



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
**CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS**  
**A NIVEL DE PREGRADO 2020**



**Propagación asexual de dos especies de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), haciendo uso de tres sustratos en condiciones de vivero**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo**

**AUTOR:**

**Kirchen Lleli Tuanama Shupingahua**

**ASESOR:**

**Ing. M.Sc. Marvin Barrera Lozano**

**Tarapoto – Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
**CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS**  
**A NIVEL DE PREGRADO 2020**



**Propagación asexual de dos especies de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), haciendo uso de tres sustratos en condiciones de vivero**

**AUTOR:**

**Kirchen Lleli Tuanama Shupingahua**

**Sustentada y aprobada el 19 de noviembre del 2021, ante el honorable jurado:**

.....  
Ing. M.Sc. Elías Torres Flores  
Presidente

.....  
Ing. M.Sc. Geomar Vallejos Torres  
Miembro

.....  
Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez  
Secretario

.....  
Ing. M.Sc. Maryin Barrera Lozano  
Asesor

## Declaratoria de autenticidad

**Kirchen Lleli Tuanama Shupingahua**, con DNI N° 46232979, egresado de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Propagación asexual de dos especies de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer)**, haciendo uso de tres sustratos en condiciones de vivero.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mí accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 19 de noviembre del 2021.



.....  
**Bach. Kirchen Lleli Tuanama Shupingahua**

DNI N° 46232979

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	TUANAMA SHUPINGAHUA KIRCHEN LLELI		
Código de alumno :	071182	Teléfono:	956977221
Correo electrónico :	jirchencitotsh@gmail.com		DNI: 46232979

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de:	AGRONOMIA

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título:	PROPAGACIÓN ASEXUAL DE DOS ESPECIES DE PITAHAYA (Hylocereus Undatus (Haw) Britton y Rose, Hylocereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel), HACIENDO USO DE TRES SUSTRATOS EN CONDICIONES DE VIVERO.
Año de publicación:	2021

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

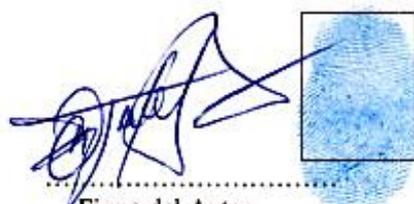
## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

14 / 01 / 2022

  
  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología  
e Innovación de Acceso Abierto - UNSM  
  
Ing. M.Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

**\* Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## Dedicatoria

*A mis queridos padres: **Marino Tuanama Vega** y **madrecita Sibelith shupingahua** salas que me guía desde el cielo, quienes, con su infinito amor, sacrificio, perseverancia me brindaron su apoyo incondicional para lograr una de mis metas propuestas.*

*A mis hermanos **Giannina Tuanama**, **Betty Tuanama** y **Anita Tuanama** por ese estímulo que me brindan a crecer cada día como profesional y ser humano.*

## **Agradecimiento**

- A Dios, por permitir que exista; y a mis padres por sus consejos, enseñanzas, apoyo moral y económico durante toda mi vida que me formaron a ser una persona de bien con principios y valores para servir a la sociedad.
  
- A la Universidad Nacional de San Martín – T, en especial a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, que contribuyeron a mi formación profesional en el campo de Agronomía.
  
- A la oficina de investigación y desarrollo por permitirme y brindarme el solvento económico para el desarrollo de mi trabajo de investigación.
  
- Al Ing. M. Sc. Marvin Barrera Lozano por su asesoramiento en el proceso de desarrollo de mi trabajo de investigación.
  
- A mis familiares y amigos, quienes siempre me apoyaron en mi formación profesional y a los que me apoyaron incondicionalmente en la realización de mi tesis, con gran espíritu y calidad humana.

## Índice

	Pág.
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	1
CAPÍTULO I	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Bases teóricas	6
1.2.1. Generalidades del cultivo de pitahaya	6
1.2.2. Clasificación taxonómica y descripción botánica	6
1.2.3. Requerimientos ambientales	6
1.2.4. Morfología	7
1.2.5. Propagación de la pitahaya	8
1.2.6. Métodos de propagación	9
1.2.7. Reproducción del material de siembra	10
1.2.8. Tipos de sustrato	11
1.2.9. Propiedades de los sustratos	12
1.2.10. Condiciones de los viveros	13
CAPÍTULO II	14
MATERIAL Y MÉTODOS	14
2.1. Tipo y nivel de investigación	14
2.1.1. Tipo de investigación	14
2.1.2. Nivel de investigación	14
2.2. Diseño de investigación	14
2.3. Población y muestra	14
2.3.1. Población	14
2.3.2. Muestra	14
2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos	15
2.4.1. Fuente primaria	15
2.4.2. Fuentes secundarias	15

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	15
2.5.1. Diseño experimental	16
2.6. Materiales y métodos	17
2.6.1. Materiales	17
2.6.2. Ubicación del experimento	17
2.6.3. Área del terreno y distribución de las unidades experimentales	18
2.7. Evaluaciones realizadas	21
2.7.1. Número de brotes	21
2.7.2. Longitud de brotes (cm )	21
2.7.3. Diámetro de brotes (cm)	21
2.7.4. Longitud de raíz (cm)	22
2.7.5. Peso seco de raíces (g).	22
CAPÍTULO III	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1. Resultados	23
3.1.1. Número de brotes a los 120 después de la siembra.	23
3.1.2. Longitud de brotes (cm) a los 120 después de la siembra.	26
3.1.3. Diámetro de brotes (mm) a los 120 días después de la siembra	31
3.1.4. Longitud de raíz (cm) a los 120 días después de la siembra.	35
3.1.5. Peso de las raíces a los 120 días después de la siembra	39
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	50

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Tratamientos del ensayo experimental	16
Tabla 2. Diseño de parcelas y sub parcelas a ubicar en el vivero.	16
Tabla 3. Características del campo experimental.	18
Tabla 4. Análisis de variancia para el número de brotes a los 120 después de la siembra (datos transformados $\sqrt{(x+1)}$ ) McCune y Grace (2002).	23
Tabla 5. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para el número de brotes a los 120 días después de la siembra	24
Tabla 6. Análisis de variancia para la longitud de brotes a los 120 después de la siembra (datos transformados $\sqrt{x}$ ) McCune y Grace (2002).	26
Tabla 7. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para la longitud de brotes a los 120 días después de la siembra.	28
Tabla 8. Análisis de variancia para el diámetro de brotes a los 120 después de la siembra. (datos transformados $\sqrt{x}$ ) McCune y Grace (2002).	31
Tabla 9. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para el diámetro de brotes a los 120 días después de la siembra.	33
Tabla 10. Análisis de variancia para la longitud de la raíz (cm) a los 120 después de la siembra	35
Tabla 11. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (Interacción A*B) para para la longitud de raíz (cm)a los 120 días después de la siembra	37
Tabla 12. Análisis de variancia para el peso de la raíz a los 120 después de la siembra. (Datos transformados $\sqrt{x}$ ) McCune y Grace (2002).	39
Tabla 13. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para el peso de la raíz (g) a los 120 días después de la siembra	41

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Medición de la longitud de brotes cm.	21
Figura 2. Medición de diámetro de brote.	21
Figura 3. Medición de longitud de raíz (cm).	22
Figura 4. Pesado de raíces secas (g).	22
Figura 5. Prueba de comparación de medias de DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el número de brotes por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra	23
Figura 6. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el número de brotes por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra	24
Figura 7. Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para número de brotes a los 120 días después de la siembra	25
Figura 8. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para la longitud de brotes por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra	27
Figura 9. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para la longitud de brotes por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra	27
Figura 10. Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para la longitud de brotes a los 120 días después de la siembra	28
Figura 11. Crecimiento de longitud de brotes (cm) en función del tiempo	29
Figura 12. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el diámetro de brotes por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra	32
Figura 13. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el diámetro de brotes por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra	32
Figura 14. Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para el diámetro de brotes a los 120 días después de la siembra.	33
Figura 15. Diámetro de brotes en función del tiempo en días.	34

