se evidenció el incremento en el número de raíces del testigo y Max Rayz, el comportamiento de Root-Hor se mantuvo en ese margen, en cambio a los 90 días, es evidente la disminución de las raíces de Root-Hor, junto con el testigo; mientras que las raíces con Max Rayz se mantienen.

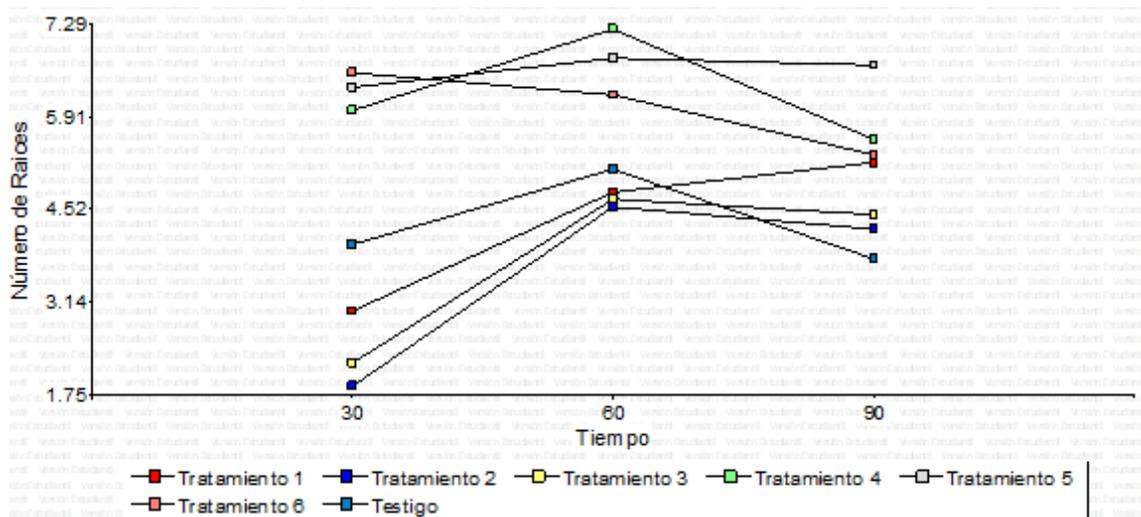


Figura 18. Curva de crecimiento para número de raíces. Fuente: Elaboración propia.

La curva de crecimiento para tamaño de raíces fue representada en la Figura 19, es evidente que los tratamientos mantuvieron una tendencia constante resultados muy similares entre los 30 y 90 días lo que permite afirmar que, gráficamente, no existieron diferencias de los tratamientos. En cambio, a los 60 días los datos están un poco más separados lo que significa que existieron diferencias entre los tratamientos. Además de ello, se puede afirmar gráficamente que, la pendiente del tratamiento testigo empieza a incrementarse, lo que significa que su comportamiento sobresalió con respecto a los demás tratamientos.

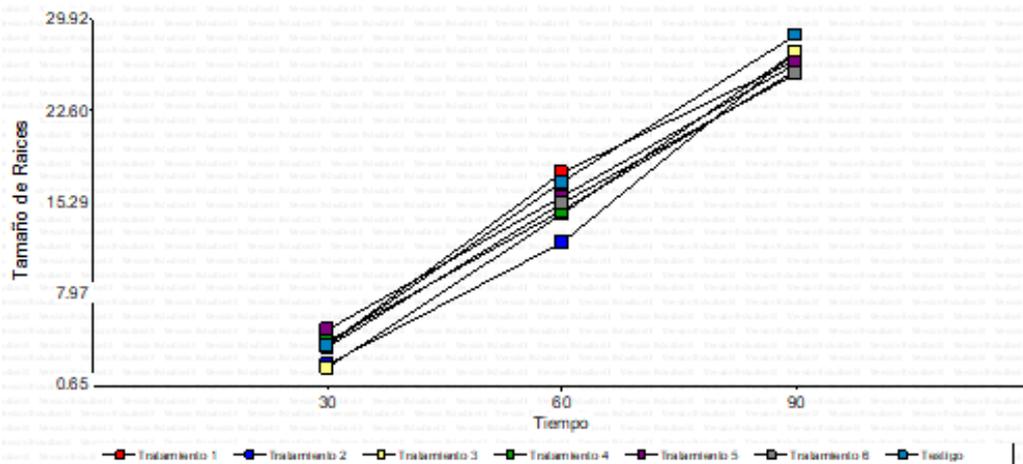


Figura 19. Curva de crecimiento para tamaño de raíces. Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se realizó otra curva del comportamiento del sistema radicular, esta vez tomando en consideración la masa radicular. Para tal efecto se presenta la Figura 19 en la cual se visualiza que existen diferencias notables en el lapso considerado entre los 30 a 60 días y entre los 60 a 90 días, gráficamente la pendiente en el último lapso de tiempo fue mayor, lo que permite afirmar que hubo mayor ganancia de peso. En cuanto al tratamiento testigo, la ganancia de peso disminuyó, en cambio con la aplicación de productos hormonales la ganancia de peso se incrementó, es preciso señalar que, según los colores que corresponden a cada tratamiento, fueron los tratamientos 5, 4 y 6 los que presentaron mayor relevancia, lo que se traduce en que, el producto Root- Hor tuvo mayor influencia en la ganancia de peso del sistema radicular. En conclusión, debido al comportamiento de la gráfica, los productos hormonales influyen positivamente en la ganancia de peso.