Figura 16. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para la longitud de raíz (cm) por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra	36
Figura 17. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para para la longitud de raíz (cm) por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra	37
Figura 18. Prueba DUNCAN $\alpha=5\%$ (interacción A*B) para para la longitud de raíz (cm)a los 120 días después de la siembra	38
Figura 19. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el peso de la raíz (g) por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra	40
Figura 20. Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el peso de la raíz (g) por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra	41
Figura 21. Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A*B) para el peso de la raíz (g) a los 120 días después de la siembra	42

## Resumen

La investigación en el cultivo de pitahaya es de suma importancia en la amazonia peruana como promisorio, la investigación titulada propagación asexual de dos especies de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), haciendo uso de tres sustratos en condiciones de vivero. La investigación se realizó en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto, Provincia de San Martín, la cual tenía como objetivo determinar la mejor respuesta del desarrollo del esqueje de pitahaya, especies (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), a los tres tipos de sustratos en condiciones de vivero, bajo un diseño experimental completamente al azar DCA con arreglo factorial 3 x 2, compuesto por tres sustratos y dos especies de pitahaya y 8 tratamientos con 3 repeticiones las evaluaciones se realizaron por un periodo de 120 días en condiciones de vivero. Los resultados reportados por los indicadores de la variable dependiente son no significativos, en cuanto a número de brotes no se logró más de un brote, longitud de brotes fue de 22,92 cm en la variedad roja, y amarilla 21,75 cm, diámetro de brotes (mm) la variedad roja alcanzo 18,44 mm y la amarilla 18.01 mm, longitud de raíz de 33,94 cm de la especie roja, y peso de raíces fue de 1,08 g. En algunos indicadores evaluados se obtuvieron resultados muy prometedores donde se determinó que la utilización de aserrín mostro resultados más bajos, en cuanto a especies con mejor respuesta es la amarilla cuyos resultados están compitiendo con otras investigaciones, que utilizaron diferentes sustratos y enraizadores.

**Palabras clave:** Esqueje, cladodio, brotes, raíz, peso.

## Abstract

Research on the cultivation of pitahaya is of utmost importance in the Peruvian Amazon as promising culture, the research is entitled “asexual propagation of two species of pitahaya *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer)”, using three substrates in nursery conditions. The research was carried out at the University Campus of the National University of San Martin - Tarapoto, Province of San Martin, with the objective of determining the best response of pitahaya scion development, species (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), to the three types of substrates in nursery conditions, under a completely randomized experimental design CRD with 3 x 2 factorial arrangement, composed of three substrates and two species of pitahaya and 8 treatments with 3 replications, the evaluations were carried out for a period of 120 days under nursery conditions. The results reported for the indicators of the dependent variable are not significant, in terms of number of shoots no more than one shoot was achieved, shoot length was 22.92 cm in the red variety, and 21.75 cm in the yellow variety, for shoot diameter (mm) the red variety reached 18.44 mm and the yellow one 18.01 mm, root length was 33.94 cm for the red species, and root weight was 1.08 g. In some indicators evaluated, very promising results were obtained where it was determined that the use of sawdust showed lower results, as for species with better response is the yellow one whose results are competing with other research, which used different substrates and rooting agents.

**Key words:** Scion, cladode, shoot, root, weight.



## Introducción

El cultivo de pitahaya en el Perú tiene mucha importancia debido a que crea nuevos puestos de trabajo lo cual tiene una repercusión directa en el desarrollo económico de los productores dedicados a este cultivo, además se convierte en un medio para la conservación y preservación de los recursos nativos (Montesinos *et al.*, 2015) y de este modo se puede promocionar las diferentes prácticas agronómicas que tienen origen en los conocimientos tradicionales y adaptados según el medio geográfico.

El fruto de la pitahaya conocida comúnmente como fruta del dragón, es llamado así en muchos lugares y tiene mucha aceptación en los mercados nacionales como internacionales. Su estructura exterior llama la atención en el mercado, presentando un fruto globoso, de forma elipsoidal a aovada, de 10 a 12 cm de diámetro (Centurión *et al.*, 2008).

En la Región San Martín a través del Gobierno Regional de San Martín se está fomentando y promocionando el cultivo de pitahaya, impulsando por medio de cooperativas, asociaciones y a través de la empresa privada.

El cultivo de pitahaya se inició en la región Amazonas mucho antes que en la región San Martín, quienes ya están trabajando desde el año 2016 asesorados por Sierra y Selva Exportadora del Ministerio de Agricultura. Hasta el momento dicho cultivo se ha expandido a otras zonas del país donde encontramos en la sierra de Piura, Chanchamayo (Junín). La producción es para el mercado nacional, pero existen mercados potenciales para la exportación tales como Francia y Holanda los cuales son mercados europeos y también los mercados potenciales de Asia y Norteamérica.

Orozco *et al.* (2009), indica que la pitahaya se puede consumir como fruta fresca y su sabor distintivo es dulce donde podemos encontrar una muy buena fuente nutricional proviene de su alto contenido de vitaminas B, C y E. Su primera producción del cultivo es de 3 a 4 frutos después de un año y medio, al alcanzar el quinto año la producción por planta es de 4.5 kg en promedio (Molina *et al.*, 2009).

El cultivo mencionado tiene dos formas de propagarse la primera se realiza a través de semillas y segundo por medio de esquejes, la primera forma no es muy recomendable por el tiempo que le toma a cada planta en tener las condiciones necesarias para ser

trasplantada en campo, esto implica también muchos cuidados y tardan de 4 a 6 años en llegar a su etapa reproductiva, pero a través de esquejes o estacas sí es muy utilizada (Montesinos *et al.*, 2015). Por ende, la reproducción por estacas es la más recomendada por presentar un mejor enraizamiento para la obtención de plantas de pitahaya.

Al propagarse de forma asexual se obtiene plantas adultas con buen vigor (plantas sanas, productivas) de 10 años aproximadamente de edad. Actualmente los estudios sobre propagación, no han logrado una supervivencia de plantas óptima y un buen sustrato de las dos especies de pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer) (Verona *et al.* (2020).

La presente investigación, que se desarrolló en el Distrito de Morales - Región San Martín, específicamente en el vivero de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, tuvo como objetivo general determinar la mejor respuesta del desarrollo del esqueje de pitahaya, especies (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), a los tres tipos de sustratos en condiciones de vivero, y como objetivos específicos se buscó evaluar el efecto de la interacción de los 3 tipos de sustrato en la propagación asexual de dos especies de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer) y determinar el tipo de sustrato que genere mejores resultados en la propagación asexual de estas dos especies de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer).

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

Suárez (2011), realizó la evaluación de tres tipos de propagación (semilla sexual, estacas de tallo y explantes) *Selenicereus megalanthus* (haw.) Britt & Rose y (*Hylocereus polyrhizus* (Haw.) Britt & Rose, evaluando el porcentaje de humedad, germinación y viabilidad de la semilla. Evaluando en campo la brotación y enraizamiento de estacas durante seis meses en el Valle del Cauca y La Tebaida ubicada en Quindío y en condiciones de invernadero Armenia, en el cual determinaron el efecto del tamaño (50 y 100 cm de longitud), la presencia/ausencia del ápice y la exposición de 20 cm del haz vascular en la parte basal de la misma. Los resultados reportan que la pitahaya roja tiene menor tiempo de germinación de semillas entre 4 a 7 días y la especie amarilla tarda hasta 9 días. En ambas especies presentan tendencias de variabilidad y características morfo anatómicas de la especie. Las estacas con 100 cm que tenían los haces vasculares expuestos, los brotes alcanzaron mayor longitud y la especie roja alcanzo mayor cantidad de brotes por estaca. Con el medio de cultivo M3 (BAP + Kinetina 2 mg/L) para explantes obtuvieron entre cuatro y 11 brotes de cuatro cm de longitud en un periodo de 30 días a partir de explantes de cladodio con segmentos apicales e intermedios. Observó formación de callo en todos los medios, con mayor cantidad en el medio con altas concentraciones de ANA.

Investigaciones realizadas por Balaguerra et al. (2011) quienes evaluaron en condiciones de vivero y en dos tamaños de cladodio (40 y 60 cm de altura) para la propagación asexual de pitahaya durante 90 días, evaluaron el efecto de 4 concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) (0, 1500, 3000 ó 4500 mg L<sup>-1</sup>) con un diseño DCA, obteniéndose mejores resultados al generar mayor enraizamiento, número de raíces y brotes, longitud de raíces y brotes, masa fresca y seca de raíz y brotes; por lo tanto, este tratamiento es recomendable para la propagación asexual de pitajaya, concluye que la propagación asexual de la especie de pitahaya es mucho más eficiente a través de la inmersión de los esquejes de 60 cm en AIB a concentración de 4500 mg/l<sup>-1</sup> lo cual garantiza prendimiento y un sistema radicular de mayor calidad y se incrementa en número de brotes.

Investigaciones ejecutadas por Aguilar (2015), para probar la efectividad de tres enraizantes (ANA, estiércol bovino enriquecido con fósforo y dos cepas de *Trichoderma harzianum* ThLE24 y ThLE26) y dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de

pitahaya amarilla (*Selenicereus triangularis* L.) haw., en condiciones de vivero Loja - Ecuador. Para lo cual sus pruebas se basaron en un diseño de bloques al azar con arreglo bifactorial. Los resultados reflejaron que los cladodios de 50 cm fueron los de mejores resultados frente a los de 30 cm, donde se puede notar una influencia directa en los indicadores de longitud de brotes (101.52 cm), peso de brotes (122.98 g), número de raíces (6.21) y peso de raíces (13.62 g). Señalando que para propagar pitahaya se recomienda utilizar cladodios de 50 cm. Como conclusión señala que no existe efecto significativo de los enraizantes en la propagación de pitahaya.

Montoya & Umanzor (2013), en su tesis denominada “Evaluación de diferentes sustratos usados en la propagación de las especies de nopal (*Opuntia ficus indica* L.) y pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt et Rose.), Managua, cuyo objetivo fue detectar si los diversos tratamientos afectan la cantidad de brotes y raíces y ver efectos en la longitud, biomasa, diámetro y cantidad de raíces emitidas en los cultivos nopal y pitahaya, también se buscó determinar el sustrato adecuado para cada cultivo, realizaron la comparación de los costos de producción versus la ganancia neta. En los tratamientos se utilizaron humus de lombriz y suelo (50 % : 50 %) lodo industrial más suelo (50 % : 50 %) y arena (100 %). La investigación se desarrolló bajo modelo de 4 bloques cada uno con una línea de nopal y otra de pitahaya con diez observaciones por tratamiento, se buscó comparar la incidencia de los diferentes sustratos en la generación de brotes, diámetro, número de raicillas y biomasa en los dos cultivos. Después de 63 días observaron que el humus de lombriz, compost y lodo industrial tiene efecto significativo en las variables, pero el sustrato arena mostro mejores resultados en diámetro de raíz, biomasa y peso seco en ambas especies.

Corres (2009) evaluó diferentes soluciones nutritivas y sustratos tanto en plántulas y estacas de la especie *Hylocereus undatus* Haworth, donde realizó dos experimentos uno en laboratorio el cual se ensayó 3 concentraciones de fosforo y 5 sustratos en el crecimiento y desarrollo de plántulas provenientes de semillas sexual y cuidadas dentro de cámara de germinación. El segundo experimento se evaluó 4 tamaños de partículas de arena “sustrato” y 5 soluciones nutritivas para el crecimiento y desarrollo de esquejes. Los resultados que obtuvo señalan que crecimiento de 8.7 cm en la combinación de arena-agrolita, el tamaño máximo en la raíz se logró con el suelo convencional de 6.47 cm y en crecimiento de brotes la agrolita logró mayores cantidades. En conclusión, los elementos nutritivos incorporados por fertirrigación incrementa el número de brotes su crecimiento y peso fresco, la propagación por esquejes tiene mejor respuesta frente a la realizada por semilla sexual.

Cerqueda (2012), realizó evaluaciones de germinación de semillas de tres ecotipos de pitahaya (*Hylocereus* spp.) y la propagación a través de esquejes de *Hylocereus undatus* utilizando como sustrato soluciones nutritivas de (arena, aserrín y composta) en México. Durante ocho meses consecutivos se realizó la evaluación para evaluar el poder germinativo de semillas de tres ecotipos de (*Hylloreceus undatus*, *Hylocereus polyrhizus*, *Hylocereus* sp), para lo cual se utilizó cámaras con luz con un tiempo de 12 horas luz y con temperatura durante el día 23 a 30 °C y durante la noche de 10 a 15 °C. El diseño utilizado fue DCA con tres repeticiones. El segundo experimento fue la propagación de estacas del ecotipo *H. undatus* en condiciones de campo, para lo cual se utilizó tres sustratos arena, aserrín y compostas las cuales tenían dos soluciones nutritivas, distribuidas en un diseño DCA de 2 x 3 con cinco repeticiones. En conclusión, menciona que las soluciones nutritivas no muestran diferencias significativas en la longitud y número de raicillas, pero si existe diferencias en la emisión de brotes. El sustrato a base de fibra de coco en un periodo de 2 meses si le permitió obtener cladodios enraizados y con brotes para ser llevados a campo.

Márquez *et al.* (2011) evaluaron sustratos elaborados con mezclas entre compostas, biocomposta y vermicomposta, y sustratos inertes, arena y perlita, a diferentes niveles, para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero. Por la cual las cuatro mezclas sobresalientes fueron vermicompostas al 50% más arena, así como perlita al 37 % y 50 % además de biocomposta al 37 % más perlita, con una media de 91.42 t ha, es decir 9.14 veces más, al obtenido en producciones de tomate orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.

Investigación realizada por Chocaca (2019) donde evaluó la interacción de 3 tipos de sustratos; Franco árenos constituido por arena de río y tierra agrícola (75 % y 25%). Enriquecido: arena + Turba + humus de lombriz (50 %, 25 % y 25 %); franco arcilloso: tierra agrícola + humus de lombriz (75 %, 25 %) y un testigo tradicional con dos tamaños de cladodios de 45 cm y 30 cm en la propagación asexual de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis*) durante 120 días en el distrito de Churuja Región Amazonas. El objetivo fue determinar la interrelación de los 2 tipos de sustrato y las 2 longitudes de cladodios. Utilizo el análisis de varianza para los factores y sus respectivas pruebas de Tukey. Los resultados obtenidos señalaron que los cladodios de 30 cm sembrado en un sustrato franco arcilloso alcanzaron mejor tamaño de brote, diámetro de brote y longitud de raíz principal generando plantones muy óptimos.

## 1.2. Bases teóricas

### 1.2.1. Generalidades del cultivo de pitahaya

La pitahaya (*Hylocereus undatus*) es originaria de regiones tropicales de América y se distribuye desde México hasta Centro América, en donde constituye un recurso genético importante (Centurión *et al.*, 2008). Los registros más antiguos sobre esta fruta se remontan al siglo XIII (Tinitana, 2014).

Es una planta cactácea perenne que se desarrolla de forma silvestre sobre árboles vivos, troncos secos, piedras y muros debido a que necesita de un soporte, es suculenta y se adapta bien en zonas con mediana a baja precipitación (López y Miranda, 2002).