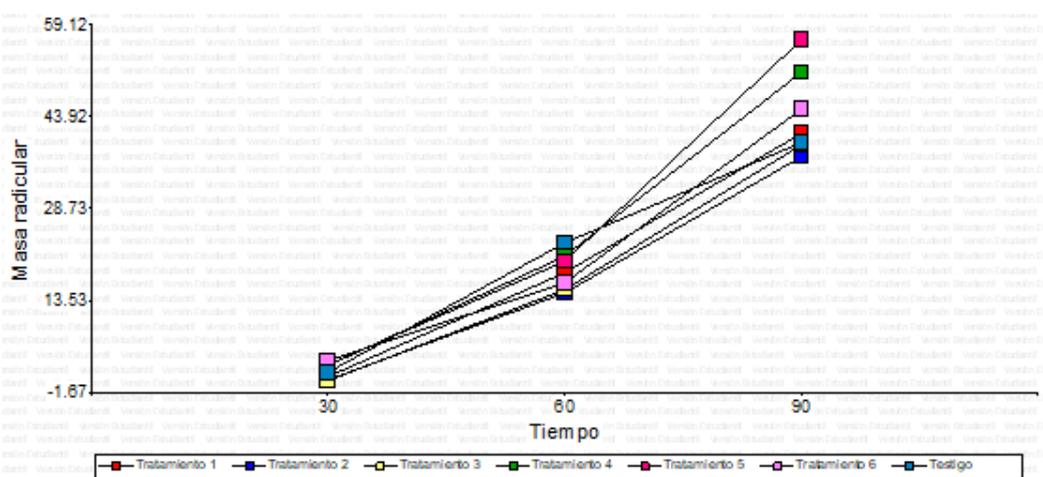


Figura 20. Curva de crecimiento para la masa radicular. Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo se realizó la curva de crecimiento para la longitud del brote, en la Figura 20 es posible evidenciar el comportamiento de todos los tratamientos durante la duración del experimento, el tratamiento testigo tuvo un crecimiento constante a diferencia de los demás tratamientos. Si bien es cierto, todos tienen el mismo tamaño en promedio a los primero 30 días, en cambio a los 60 días, el gráfico indicaría que la aplicación de productos bajo distintas concentraciones produce un efecto menor, puesto que el testigo presenta una de las mayores longitudes, en cambio a los 90 días en promedio el efecto es muy similar, puesto que los valores están muy cercanos.

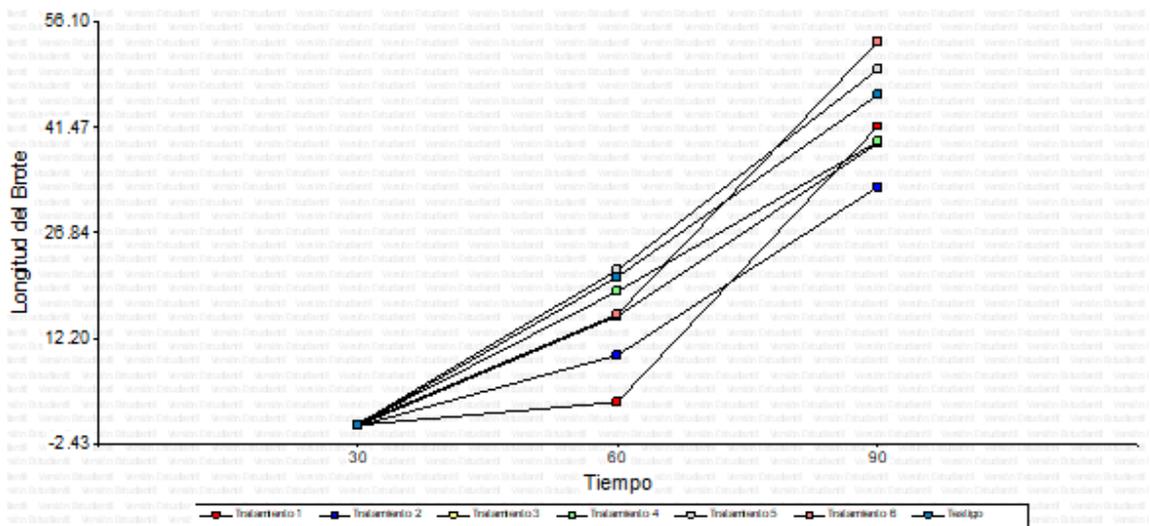


Figura 21. Curva de crecimiento para la masa radicular. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

### 4.1. Número de raíces

En cuanto a esta variable, no existieron diferencias significativas en los tres muestreos a nivel de dosis, ni a nivel de la interacción de productos con las dosis. En cuanto a la comparación entre el testigo y los tratamientos en estudio, solo existen diferencias significativas a los 90 días, considerándose que los tratamientos en estudio superaron estadísticamente al testigo.

Con referente al nivel de productos, es evidente la presencia de diferencias significativas en los tres muestreos, lo que significa que cada producto tiene efectos distintos, en cada muestreo el producto Root-Hor supera al producto Max-Rayz debido a que cada producto cuenta con formulaciones distintas. Según Comercial Andina (2014) Root-Hor contiene 0,4 % de ANA, equivalente a 4000 ppm de este ingrediente activo, a diferencia de Max-Rayz que solo contiene 650 ppm de ANA, además de ello ambos productos contienen diferentes aditivos, los cuales los convierten en productos únicos. Algo similar es manifestado por Azcón y Talón (2013), quienes refieren que, el AIB a diferencia del ANA tiene una acción auxínica más débil, sin que ello signifique que es menos importante, al contrario, ambos autores manifiestan que, existe mayor efecto en el enraizamiento siempre y cuando se usen ambos compuestos.

Considerando que existe efecto en el número de raíces después de los 90 días, existen múltiples investigaciones que usan ambos productos bajo concentraciones iguales para ambos compuestos, como el caso de Torres (2015), quien manifiesta que después de 45 días de iniciada su investigación, encontró efectos de la combinación de ANA+AIB, en el número de raíces, puntualizando que existen diferencias en las temporalidades, además,

que este autor uso los compuestos ANA y AIB puros, mientras que en esta investigación se utilizó productos compuestos. Sin embargo, las investigaciones descritas anteriormente, no consignan científicamente el efecto del uso de distintos productos hormonales comerciales, ni tampoco el cambio de concentraciones hormonales para poder encontrar las diferencias entre AIB y ANA.

#### **4.2. Tamaño de raíces**

La evaluación de esta variable indica que solo existieron diferencias significativas a nivel de producto a los primeros 30 días de evaluación, en los demás muestreos, los resultados no reflejan diferencias significativas, lo que significa que los productos hormonales ni las dosis usadas generan efecto en el tamaño de las raíces. Estos resultados son similares a los descritos por Rodríguez (2019), quien afirma que, la aplicación de las hormonas de enraizamiento no genera un impacto significativo en el tamaño de raíces, además de ello este autor investigo la influencia de diferentes sustratos para el enraizamiento. Otro aspecto importante a recalcar es que Rodríguez utilizó la hormona AIB sin considerar ANA.

En cambio, la investigación de Torres (2015) consideró dosis más altas de AIB y ANA, por lo que obtuvo hasta 20,15 cm de raíces en 45 días con 4000 ppm de auxinas, el autor afirma que existen diferencias significativas entre las dosis auxínicas, sin embargo, las dosis que usa en dicha investigación son más altas, además de ello utilizó las hormonas por separado y procedió a diluirlas. Del mismo modo, esta investigación rescata los resultados obtenidos por Balaguera *et al.* (2010) quien afirma que, existen diferencias significativas a nivel del tamaño de raíces cuando las concentraciones hormonales están alrededor de 4500 ppm, sin embargo, es necesario agregar que, el autor considero en su investigación a la única hormona AIB.