El cultivo era ya aprovechado desde hace muchos cientos de años atrás es decir desde antes de la llegada de los conquistadores a América, y durante la época de la colonia era una fruta de interés debido al descubrimiento de sus propiedades medicinales, hace aproximadamente 100 años la planta era cultivada de manera rudimentaria no se pensaba en su siembra para comercializarse solo estaba en huertos familiares, pero hace aproximadamente 20 años se maneja el cultivo de pitahaya como plantaciones especializadas y tecnificadas (Tinitana, 2014).

### 1.2.2. Clasificación taxonómica y descripción botánica

Según ITIS (2020), clasifica a la pitahaya como una especie de cactus perteneciente a la división tracheophyta, clase magnoliopsida, orden caryophyllales, familia cactaceae, género *Hylocereus*, especies *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, nombre común pitahaya roja y la especie *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), nombre común pitahaya amarilla.

### 1.2.3. Requerimientos ambientales

#### La pitahaya amarilla

Crece adecuadamente entre 1200 a 1850 msnm, aunque también se cultiva sobre el nivel del mar, con un rango de temperaturas al cual se adapta oscila entre los 18 y 27 °C siendo la óptima 26 °C, cuando la planta se encuentra en floración requieren lluvias moderadas, altas precipitaciones ocasionan caída de flores la cual las precipitaciones optimas oscilan entre 1500 a 2000 mm anuales. Aunque se desarrollan

mejor en los climas cálidos subhúmedos, también se adaptan a los climas secos, (Kondo *et al.*, 2013).

### **La pitahaya roja**

Es una especie que se adapta a diversas condiciones agroecológicas y gracias a su naturaleza fisiológica es muy cultivada en estaciones secas por que presenta gran resistencia a déficit de agua con precipitaciones anuales entre 600 a 1500 mm (Lim 2012 y García *et al.*, 2015).

También se cultivan en lugares con precipitaciones que oscilan entre los 1500 y 3500 mm anuales; pero debemos tener en cuenta que hay que considerar que el exceso de precipitación causa la pudrición de las flores y su caída (Ortiz y Carrillo, 2012).

Generalmente encontramos cultivos en altitudes de 0 y los 2000 msnm (Díaz, 2005). Se encontraron plantas desarrollándose en altitudes de hasta 2500 msnm, pero los mejores rendimientos se alcanzan en altitudes de 700 a 1900 msnm (García y Quirós, 2011).

## **1.2.4. Morfología**

### **Raíz**

Sistema frondoso el cual este compuesto por dos tipos de raíces, las raíces encargadas de la absorción son llamadas primarias las cuales son delgadas y superficiales que alcanzan profundidades entre 5 y 10 cm desde la superficie, el segundo grupo de raíces son desarrolladas en la parte aérea llamadas raíces adventicias cumplen la función de sostén o anclaje con la cual pueden adherirse al tutor sean paredes, postes, laderas y también estas pueden crecer y alcanzar el sustrato (Vásquez y Bacalla, 2018) mencionados por Vargas y López (2020) .

### **Tallo**

Es de color verde y con una estructura denominada filocladio, posee tres lóbulos los cuales forman una estructura triangular del tallo que presentan areola con 3 a 4 espinas (Vásquez y Bacalla, 2018).

Los tallos son cladodios porque son las que realizan la fotosíntesis, el grosor es muy variado de 4 a 10 cm dependiendo del clima y la exposición a la luz de naturaleza trepadora. Tiene tres aristas de forma cóncava la cual hace que el agua que cae de la lluvia llegue con facilidad a sus raíces aéreas o al suelo. Esta segmentada compuesta

por espina llamadas areolas que viene a ser las hojas modificadas que pueden ser dos o tres, su función es la de protección a la planta y evitar la deshidratación (López y Miranda, 2002).

### **Flor**

Encontramos flores hermafroditas de tamaños entre 15 a 30 cm de longitud en forma de un tubo, son muy fragantes que los sépalos son de color amarillo y los pétalos de color blanco, amarillento, del interior de la flor nacen segmentos lanceolados de color crema, la apertura de las flores se produce durante la noche y se orientan hacia la luz de la luna, pueden encontrarse en una misma planta varios estadios de las flores hasta 5 a 6 de floración (infoAgro, 2021).

Los botones florales emergen a partir de las espinas en la parte de los tallos con mayor exposición a la luz solar. Las primeras flores aparecen en épocas de lluvias del mes de mayo o en junio si se llegarían a retrasar. La emisión floral de la pitahaya está relacionada con las condiciones climáticas de humedad, luz, temperatura y el estado nutricional de las plantas. Si estos factores están equilibrados se produce una floración abundante en todos los flujos de floración, asociado a una buena producción (López y Miranda, 2002).

### **Fruto**

Es una baya con forma oval, redondeada o alargada que puede variar desde 6 a 12 cm de diámetro y su peso desde 150 gramos hasta 450 gramos. La cascara tiene brácteas escamosas, la cantidad y tamaño de las brácteas depende de la variedad, el color del fruto varía de rosa a púrpura, amarillo. El rojo con pulpa roja con la cascara conteniendo brácteas de cantidad, color y tamaño variado, abundante semilla pequeñas distribuidos en toda la pulpa (López y Miranda, 2002). La pulpa de color castaño claro de  $1,43 \pm 0,04$  x  $0,33 \pm 0,04$  cm de largo (Delgado, 2007).

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

La especie de pitahaya se puede propagar de 3 formas a través de semillas (sexual), estacas (asexual) y la micro propagación en laboratorios, pero la propagación por estacas es la más recomendada por qué se puede alcanzar mayor cantidad de raíces, como también la propagación *in vitro* es otra alternativa para alcanzar más plantas (Montesinos *et al.*, 2015).

La propagación a través de los tallos, esquejes o cladodios, de manera natural a de manera que cada tallo es separado para ser una nueva planta a través del trasplante directo en el terreno definitivo o también son colocados en bolsas con sustrato hasta que se formen raíces para poder ser llevados al campo. La reproducción por medio de semillas, diseminadas por aves y otros animales; fundamentalmente murciélagos en el caso de las pitahayas rojas; no obstante, para fines de cultivo, la propagación sexual no es recomendable, ya que las plantas requieren demasiados cuidados en tanto se trasplantan y tardan de cuatro a seis años en llegar a su etapa reproductiva, pero sí es muy utilizada en la investigación científica (Montesinos *et al.*, 2015).

### **1.2.6. Métodos de propagación**

#### **a. Reproducción sexual**

Este método es muy utilizado para la preservación de la diversidad de recursos fitogenéticos y poder conservar la especie través de bancos de germoplasma (Ruths *et al.*, 2019).

Se han realizado investigaciones sobre semillas de pitahaya para realizar propagación de la especie, la etapa de maduración del fruto es muy importante, porque influye en la calidad fisiológica de las semillas y en consecuencia, en la producción de las plántulas. (Santos *et al.*, 2018).

Corres (2009) hace mención que la pitahaya se reproduce por medio de semillas maduras, las cuales se extraen directamente del fruto.

Las semillas de pitahaya se obtienen directamente del fruto el cual alcanzó su óptima madurez, las semillas extraídas se lavan y se tamizan tantas veces hasta quitar todo el residuo del mesocarpio; posteriormente se procede a realizar la germinación (Dallos, 2010). Pero según Corres (2009) este tipo de propagación no se recomienda para fines comerciales por el tiempo que tarda la planta en lograr la producción y requiere demasiados cuidados en la fase de semillero y vivero.

#### **b. Reproducción asexual**

Es el método más utilizado por los productores, el cual es mediante corte de los tallos, sencillo y rápido los manejos para la formación de plantas. Este método de propagación tiene la ventaja de una producción precoz, uniformidad de

cultivo, manteniendo su valor agronómico. Facilidad de propagación y fácil de realizar sus manejos culturales los cuales tiene excelente desempeño reproductivo (Galvão *et al.*, 2016).