La observación anterior tiene relación con lo descrito por Veliz (2017) quien encontró diferencias significativas en tamaño de raíces, considerando la dosis de 3500 ppm de ANA + 3500 ppm de AIB (haciendo un total de 7000 ppm de auxinas), quien le permitió obtener valores de 21,39 cm en 45 días.

En conclusión, los investigadores anteriores encontraron diferencias significativas con el uso de altas concentraciones auxínicas, recalcando que el tamaño de raíces está cerca a los 20 cm en 45 días, mientras que en esta investigación dicho tamaño de raíces pueden ser obtenidas entre los 60 y 90 días con cualquiera de los tratamientos en investigación.

#### **4.3. Masa radicular**

La Tabla 8 resume que, existieron diferencias significativas a los 30 y a los 90 días a nivel de producto, en cambio a los 60 días no existieron diferencias significativas. Las diferencias encontradas fueron a nivel de productos, los resultados de Root-Hor superaron a Max Rayz, lo que significa que la composición de los productos causa efectos distintos; es preciso recalcar que las concentraciones de ANA y AIB son distintos en cada producto. Los resultados sugieren que las características de Root Hor permiten generar mayor biomasa, a pesar que en el análisis anterior no existieron diferencias en la longitud de raíces.

Si bien es cierto las investigaciones antecesoras a esta, evalúan el comportamiento de la pitahaya bajo la dilución de hormonas puras, además de ello en la mayoría de los casos realizan el muestreo a los 45 días, como es el caso de Veliz (2017), quien a los 45 días encontró diferencias significativas en los pesos de raíces utilizando niveles de auxinas de hasta 7000 ppm. El autor agrega que la masa obtenida con esta dosis fue de 36 gramos.

En la investigación realizada por Balaguera *et al.* (2010), llegaron a la conclusión que, a los 90 días de iniciado el experimento, la mayor masa de raíces fue obtenida con la dosis de 4500 ppm. Además de ello manifiestan que existe una relación directa entre las concentraciones de AIB con la ganancia de peso. Sin embargo, en dicha investigación no encontraron diferencias al incrementar las dosis, ello puede deberse a que, no aplicaron más de 3000 ppm de auxinas, es preciso recalcar que en esta investigación fueron usados productos comerciales y no hormonas puras.

#### **4.4. Longitud del brote**

La investigación considera el análisis a los 60 y 90 días, a los 60 días existieron diferencias a nivel de productos, además de las diferencias del testigo y los tratamientos en estudio, sin embargo, a los 90 días solo existieron diferencias a nivel de productos. Según estos resultados, a los 60 días el testigo supera a los tratamientos en investigación lo que supondría que, el efecto de las hormonas estaría causando un efecto negativo bajo estas concentraciones, por lo tanto, los productos hormonales bajo las concentraciones auxínicas usadas, no están generando el efecto deseado, por el contrario, retrasan el comportamiento de los brotes. Lo descrito anteriormente guarda relación con lo descrito por Garay *et al.* (2014), quienes afirman que las auxinas a concentraciones muy bajas tienden a movilizarse a diferentes lugares de la planta, por ello, el efecto tiende a variar. Además, teniendo en cuenta lo descrito por Azcón y Talón (2013), quienes mencionan que todas las auxinas se movilizan a diferentes velocidades, y que dicho desplazamiento es principalmente hacia las zonas basales en la producción de raíces adventicias.

En cuanto a los resultados obtenidos a los 90 días, se evidencia que solo existen diferencias significativas a nivel de productos, siendo Root-Hor el producto que supera a Max Rayz, además de ello es posible comprobar que no existen diferencias entre el testigo y los tratamientos en investigación. Sin embargo, en la investigación de Balaguera *et al.* (2010) en la misma temporalidad encontraron efectos de las dosis de auxinas sobre la longitud de brotes, pero es necesario recalcar que ellos usaron dosis de 4500 ppm y la única auxina fue el AIB. Por último, resulta importante mencionar lo dicho por Azcón y Talón (2013) en cuanto al desarrollo de la parte aérea de las plantas ante la aplicación de auxinas y giberelinas, mencionando que existe una relación directa entre las hormonas y el crecimiento del tallo, debido a que participan en la elongación celular.

#### **4.5. Curva de crecimiento**

La curva de crecimiento del enraizamiento fue evaluada en función a las variables descritas durante los tres muestreos realizados, el comportamiento fue muy similar lo cual explica que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos con el testigo. Resulta oportuno mencionar que el efecto del factor producto en la curva de crecimiento

del número de raíces fue distinto, a pesar que las concentraciones de auxinas fueron iguales, esto debido a que las formulaciones de cada producto son distintas, es decir, diferentes aditivos; esto es similar a lo descrito por Aguilar (2015) quien asegura que el uso de diferentes productos en el enraizamiento causa distintos efectos debido a la naturaleza de cada producto, por otro lado Azcón y Talón (2013) aseguran que excesos o deficiencia de hormonas en las plantas puede provocar el traslado hacia otros lugares y generar efecto en zonas vegetales no deseadas. En cambio, la curva de la masa radicular y longitud de brotes evidencia cierta influencia de los productos hormonales. Si bien es cierto, la estadística nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la masa radicular y longitud de brotes, es evidente cierto comportamiento exponencial en la gráfica de los tratamientos en estudio.

La pitahaya a pesar de ser una planta domesticada desde épocas antiguas, ha tomado importancia y relevancia en los últimos 30 años, conforme con lo descrito por Verona *et al.* (2020) es así que, aun se requieren diversas investigaciones que permitan ampliar el conocimiento sobre la fisiología de esta planta, entre ellos el comportamiento del sistema radicular en diferentes condiciones ambientales, teniendo en cuenta que esta planta se adapta a diferentes zonas y climas.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se presentan las siguientes conclusiones