En la Pitahaya, la principal forma de propagación es vegetativa, a partir de los tallos, esquejes o cladodios, de manera natural a través de la separación de los tallos y en el caso de plantas cultivadas, mediante trasplante directo en el terreno definitivo o su colocación en bolsas con sustrato hasta la formación de nuevos tallos (Balaguera, 2010).

Algunos factores influyen en la propagación y la velocidad de enraizamiento, como el genotipo, condiciones fisiológicas de la planta madre, tipo, tamaño de corte y condiciones ambientales, estación del año y sustrato (Santos *et al.*, 2018). La longitud de la estaca puede influir en ambas reservas de carbohidratos. Como en el volumen de auxinas endógenas, que proporciona una mayor supervivencia, emisión más rápida de raíces y afecta el número y tamaño de los brotes producidos durante el crecimiento inicial (Filho *et al.*, 2014).

Pero no se ha logrado obtener una técnica de propagación que permita la formación de un sistema radicular uniforme, abundante, vigoroso y en poco tiempo, lo cual ha generado que las plantas tarden más tiempo en adaptarse a las condiciones de campo y sean menos competitivas en condiciones adversas, lo que genera bajo prendimiento, plantas que tardan bastante en llegar a producir, cosechas irregulares y menor vida útil de la planta (Balaguera, 2010).

### **1.2.7. Reproducción del material de siembra**

#### **Ubicación de la planta madre**

Se realiza la identificación de las plantas madre y que tengan de 3 a 5 años aproximadamente ideales para la multiplicación y es necesario seleccionar los tallos correctos para poder extraer los esquejes.

Escoger los tallos que se encuentren por encima del nivel del suelo de esta manera se evita el movimiento de suelo entre fincas, lotes o sectores, esto es importante para evitar el transporte de plagas y enfermedades.

### **Nivel de desarrollo del tallo a usar:**

Se escogen aquellos tallos que ya alcanzaron por lo menos más del 90 % de su longitud final los cuales tienen un color verde oscuro con areolas y espinas que alcanzaron su nivel de maduración máxima (Kishore, 2016).

### **Tamaño de los esquejes**

Los tallos, esquejes o cladodios de 20 a 30 cm de longitud. No se deben utilizar esquejes con un tamaño menor a los 25 cm (Marqués *et al.*, 2011), (Pontes *et al.*, 2014), se separa las estacas dejando reposar el esqueje durante ocho días a temperatura ambiente, luego se transfiere a lugares sombríos donde no presenta alta humedad para evitar la aparición de hongos; enseguida se transfieren a un sustrato suelto y rico en materia orgánica. Se siembra las estacas superficialmente a 8 cm de profundidad, con la misma orientación que tenían en la planta madre. Se recomienda utilizar sustratos con auxina y eventualmente se adicionan micorrizas para lograr una mejor respuesta en la emisión de raíces (García, 2013).

Pero el Centro de estudios de zonas áridas (CEZA, 2011), señala que para realizar la multiplicación de esta especie mediante cladodios debemos elegir tallos que se encuentren en un año de producción y realizar el corte de cada uno en tamaños de 15 a 45 cm de longitud y realizar tratamientos como curado por un periodo de 1 a 2 semanas en condiciones sin humedad y bajo sombra. Posteriormente las estacas pueden llevarse al campo definitivo o colocarlas en sustrato en bolsas almacigueras ricas en contenido de materia orgánica.

Los tallos generalmente se recomiendan que se encuentren cicatrizados, pero los recién cortados también son buenos en cuanto a resultados, pero tendrían problemas con la entrada de hongos por medio de las heridas, los tallos más gruesos y de longitudes mayores son más recomendados por que emiten raíces y brotes con mayor facilidad y eficacia (Sagarpa, 2011).

## **1.2.8. Tipos de sustrato**

### **a. Sustrato inorgánico**

#### **Arena**

Es de origen silícica ( $\text{SiO}_2 > 50 \%$ ) es decir de roca silicatada y la composición puede ser muy variable, porque también puede originarse de granito

basalto, etc, o de ríos y ramblas (depósitos de formación aluvial), la arena de río es la más utilizada en los viveros porque permite una mejor aireación de las raíces y eliminar excesos de agua (Reyes *et al.*, 2017).

El tamaño de las partículas de arena determina sus propiedades, ejemplo las arenas finas tienen buena capacidad de retención de humedad, pero no permiten una buena aireación, en el caso de arenas de tamaño de partículas mayores o arenas gruesas tiene buena aireación, pero deficiente retención de agua. Según Ecoagricultor (2018), señala que la arena es un sustrato que se puede utilizar para aportar drenaje a las plantas.

Las arenas pueden ser reutilizadas muchas veces por su fácil desinfección y buena estabilidad (Reinal & Pereira, 2003). Este sustrato actúa como simple soporte y asegura buen drenaje para que no permanezca el agua a nivel de las raíces (Vozmediano, 1982).

Para la propagación de plantas es muy común ver la combinación de dos tipos de sustratos entre orgánico e inorgánico dentro de los componentes inorgánicos más comunes son arena, vermiculita, perlita, arcilla calcinada, piedra pómez también los subproductos minerales Iskander (2002).

Los insumos orgánicos más utilizados musgo de turba (peat moss), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), compost, materia orgánica, desechos de jardinería, estiércoles de animales de corral, cascarilla de arroz, etc.

### **1.2.9. Propiedades de los sustratos**

Las propiedades físicas son de suma importancia para el buen desarrollo de la planta, cabe destacar que una vez colocado en el contenedor, es prácticamente imposible modificar sus parámetros físicos iniciales. Lo contrario ocurre con las características del tipo químico y puede modificarse mediante técnicas de cultivo adecuadas. Esto significa que todo lo relacionado con los parámetros físicos, especialmente el binomio, debe considerarse con especial atención. “Retención de agua – aireación”. Condiciones que provocan el éxito o el fracaso del uso de ciertos materiales como sustratos de crecimiento (Pastor, 2000).

Los principales parámetros que definen estas propiedades físicas son: Agua de fácil uso (AFD). Esta es la cantidad (% en volumen) de agua liberada cuando se aplica voltaje a un sustrato de 10-50 cm en una columna de agua. Valor ideal: 20 a 30 %. Agua de reserva (AR) en este caso se refiere a la cantidad de agua (% en vol.) que se libera al aplicar una tensión al sustrato de entre 50 y 100 cm de columna de agua. Valor óptimo: 4 a 10 % (Pastor, 2000). Agua difícilmente disponible (ADD). Se trata del agua (% en vol.) que queda retenida en el sustrato después de aplicar una tensión de 100 cm de columna de agua (Pastor, 2000).

Capacidad de ventilación (CV). Este es el porcentaje del volumen del sustrato que contiene aire después de que está fue saturada y drenada (normalmente a 10 cm de la columna de agua). Los valores óptimos ocurren cuando ocurre un valor del 10-30 % (Pastor, 2000). Espacio total de poros (ETP). Las partículas orgánicas y minerales no ocupan todo el medio de cultivo. Estos son datos que se determinan a partir de densidades reales y aparentes. Su valor óptimo se produce cuando alcanza un nivel superior al 85 %. (Pastor, 2000)

#### **1.2.10. Condiciones de los viveros**

Las plantas del orden de cactáceas son plantas que tienen mecanismos especializados y características en la eficacia al momento de utilizar agua, es por esta propiedad que pueden soportar grandes periodos sin la presencia de lluvias (Mizrahi, 2014), pero cuando se realiza el corte de un esqueje de la planta madre este pierde tal capacidad de soportar la sequía (Nobel y De la Barrera, 2002), estos esquejes son susceptibles a la deshidratación y las altas temperaturas solares y radiación, esta especie su habitat natural es la rama de los árboles quienes les proporcionan sombra en cierta proporción. Para su establecimiento se debe brindar las condiciones óptimas de horas de luz e irrigación en el vivero, para evitar que al momento de realizar la propagación los esquejes alcances grados de estrés.