1. El número de raíces solo obtuvo efecto significativo a nivel de producto; las dosis y la interacción de producto con dosis, no influyeron estadísticamente en esta variable. Solo a los 90 días existieron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos en estudio. El producto que influyó en el número de raíces fue Root-Hor, el cual permitió obtener más de 5 raíces en promedio.
2. En cuanto al tamaño de raíces solo existieron diferencias significativas en el factor producto en los primeros 30 días. Por otro lado, el factor dosis y la interacción de productos con las dosis no tuvieron efecto sobre esta variable.
3. Sobre la masa radicular a los 30 días solo existieron efectos a nivel de producto e interacción de productos con las dosis; a los 60 días no existieron efectos significativos, en cambio a los 90 días solo existieron diferencias a nivel de productos, siendo Root-Hor superior a Max Rayz con más de 50 gramos de peso de raíces.
4. El análisis de la longitud de brotes a los 60 días encontró efectos significativos entre los tratamientos en estudio con el testigo, así como diferencias a nivel de producto e interacción de producto y dosis. En cambio, a los 90 días solo existieron diferencias significativas a nivel de producto, siendo Root-Hor superior a Max Rayz.
5. La curva de crecimiento para tamaño de raíces en cada uno de los tratamientos es muy similar y tiene una pendiente constante, en cuanto a la curva para la masa radicular, la pendiente para los tratamientos sugiere ligero comportamiento exponencial, en cambio la pendiente para el testigo es ligeramente constante.
6. El agente testigo tuvo un comportamiento estadísticamente igual que los tratamientos en estudio para cada una de las variables.

## **CAPITULO VI: RECOMENDACIONES**

- Según los resultados, se recomienda continuar investigaciones que permita la comparación de diversos productos comerciales que tengan otras concentraciones auxínicas, así como el uso de productos orgánicos debido a la creciente demanda de productos orgánicos
- Cabe destacar la relevancia de investigar múltiples combinaciones de ANA y AIB, que son las auxinas más importantes, de tal modo encontrar la dosis óptima con el costo mínimo.
- Si bien es cierto, en esta investigación fueron utilizados pocas unidades de muestreo por un tema de costos, para futuras investigaciones, se sugiere incrementar las unidades de muestreo para disminuir la variabilidad de los resultados
- Según la teoría científica, existe una relación directa entre el sistema radicular y el comportamiento de la parte aérea de las plantas, por ello se sugiere analizar la correlación que pueda existir entre variables del sistema radicular con el comportamiento de los brotes en pitahaya.
- En futuras investigaciones, se recomienda utilizar sustratos orgánicos los cuales puedan beneficiar el desarrollo de cladodios de pitahaya en etapa de vivero, de esa forma complementar la información sobre la propagación vegetativa de pitahaya.

## REFERENCIAS

- Aguilar, G (2015). *Evaluación de tres enraizantes y dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla (Cereus triangularis) (L.) Haw., en Yantzaza* (Tesis de grado) Universidad Nacional de Loja – Ecuador. Recuperado de:  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10031/1/TESIS%20GABY%20AGUILAR.pdf>
- Alberca, J. (2018). *Efecto individual y combinado de giberelinas, auxinas y citoquininas en la producción de germinado hidropónico de maíz (Zea mays) variedades “criollo” y “selva” en Lambayeque* (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3608/BC-TES-TMP-2416.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Azcón, J, y Talón, M (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Barcelona, España. Ediciones McGraw-Hill Interamericana. 520 p. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Balaguera, H.; Morales, E.; Almanza, P.; y Balaguera L, (2010). El tamaño del cladodio y los niveles de auxina influyen en la propagación asexual de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*. 4(1), Recuperado <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1222>
- Cáliz de Dios, H.; R. Castillo M.; A. Rodríguez C. y R. Castañeda C. (2005). *El cultivo de la pitahaya en el trópico*. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. 110 p. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Hector\\_Calix\\_De\\_Dios/publication/303611410\\_El\\_cultivo\\_de\\_la\\_pitahaya\\_en\\_el\\_tropico\\_Dragon\\_fruit\\_Hylocereus\\_cultivation\\_in\\_the\\_tropics/links/574a04dc08ae5c51e29e8bc9/El-cultivo-de-la-pitahaya-en-el-tropico-Dragon-fruit-Hylocereus-cultivation-in-the-tropics.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hector_Calix_De_Dios/publication/303611410_El_cultivo_de_la_pitahaya_en_el_tropico_Dragon_fruit_Hylocereus_cultivation_in_the_tropics/links/574a04dc08ae5c51e29e8bc9/El-cultivo-de-la-pitahaya-en-el-tropico-Dragon-fruit-Hylocereus-cultivation-in-the-tropics.pdf)
- Carranza, D. (2012). *Efectos de distintas concentraciones hormonales en la inducción de raíces en estacas de pimienta negra (piper nigrum)*. (Tesis de grado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2245>
- Cerqueda, H (2010) *Propagación sexual y asexual de pitahaya (Hylocereus spp)*. (Tesis de posgrado). Instituto Politécnico Nacional – México. Recuperado de:

[http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx/jspui/bitstream/LITER\\_CIIDIROAX/6/1/CERQUEDA%20REYES%20H%2c%202010.pdf](http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx/jspui/bitstream/LITER_CIIDIROAX/6/1/CERQUEDA%20REYES%20H%2c%202010.pdf)

Comercial Andina (2014). Ficha técnica. ROOT HOR. Recuperado de [http://www.grupoandina.com.pe/media/uploads/ficha\\_tecnica/roothor-ficha\\_tecnica\\_pdf.pdf](http://www.grupoandina.com.pe/media/uploads/ficha_tecnica/roothor-ficha_tecnica_pdf.pdf)

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2013). *Tecnología para el manejo de pitaya amarilla, Selenicereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Moran, en Colombia*. Manual técnico Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Martinez9/publication/322086641\\_Tecnologia\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_pitaya\\_amarilla\\_Selenicereus\\_megalanthus\\_K\\_Schum\\_ex\\_Vaupel\\_Moran\\_en\\_Colombia/links/5a43ed69a6fdcce19718b551/Tecnologia-para-el-manejo-de-pitaya-amarilla-Selenicereus-megalanthus-K-Schum-ex-Vaupel-Moran-en-Colombia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Martinez9/publication/322086641_Tecnologia_para_el_manejo_de_pitaya_amarilla_Selenicereus_megalanthus_K_Schum_ex_Vaupel_Moran_en_Colombia/links/5a43ed69a6fdcce19718b551/Tecnologia-para-el-manejo-de-pitaya-amarilla-Selenicereus-megalanthus-K-Schum-ex-Vaupel-Moran-en-Colombia.pdf)

Corres, A. (2009). *Efecto del fertirriego en la propagación sexual y asexual de la pitahaya (hylocereus undatus) bajo cultivo sin suelo*. (Tesis de grado). Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Recuperado de [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3482/921\\_2006\\_CIDIR-OAXACA\\_MAESTRIA\\_daniel\\_corres\\_antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3482/921_2006_CIDIR-OAXACA_MAESTRIA_daniel_corres_antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Esquivel, P y Araya, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1) 113-129. Recuperado de: <http://oaji.net/pdf.html?n=2017/4924-1495374112.pdf>