Experiencias en países como Brasil y México con la especie *Hylocereus undatus* señalan que la utilización de mallas que limitan la entrada de luz en 25 % tienen efectos positivos sobre el crecimiento de los esquejes, y si la sombra se incrementa a 75 % tiene efectos negativos a la formación de raíces (Procomer, 2019).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **2.1. Tipo y nivel de investigación**

##### **2.1.1. Tipo de investigación**

Por las características de la investigación, el estudio correspondió a una investigación aplicada, ya que desarrolló actividades orientadas a la resolución de problemas prácticos inmediatos como el hecho de determinar la mejor respuesta del desarrollo del esqueje de pitahaya, en 2 especies (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), en los diferentes sustratos en condiciones de vivero.

##### **2.1.2. Nivel de investigación**

Experimental, puesto se caracterizó por determinar la respuesta del desarrollo del esqueje de pitahaya en 2 especies, la roja (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose y amarilla (*Hylocereus megalanthus*) (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), a los tres tipos de sustratos en condiciones de vivero.

#### **2.2. Diseño de investigación**

Según Sánchez y Reyes (2006) es experimental, porque se buscó demostrar el efecto de los tres sustratos a emplear en las dos especies de pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer) en condiciones de vivero.

#### **2.3. Población y muestra**

##### **2.3.1. Población**

La población estuvo conformada por 240 esquejes de las dos especies de Pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), instaladas en condiciones de vivero, correspondiendo a tres repeticiones por tratamiento, 8 tratamientos y 10 esquejes por tratamiento respectivamente.

##### **2.3.2. Muestra**

La toma de datos se realizó al 100% de la población, por el hecho que la cantidad de esquejes utilizados no fue muy numerosa, permitiendo con ello reducir el coeficiente

variabilidad. Las unidades experimentales estuvieron conformadas por cada plantón de pitahaya.

## **2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos**

### **2.4.1. Fuente primaria**

Correspondió a la toma de datos de las variables en evaluación (número de brotes, longitud de brotes, diámetro de brotes, longitud de raíz principal y peso de raíces) registradas al 100 % de plantas de la unidad experimental.

### **2.4.2. Fuentes secundarias**

Para el desarrollo de la investigación se hizo referencia a investigaciones similares a la investigación publicadas en revistas científicas; así mismo se consultó con textos especializados sobre el tema de investigación.

## **2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 3A (A: sustratos) x 2B (B: especies pitahaya), donde el factor A correspondió a los diferentes sustratos y el factor B a las dos especies de Pitahaya (roja y amarilla). Se incluyó un testigo (A0) que consistió en suelo agrícola (tierra negra), contando con 8 tratamientos, cada tratamiento con 3 repeticiones, dando un total de 240 unidades experimentales.

### **2.5.1. Diseño experimental**

#### **Factor A: Sustratos**

A0= Suelo agrícola (tierra negra)

A1= Franco arenoso (75 % arena de río+25 % tierra negra)

A2= Enriquecido (50 % arena + aserrín 25 %+ humus de lombriz 25 %)

A3= Franco arcilloso (Tierra negra 75 %+ humus de lombriz 25 %)

#### **Factor B: Especies de pitahaya**

B1 = Pitahaya roja

B2 = Pitahaya amarilla



## 2.6. Materiales y métodos

### 2.6.1. Materiales

#### a. Materiales de campo

- Esquejes de pitahaya
- Arena
- Humus
- Tierra negra
- Rafia
- Palana
- Tijera podadora
- Regadera
- Bandeja
- Martillo
- Alambre
- Cicatrizante
- Foliar
- Agenda
- Papel bond A4

#### b. Equipos de campo

- Gps
- Cámara fotográfica

#### c. Equipos de laboratorio

- Vernier digital
- Regla metálica milimetrada
- Autoclave

### 2.6.2. Ubicación del experimento

El trabajo de campo se realizó en la ciudad universitaria de la Universidad

Nacional de San Martín - Tarapoto, Provincia de San Martín, ubicada en el Jirón Amorarca 315 - Morales.

#### a. Ubicación política

Departamento: San Martín

Provincia: San Martín

Distrito: Morales

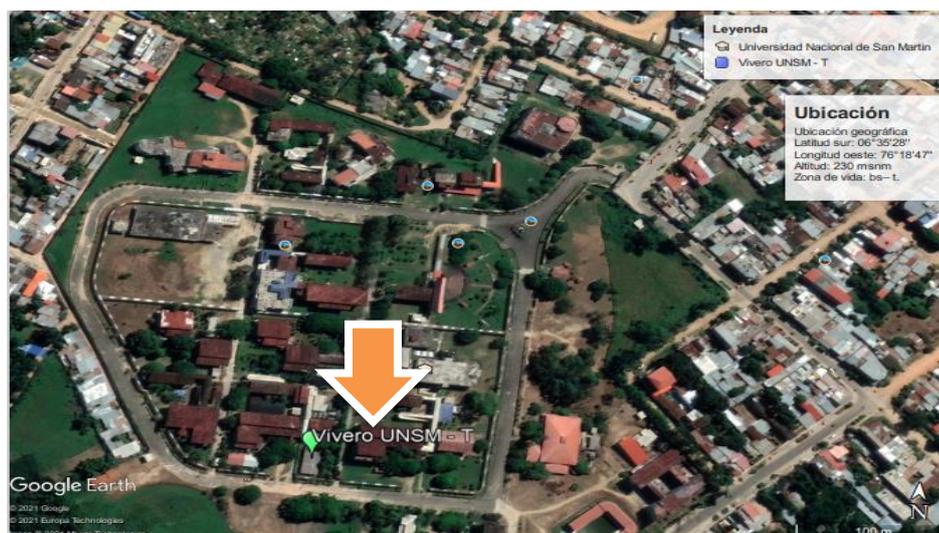
#### b. Ubicación geográfica

Latitud sur: 06°35'28"

Longitud oeste: 76°18'47"

Altitud: 230 msnm.

Zona de vida: bs- t.



### 2.6.3. Área del terreno y distribución de las unidades experimentales

Las medidas del área experimental fueron de 17.72 m<sup>2</sup>, los cuales estaban conformados por 240 unidades experimentales distribuidas al azar (aleatorizados), cada tratamiento separado a una distancia de 0.5 m que estuvo en un área de 8.36 m x 4.20 m tal como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Características del campo experimental.*

Características del campo experimental	
Diseño experimental	Diseño Completamente al azar (DCA)
N° de tratamientos	8
N° de testigos	2
N° de repeticiones	3
N° total de unidades experimentales	240
N° de plantas por tratamiento	8
Distancia entre unidades experimentales	0.50 m
Tamaño de calle	0.50 m
Ancho del área experimental	4.20 m
Longitud del área experimental	8.36 m
Área total del experimento	17.72 m <sup>2</sup>
Fecha de siembra	15/08/2020
Tiempo de duración	120 días

Fuente: elaboración propia

### **a. Preparación del campo experimental**

Se realizó la limpieza del área y delimitación donde se instaló el experimento de investigación.

### **b. Obtención y desinfección de los sustratos**

Todos los materiales utilizados como sustratos para el enraizamiento se obtuvieron en la ciudad de Tarapoto. La desinfección del sustrato se efectuó en autoclave 121 °C por 30 minutos, para luego dejar reposar por 1 hora a temperatura ambiente, el cual fue empleado para la mezcla con los demás sustratos, para luego ser colocados en las bolsas de 1 kg.

### **c. Preparación de los sustratos**

Para el estudio, se preparó tres tipos de sustratos y un sustrato de control convencional utilizado por los agricultores para producir plántulas de pitahaya. Los sustratos fueron los siguientes:

A0= Suelo agrícola (tierra negra)

A1= Franco arenoso (75 % arena de río+25 % tierra negra)

A2= Enriquecido (50 % arena + aserrín 25 % + humus de lombriz 25 %)

A3= Franco arcilloso (Tierra negra 75 %+ humus de lombriz 25 %)

### **d. Llenado de bolsas**

Luego de haber realizado la preparación de los sustratos se procedió al llenado de las bolsas almacigueras de 1 kg de capacidad (calibre 120, 20 x 30 cm), llenadas con los sustratos utilizados en el presente estudio.

### **e. Selección de las plantas matrices**

Para la selección de las plantas matrices ubicadas en la región Amazonas, se tuvieron en cuenta características como buena producción, libres de plagas y enfermedades. Una vez seleccionadas e identificadas se fertilizaron con 20 g por planta de (NPK, 20-20-20), y transcurrido un mes de haber sido fertilizado se realizó la colecta con el fin de promover un mayor impacto en la emisión de raíces en los esquejes.

#### **f. Selección de esquejes**

Los esquejes se tomaron de la parte media de las plantas matrices previamente identificadas y seleccionadas antes del corte.

#### **g. Corte y desinfección de los esquejes**

El corte de los esquejes de 30 cm de longitud, se llevó a cabo con una tijera de podar previamente desinfectada con lejía (hipoclorito de sodio) diluida al 1%. Los esquejes recortados fueron desinfectados con lejía al 3%, colocándolos en una bandeja con agua (5 litros).

#### **h. Transporte de esquejes**

Después del corte, los esquejes fueron transportados en envases herméticos refrigerados, cada grupo de esquejes envueltos con papel y cubitos de hielo debidamente etiquetados con la finalidad de mantener la turgencia. El material vegetal fue trasladado a la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Martín, Vivero de Multiplicación de plantas forestales y otras especies.

#### **i. Curado**

Se realizó el curado trabajando en un ambiente fresco y ventilado por un periodo de 10 días. Para la cicatrización de los esquejes se empleó una pasta cicatrizante a base de sulfato de cobre con la finalidad que se cicatricen las heridas causadas durante la colecta.

#### **j. Siembra de los esquejes**

Después de 10 días del “curado” (aplicación de la pasta anti fúngica) y tener preparado la mezcla de los sustratos se procedió a la siembra de los esquejes en las bolsas 1 kg (calibre 120, 20 x 30 cm), previamente codificadas con el sustrato humedecido.

#### **k. Riego**

El primer riego se aplicó al sustrato antes de la plantación a capacidad de campo. El resto de riego se realizó con una frecuencia de 2 veces cada semana para mantener los sustratos y por ende los esquejes humedecidos.

## 2.7. Evaluaciones realizadas

### 2.7.1. Número de brotes

Se registró el número de brotes a los 30 días después de la siembra de los esquejes en las bolsas de polietileno, contando el número de brotes desarrollados en el esqueje.

### 2.7.2. Longitud de brotes (cm)

Utilizando una regla graduada en cm, se midió la longitud del brote desde la base de la arista hasta el ápice de los brotes, seleccionando previamente el brote de mayor longitud.



*Figura 1.* Medición de la longitud de brotes cm.

### 2.7.3. Diámetro de brotes (cm)

Utilizando un vernier digital, se midió el diámetro (cm) de los brotes con una periodicidad de 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después del trasplante de los esquejes.



*Figura 2.* Medición de diámetro de brote.

#### 2.7.4. Longitud de raíz (cm)

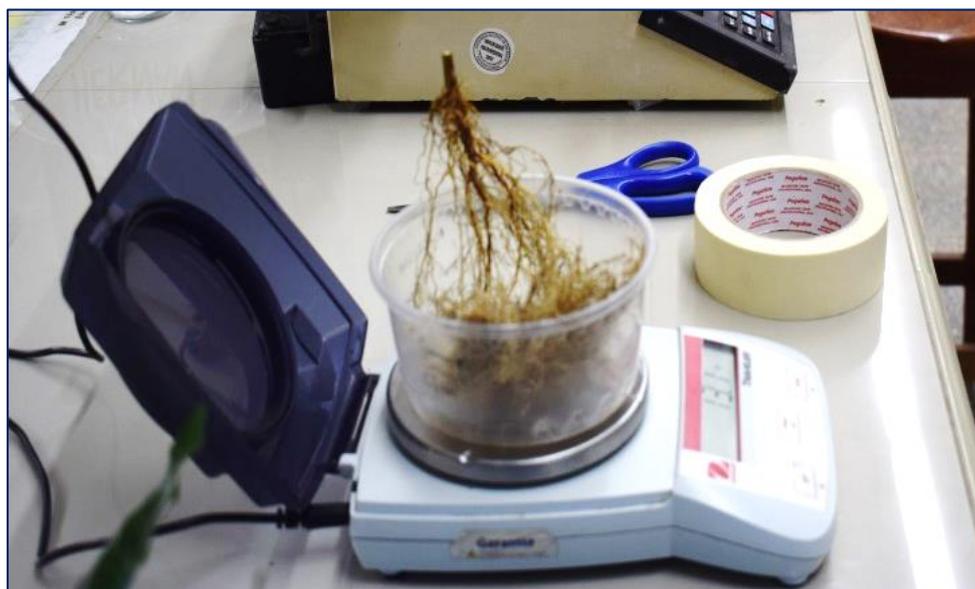
La longitud de la raíz (cm) se evaluó a los 120 días, midiendo desde la base del cuello radicular hasta la cofia, con la ayuda de una regla milimetrada de 60 cm, previamente se lavó las raíces con abundante agua para desprender las partículas de sustrato.



*Figura 3.* Medición de longitud de raíz (cm).

#### 2.7.5. Peso seco de raíces (g).

Luego de registrar la longitud de las raíces secas y utilizando una balanza de precisión, se determinó el peso seco de las raíces por planta, a los 120 días después de haber realizado la siembra.



*Figura 3:* Pesado de raíces secas (g).

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

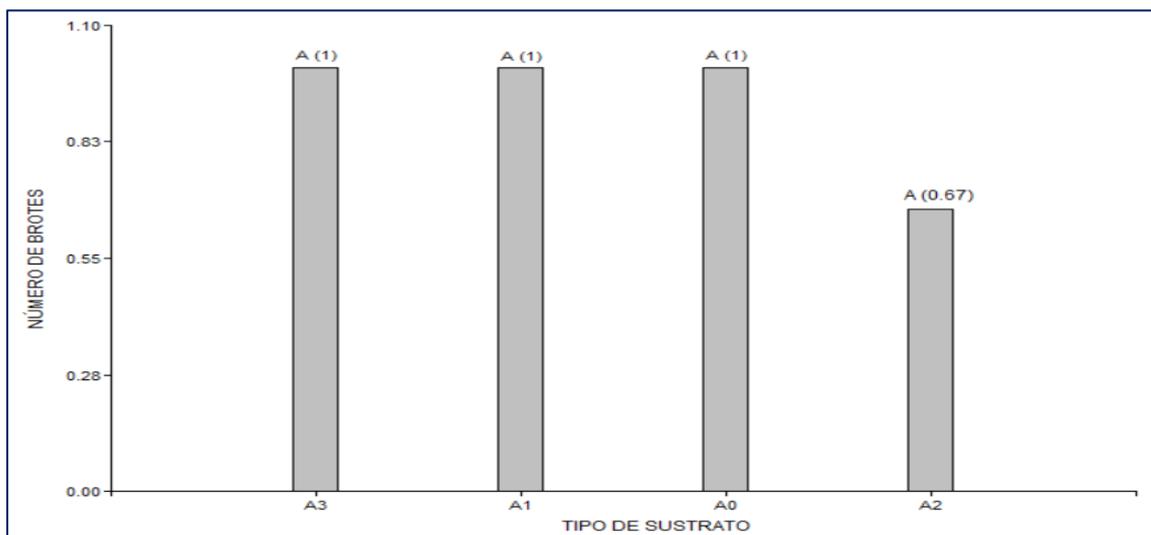
##### 3.1.1. Número de brotes a los 120 después de la siembra.