Fergie, N. (2019). Cultivo de Pitahaya en Piura abre grandes oportunidades. Recuperado de <https://infomercado.pe/cultivo-de-pitahaya-en-piura-abre-grandes-oportunidades/>

Fichet, T. (2018). Fitohormonas y Reguladores del Crecimiento Vegetal. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento>

Figuroa D. y Mollinedo, M.. (2017). *Actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de Hylocereus undatus "pitahaya" e identificación de los fitoconstituyentes*. (Tesis de grado). Universidad Wiener, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/925/TITULO%20%20Figuroa%20D%20c3%adaz%20Susana%20Lastenia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Garay, A; De la Paz, M; García, B; Álvarez, E y Gutierrez, C (2014). La homeostasis de la auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Revista de Educación Bioquímica*. Volumen 33(1) 13-22. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/reb/v33n1/v33n1a3.pdf>
- Guerrón, A. y Espinosa, E. (2014). *Evaluación de diferentes tipos de estacas al enraizamiento con la utilización de dos tipos de auxinas (ANA e IBA) con tres dosis para la producción de plantas de mora de castilla (Rubus glaucus Benth), Tumbaco-Quito, Ecuador*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Del Norte, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/03%20AGP%20169%20TESIS.pdf>
- Hernández, R.; Fernández, C, y Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hernández, M; Romero,L ; Rojas,E ; Zavala, W y Velázquez,C (2018). *Pitahaya- Plan de manejo agroecológico para su cultivo en la región de Hualachó-Maxcanú, Yucatán*. D.R. Universidad Autónoma Chapingo, estado de México. ISBN: 978-607-12-0496-7 Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Miguel\\_Hernandez-Alva/publication/324794511\\_PITAHAYA\\_PLAN\\_DE\\_MANEJO\\_AGROECOLOGICO\\_PARA\\_SU\\_CULTIVO\\_EN\\_LA\\_REGION\\_DE\\_HALACHO-MAXCANU\\_YUCATAN/links/5ae2b0730f7e9b28594a3595/PITAHAYA-PLAN-DE-MANEJO-AGROECOLOGICO-PARA-SU-CULTIVO-EN-LA-REGION-DE-HALACHO-MAXCANU-YUCATAN.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Miguel_Hernandez-Alva/publication/324794511_PITAHAYA_PLAN_DE_MANEJO_AGROECOLOGICO_PARA_SU_CULTIVO_EN_LA_REGION_DE_HALACHO-MAXCANU_YUCATAN/links/5ae2b0730f7e9b28594a3595/PITAHAYA-PLAN-DE-MANEJO-AGROECOLOGICO-PARA-SU-CULTIVO-EN-LA-REGION-DE-HALACHO-MAXCANU-YUCATAN.pdf)
- Huachi, L.; Yugsi, E.; Paredes, M.; Coronel, D.; Verdugo, K.; y Coba Santamaría, P. (2015). Desarrollo de la pitahaya (*Cereus SP.*) en Ecuador. *La granja: revista de ciencias de la vida*, 50. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5969836.pdf>
- Lezama, A.; Tapia, A.; Muñoz, G. y Zepada,V. (2009) El cultivo de la Pitahaya. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. Recuperado de [https://www.academia.edu/30647517/El\\_cultivo\\_de\\_la\\_Pitahaya](https://www.academia.edu/30647517/El_cultivo_de_la_Pitahaya)
- Medina, J. (2014). *Estimulación del enraizamiento en estacas de manzano con IBA acidificado y falta de oxigenación*. (Tesis de grado). Universidad Autónoma Antonio Narro. Recuperado de <https://docplayer.es/29495917-Ingeniero-agronomo-en-horticultura.html>

- Mendez, N. (2016). *Efecto de fitohormonas en la propagación vegetativa de Tectona Grandis L. F. "teca" en el vivero forestal de la unas.* (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1368/MMN\\_2016.PDF?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1368/MMN_2016.PDF?sequence=1&isAllowed=y)
- Mendez, C y Coello, A (2016). El cultivo de la pitaya. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife – España. Recuperado de: [http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt\\_624\\_pitaya.pdf](http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_624_pitaya.pdf)
- Montejo, M (2020). *Evaluación del efecto de sustrato y enraizadores en la propagación vegetativa de la pitahaya; Jacaltenango, Huehuetenango* (Tesis de grado) Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Recuperado de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Montejo-Marvin.pdf>
- Montesinos, J.; Rodríguez, L.; Ortiz, R.; Fonseca, M.; Ruíz, G.; y Guevara, F. (2015). Pitahaya (*hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 67. recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000500007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500007)
- Mora, D. (2012). El cultivo de Pitahaya en temporada invernal. Instituto Colombiano Agropecuario. Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2283>
- Rodríguez, P. (2019) *Efecto del ácido indolbutírico en la propagación vegetativa de la pitahaya amarilla (Selenicereus megalantus haw.) en diferentes sustratos bajo condiciones de vivero en Milpuc-Rodríguez de Mendoza* (Tesis de grado) Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Amazonas. Recuperado de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1772/Rodr%C3%ADguez%20Portocarrero%20Karina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, F (2020) *Efecto de dos enraizadores y una mezcla en la propagación de Hylocereus undatus en Santiago de Chuco, La Libertad* (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15691/Rojas%20Segovia%20Franklin%20Alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Román, G. (2014) *Efecto de la hormona AIB en el enraizamiento de estacas juveniles de Croton lechler Muell. Arg.* (Tesis de grado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2360/K10-R758-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Suárez, R. (2011). *Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla Selenicereus megalanthus (Haw.) Britt & Rose y pitahaya roja Hylocereus polyrhizus (Haw.) Britt & Rose.* (Trabajo de grado). Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/11054516.pdf>
- Taíz, L. y Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. 3ed. Castelló de la Plana, ES. Universitat Jaume. 2v. 600 p. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>
- Torres, C. (2015) *Propagación asexual de pitahaya (hylocereus undatus) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el Cantón Puerto Quito.* (Tesis de grado) Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Recuperado de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/483>
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2002). *Mejoramiento Genético de Plantas.* Recuperado de <http://www.uneditorial.net/uflip/Mejoramiento-genetico-de-plantas/pubData/source/Mejoramiento-genetico-de-plantas.PDF>
- Verona, A; Urcia, J y Paucar, L (2020). Pitahaya (*hylocereus* spp.): cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria* 11(3) 439 – 453. Recuperado de: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172020000300439&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000300439&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
- Veliz, C (2017). *Homonas ANA y AIB para la propagación asexual en esquejes de la Pitahaya Roja (Hylocereos undatus).* (Tesis de grado) Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2073/1/T-UTEQ-0060.pdf>
- Yurkanis, P (2015). *Fundamentos de química orgánica.* Editorial Person. 3° Edición. ISBN: 9788483229798
- Zaid, A.; Hughes, G.; Porceddu, E.; y Nicholas, F. (2004). *Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación.* Obtenido de organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación: Recuperado de <http://www.fao.org/3/y2775s/y2775s07.htm#bm07.1>
- Zeledón, E y Arauz, B (2020). *Micropropagación de pitahaya amarilla (Hylocereus undatus) a partir de semilla botánica.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Recuperado de <https://repositorio.una.edu.ni/4184/>

## TERMINOLOGÍA

- **Bioflavonoides.** Conocidos como vitamina p, se encuentra en la parte de color blanco de la piel de las frutas, contiene propiedades que ayudan a combatir dificultades circulatorios y problemas hemorrágico (Huachi *et al.*, 2015).
- **Cladodio.** Llamado también esqueje o estacas, se define como tallo comprimido y de forma laminar que reemplaza en sus funciones fotosintéticas a las hojas (Huachi *et al.*, 2015).
- **Dominancia apical:** Es el crecimiento que se produce en la zona apical del tallo principal, dicho crecimiento es mayor que en las ramas secundarias o terciarias (Taíz, y Zeiger, 2006).
- **Esqueje:** porción pequeña de un tallo, rama o raíz que fue extraída con la finalidad que produzca raíces, a diferencia de una estaca, el esqueje suele ser más pequeño (Azcón y Talón, 2013).
- **Etileno.** El etileno es una hormona vegetal que regula la maduración de los frutos, siendo la responsable del proceso de senescencia y finalmente, pérdida de valor nutricional y comercial (Taíz y Zeiger, 2006).
- **Genotipo:** Hace referencia a toda la información genética que poseen los organismos biológicos, estos caracteres fueron heredados de sus padres o progenitores (Azcón y Talón, 2013).
- **Hermafrodita:** Tipo de flor en la que se encuentra órganos masculinos (estambres) y femeninos (pistilo), también llamada flor perfecta (Azcón y Talón, 2013).
- **In vitro:** Tipo de propagación que permite la reproducción de plantas en frascos de vidrio bajo condiciones controladas en laboratorio (Zeledón y Arauz, 2020).
- **Micropropagación:** Consiste en la obtención de una nueva planta a partir de un fragmento de la planta madre, la nueva planta tendrá las mismas características manteniendo la descendencia (Cerqueda, 2010).
- **Ppm:** Partes por millón, unidad de medida de la concentración, e indica la existencia de “x” partes de peso/volumen en un millón de peso/volumen (Yurkanis, 2015).

## APÉNDICES

### Apéndice 1.

*Validación de supuestos del análisis de varianza para número de raíces a los 30 días*

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RAIZ Número de Raíces..	21	0.00	0.70	0.95	0.5638

*Fuente:* Elaboración propia

b) Homocedasticidad: Prueba de Levenne

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Número de Raíces	21	0.52	0.31	58.91

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,64	6	0,27	2,50	0,0739
Tratamientos	1,64	6	0,27	2,50	0,0739
Error	1,53	14	0,11		
Total	3,16	20			
Total	1,00	20			

*Fuente:* Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	RDUO	Numero de Raíces..	Dosis
RDUO _Numero de Raíces.		1,00	1,00
Dosis		0,00	1,00

*Fuente:* Elaboración propia.

## Apéndice 2.

Validación de supuestos del análisis de varianza para número de raíces a los 60 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RAIZ Número de Raíces..	21	0,00	0,73	0,92	0,1965

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levene

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Número de Raíces..	21	0,41	0,15	60,00

Fuente: Elaboración propia.

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,25	6	0,21	1,60	0,2203
Tratamientos	1,25	6	0,21	1,60	0,2203
Error	1,83	14	0,13		
Total	3,08	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	RDUO Numero de Raíces.	Dosis
RDUO Número de Raíces.	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

### Apéndice 3.

Validación de supuestos del análisis de varianza para número de raíces a los 90 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Número de Raíces	21	0,00	0,64	0,97	0,8417

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levene

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Número de Raíces	21	0,42	0,18	73,44

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,32	6	0,22	1,72	0,1896
Tratamientos	1,32	6	0,22	1,72	0,1896
Error	1,79	14	0,13		
Total	3,11	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	RDUO Numero de Raíces	Dosis
RDUO Número de Raíces	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 4

Validación de supuestos para análisis de varianza en tamaño de raíces a los 30 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO Tamaño de Raíces	21	0,00	0,94	0,96	0,7935

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levenne

Análisis de la varianza

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Tratamientos	2,61	6	0,43	1,66	0,2042
Error	3,67	14	0,26		
Total	6,28	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

	<u>RDUO Tamaño de Raíces</u>	<u>Dosis</u>
RDUO Tamaño de Raíces	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 5

Validación de supuestos del análisis de varianza para tamaño de raíces a los 60 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO Tamaño de Raíces	21	0,00	2,06	0,96	0,7882

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levenne

Análisis de la varianza

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Tratamientos	13,21	6	2,20	1,89	0,1536
Error	16,33	14	1,17		
Total	29,54	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

	<u>Dosis</u>	<u>RDUO</u>	<u>Tamaño de Raíces</u>
Dosis	1,00		1,00
RDUO Tamaño de Raíces	0,00		1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 6

Validación de supuestos del análisis de varianza para tamaño de raíces a los 90 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO Tamaño de Raíces	21	0,00	2,66	0,91	0,1185

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levene

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
RABS Tamaño de Raíces	21	0,52	0,31	52,15

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	19,98	6	3,33	2,50	0,0738
Tratamientos	19,98	6	3,33	2,50	0,0738
Error	18,63	14	1,33		
Total	38,61	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

	<u>RDUO Tamaño de Raíces</u>	<u>Dosis</u>
RDUO Tamaño de Raíces	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 7

Validación de supuestos del análisis de varianza para masa radicular ( $\sqrt{x}$ ) a los 30 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RAIZ Masa Radicular	21	0,00	0,11	0,94	0,4898

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levenne

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS RAIZ Masa Radicular	21	0,42	0,16	70,74

Fuente: Elaboración propia.

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	6	0,01	1,66	0,2040
Tratamientos	0,04	6	0,01	1,66	0,2040
Error	0,05	14	3,9E-03		
Total	0,09	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

	RDUO RAIZ Masa Radicular	Dosis
RDUO RAIZ Masa Radicular	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 8

Validación de supuestos del análisis de varianza para masa radicular ( $\sqrt{x}$ ) a los 60 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RAIZ Masa Radicular	21	0,00	0,78	0,90	0,0800

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levene

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS RAIZ Masa Radicular	21	0,15	0,00	62,36

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,41	6	0,07	0,40	0,8692
Tratamientos	0,41	6	0,07	0,40	0,8692
Error	2,43	14	0,17		
Total	2,84	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

	RDUO RAIZ Masa Radicular	Dosis
RDUO RAIZ Masa Radicular	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 9

### Validación de supuestos del análisis de varianza para masa radicular a los 90 días

- a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Masa Radicular	21	0,00	5,39	0,94	0,5158

Fuente: Elaboración propia.

- b) Homocedasticidad: Prueba de Levene

#### Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	58,58	6	9,76	1,55	0,2347
Error	88,45	14	6,32		
Total	147,03	20			

Fuente: Elaboración propia.

- c) Independencia de los errores

	RDUO Masa Radicular	Dosis
RDUO Masa Radicular	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 10

Validación de supuestos del Análisis de varianza para longitud de brote ( $\sqrt{x}$ ) a los 60 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RAIZ Longitud del Bro..	21	0,00	0,63	0,96	0,6850

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levenne

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS RAIZ Longitud del Bro..	21	0,53	0,33	70,01

Fuente: Elaboración propia.

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,77	6	0,29	2,67	0,0611
Tratamientos	1,77	6	0,29	2,67	0,0611
Error	1,55	14	0,11		
Total	3,32	20			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

	RDUO RAIZ Longitud del Brote	Dosis
RDUO RAIZ Longitud del Brote	1,00	1,00
Dosis	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 11

Validación de supuestos del análisis de varianza para longitud de brote a los 90 días

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO Longitud del Brote	21	0,00	6,54	0,97	0,9277

Fuente: Elaboración propia.

b) Homocedasticidad: Prueba de Levene

Análisis de la varianza

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Tratamientos	128,31	6	21,39	2,17	0,1090
Error	137,96	14	9,85		
<b>Total</b>	<b>266,27</b>	<b>20</b>			

Fuente: Elaboración propia.

c) Independencia de los errores

	<u>RDUO Longitud Brote</u>	<u>Dosis</u>
RDUO Longitud del brote	1,00	1,00
<u>Dosis</u>	<u>0,00</u>	<u>1,00</u>

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 12

Registro fotográfico durante la ejecución de la investigación



Implementación para el tinglado del vivero. *Fuente:* Elaboración propia.



Vista exterior del vivero. *Fuente:* Elaboración propia.



Acondicionamiento e identificación de los tratamientos. *Fuente:* Elaboración propia.



Presencia de raíces en la primera evaluación. *Fuente:* Elaboración propia.



Pesado de raíces en la segunda evaluación. *Fuente:* Elaboración propia.



Longitud de brotes en la tercera evaluación. *Fuente:* Elaboración propia.

## Apéndice 13

Registro de datos primera evaluación (26-06-2020)

		Número de raíces		Tamaño de raíces (cm)		Masa radicular (g)		Longitud del brote (cm)	
		Planta	Promedio	Planta	Promedio	Planta	Promedio	Planta	Promedio
TESTIGO	R1	4		1,08		1,2		0,4	
		5	4,667	4,58	3,167	1,5	1,550	0	0,283
		5		3,84		1,95		0,45	
	R2	3		3,37		1		0	
		6	4,33	3,3	4,297	0,7	1,667	0	0,100
		4		6,22		3,3		0,3	
	R3	3		1,87		0,2		0	
		3	3,00	4,17	3,640	0,8	1,867	0	0,100
		3		4,88		4,6		0	
T1	R1	3		4,4		0,3		0,1	
		1	2,333	2,1	3,710	1	0,900	0	0,200
		3		4,63		1,4		0,5	
	R2	3		6,6		2,2		0	
		3	4,00	3,25	5,090	0,6	1,367	0	0,000
		6		5,42		1,3		0	
	R3	1		0,4		0		0,8	
		4	2,667	3,18	2,493	0,5	0,567	0	0,267
		3		3,9		1,2		0	
T2	R1	1		1		0		0	
		1	2,000	0,5	2,460	0	0,667	0	0,000
		4		5,88		2		0	
	R2	2		1,7		0		0	
		3	2,333	4	2,567	0,8	0,333	0	0,000
		2		2		0,2		0	
	R3	1		0,9		0,2		0	
		3	1,333	3,6	1,500	0,4	0,200	0	0,000
		0		0		0		0	
T3	R1	3		0,57		0,1		0	
		1	2,667	1	1,233	0	0,333	0	0,000
		4		2,13		0,9		0	
	R2	1		0,9		0		0	
		3	2,000	3,57	1,590	0,7	0,233	0	0,000
		2		0,3		0		0	

(Continuación)

		1		3,6		0,1		0	
	R3	2	2,000	1,8	2,933	0,08	0,260	0,3	0,100
		3		3,4		0,6		0	
		6		2,98		1		0	
	R1	5	5,67	4,15	4,97	2	3,000	0,5	0,833
		6		7,78		6		2	
		7		4,4		2		0	
T4	R2	7	6,333	5,2	3,93	6	2,833	0	0,000
		5		2,2		0,5		0	
		3		1,57		0,6		0	
	R3	6	6,00	2,92	3,23	3,2	2,567	0	0,100
		7		5,2		3,9		0,3	
		7		4,74		3		0	
	R1	9	7,33	4,26	4,24	2	3,333	0	0,133
		6		3,72		5		0,4	
		9		4,5		3,7		1,35	
T5	R2	6	7,000	3,5	3,37	3,4	2,733	0	0,450
		6		2,1		1,1		0	
		4		8,33		0,6		0,3	
	R3	4	4,333	4,23	7,25	1,2	2,633	0,2	0,233
		6		9,2		6,1		0,2	
		6		1,2		2,6		0	
	R1	8	6,667	4,2	2,68	3,4	2,867	0	0,000
		6		2,63		2,6		0	
		5		3,3		5		0	
T6	R2	6	5,67	5,5	3,50	5	4,000	0,5	0,167
		6		1,7		2		0	
		8		6,2		8		1,1	
	R3	6	7,33	3,8	4,49	2	3,933	0	0,533
		8		3,48		1,8		0,5	

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 14

Registro de datos segunda evaluación (29-07-2020)

		Número de raíces		Tamaño de raíces (cm)		Masa radicular (g)		Longitud del brote (cm)		
		Planta	Promedio	Planta	Promedio	Planta	Promedio	Planta	Promedio	
TESTIGO	R1	5		5,97		4		14,85		
		4	5,000	12,44	11,867	20	15,000	25,5	20,617	
		6		17,19		21		21,5		
	R2	4		20,58		42		22,7		
		3	4,000	13,9	18,207	10	29,667	22,5	18,600	
		5		20,14		37		10,6		
	R3	6		23		18		13,75		
		7	6,333	20	20,393	27	24,333	25	22,917	
		6		18,18		28		30		
		4		17,48		24		1,2		
T1	R1	8	5,000	15,01	16,340	22	19,667	15,25	5,483	
		3		16,53		13		0		
		5		17,72		31		26		
	R2	7	5,333	17,74	17,447	27	24,667	26,5	20,500	
		4		16,88		16		9		
	R3	5		23,96		12		1,2		
		4	4,000	18,65	18,913	10	9,667	3	1,467	
		3		14,13		7		0,4		
		3		5,13		0,8		0		
	T2	R1	5	4,333	18,44	10,530	13	6,600	29	9,667
5				8,02		6		0		
6				9,45		11		0		
R2		5	4,667	15,58	10,610	27	15,000	9,5	3,167	
		3		6,8		7		0		
R3		5		13,2		18		5,5		
		4	4,667	17,13	14,723	31	22,667	21	16,667	
		5		13,84		19		23,5		
T3		R1	2		6,7		10		1	
			5	4,667	11,42	11,417	13	17,000	0	5,167
	7			16,13		28		14,5		
	R2	5		16,64		30		20,5		
		5	4,667	16,84	17,220	23	22,333	21	21,833	
		4		18,18		14		24		

(Continuación)

		4		7,8		3		13	
	R3	5	4,67	16,4	14,213	6	6,333	15,4	18,800
		5		18,44		10		28	
		6		17,82		45		20,5	
	R1	9	7,000	13,13	15,46	26	29,667	6,5	16,000
		6		15,42		18		21	
		7		13,58		17		26,8	
T4	R2	7	7,33	17,49	14,80	20	16,667	40,6	23,050
		8		13,34		13		1,75	
		7		16,5		19		20	
	R3	8	7,333	13,51	13,26	18	16,000	19,2	17,067
		7		9,77		11		12	
		7		15,74		29		31	
	R1	5	7,000	12,5	15,23	14	25,333	23,2	23,000
		9		17,46		33		14,8	
		7		16,95		21		28	
T5	R2	5	6,000	13,26	14,08	19	19,333	23,5	22,850
		6		12,04		18		17,05	
		7		16,01		14		10	
	R3	6	7,333	20,5	17,58	15	15,333	23,75	19,050
		9		16,22		17		23,4	
		7		11,1		5		0	
	R1	5	7,000	16,94	14,16	7	9,333	0	13,167
		9		14,43		16		39,5	
		5		15,68		11		20	
T6	R2	9	5,667	12,13	14,28	15	14,000	16,2	12,067
		3		15,03		16		0	
		5		15,48		20		26,6	
	R3	6	6,00	19,5	16,97	32	25,667	16,8	21,300
		7		15,94		25		20,5	

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 15

Registro de datos tercera evaluación (29-08-2020)

	Número de raíces		Tamaño de raíces (cm)		Masa radicular (g)		Longitud del brote (cm)		
	Planta	Promedio	Planta	Promedio	Planta	Promedio	Planta	Promedio	
TESTIGO		3		24,6		38		65	
	R1	4	4,000	28,4	27,767	43	39,000	40	48,333
		5		30,3		36		40	
		5		29,8		41		50	
	R2	4	4,667	26,75	27,183	38	35,667	49	51,667
		5		25		28		56	
		3		30		38		37	
	R3	3	2,667	35	31,083	34	44,000	65	38,000
		2		28,25		60		12	
T1		5		22,04		39		52	
	R1	3	5,333	34,67	26,547	51	46,000	46	50,000
		8		22,93		48		52	
		7		34,36		45		40	
	R2	4	5,333	23,28	28,597	30	40,000	37,6	42,533
		5		28,15		45		50	
		5		24,7		23		16	
	R3	7	5,000	29,6	24,667	50	37,333	43	32,333
		3		19,7		39		38	
T2		8		42		53		46	
	R1	1	4,667	18,06	29,253	24	46,000	0,5	33,833
		5		27,7		61		55	
		3		20		29		6	
	R2	3	4,000	19,28	23,593	29	31,333	36,5	28,667
		6		31,5		36		43,5	
		5		24,9		28		51	
	R3	3	4,000	35	28,975	42	34,333	33	37,100
		4		24,5		33		27,3	
T3		4		30,63		58		80	
	R1	4	4,333	23,5	30,627	48	45,333	54	44,833
		5		37,75		30		0,5	
		5		20		28		10	
	R2	3	4,667	20,67	21,817	52	42,000	41	35,667
		6		24,78		46		56	

(Continuación)

		6		28,74		45		65	
	R3	5	4,333	29,77	25,437	30	30,000	26,5	37,167
		2		17,8		15		20	
		6		25,5		55		20	
	R1	5	6,000	29,6	29,33	61	62,000	51	39,333
		7		32,9		70		47	
		7		27,21		64		66	
T4	R2	4	4,667	26	23,96	42	44,000	38	44,333
		4		18,67		26		29	
		6		20,12		54		36,5	
	R3	3	5,333	30,87	24,23	40	47,333	20	34,833
		7		21,71		48		48	
		8		23,88		60		32	
	R1	5	6,333	23,25	25,21	35	58,667	47	48,000
		6		28,5		81		65	
		7		24,2		55		65,2	
T5	R2	7	7,667	24,7	23,36	75	58,333	21	45,400
		9		21,18		45		50	
		5		31,02		47		46	
	R3	8	6,000	22,54	29,40	47	52,333	60	55,000
		5		34,64		63		59	
		4		32,2		50		23	
	R1	5	5,333	24,4	26,30	40	43,333	48	39,333
		7		22,29		40		47	
		5		25,5		38		56	
T6	R2	6	5,000	21,33	25,61	31	41,333	54	63,333
		4		30		55		80	
		5		23,6		38		55	
	R3	6	5,667	23,5	24,76	41	50,667	50	57,667
		6		27,17		73		68	

Fuente: Elaboración propia.