**Tabla 4**

*Análisis de variancia para el número de brotes a los 120 después de la siembra (datos transformados  $\sqrt{(x+1)}$ ) McCune y Grace (2002).*

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
A: Sustratos	3	0.05	0.02	0.75	0.5398	ns
B: Especie de Pitahaya	1	1.7E-03	1.7E-03	0.07	0.7958	ns
A*B	3	0.02	0.01	0.34	0.7948	ns
Error	16	0.38	0.02			
Total	23	0.47				
<b>CV = 11.73</b>		<b>R<sup>2</sup> = 17 %</b>		<b>Promedio = 1</b>		

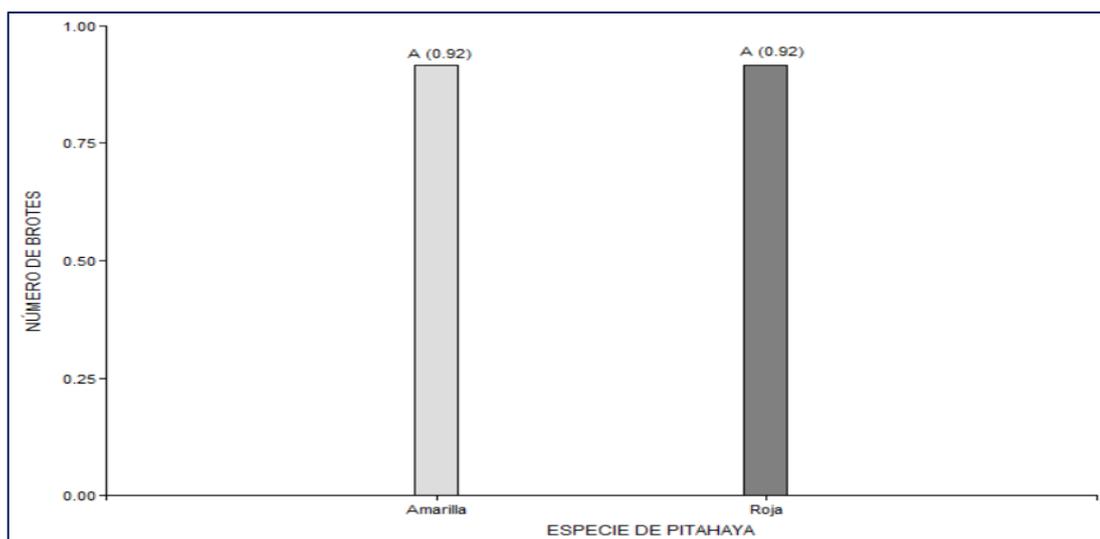
Al realizar el Análisis de Varianza sobre el número de brotes a los 120 días después de la siembra (Tabla 4), encontramos que las fuentes de variabilidad tipos de sustratos (factor A) y las especies de pitahaya (factor B) presentaron resultados no significativos con un nivel de confianza del 95 % ( $P > 0.05$ ); así mismo la interacción existente entre estos dos factores no tuvo injerencia estadística significativa, mostrando un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que indica y explica en 17 % los efectos de los tratamientos estudiados sobre el número de brotes. El coeficiente de variabilidad (C.V.) con 11.73 % determinó una desviación pequeña en los datos obtenidos y procesados, siendo este un valor aceptable para este tipo de modelo experimental.



**Figura 5.** Prueba de comparación de medias de DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el número de brotes por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra

En relación al número de brotes producidos por el tipo de sustrato (Figura 5) se puede observar que el mayor promedio de número de brotes se obtuvo en los sustratos A3, A1 y A0 con un promedio de 1 brote respectivamente, valores que no muestran diferencia estadística con el sustrato A2 (0.67 brotes), siendo por tanto similares.

La evaluación de este indicador señala que en el sustrato A2 que está compuesto por (50 % arena + aserrín 25 % + humus de lombriz 25 %) obtiene menor cantidad de brotes.



**Figura 6.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el número de brotes por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra.

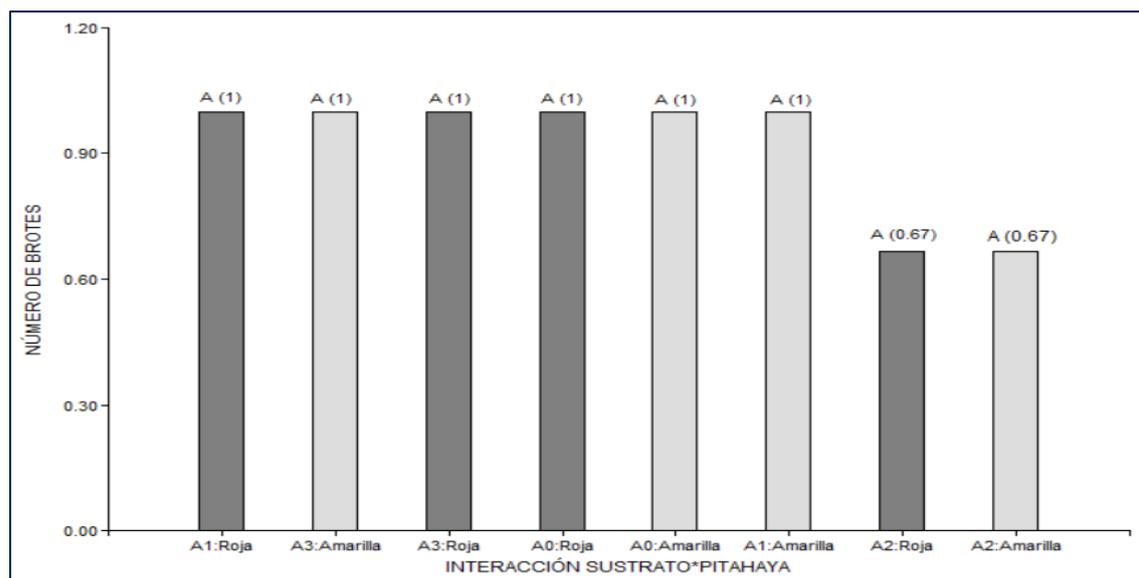
En lo que respecta al número de brotes producidos de acuerdo a la especie de pitahaya (Figura 6) se puede observar que el promedio de número de brotes es similar en ambas especies (0.92 brotes) siendo por tanto similares estadísticamente.

### Tabla 5

*Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para el número de brotes a los 120 días después de la siembra*

Tratamiento	Sustrato	Especie de Pitahaya	Promedio	Duncan
T3	A1	B1: Roja	1.00	A
T8	A3	B2: Amarilla	1.00	A
T7	A3	B1: Roja	1.00	A
T1: Testigo 1	A0	B1: Roja	1.00	A
T2: Testigo 2	A0	B2: Amarilla	1.00	A
T4	A1	B2: Amarilla	1.00	A
T5	A2	B1: Roja	0.67	A
T6	A2	B2: Amarilla	0.67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Figura 7.** Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para número de brotes a los 120 días después de la siembra

Al realizar la prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN de la Interacción A\*B (Tipo de sustrato y especie de pitahaya respectivamente) para el número de brotes a los 120 días después de la siembra con un nivel de significancia de 95 % ( $\alpha=5\%$ ), se puede apreciar en la Tabla 5 y en la Figura 7, que el mayor promedio de número de brotes de la interacción lo alcanzaron los tratamientos T3, T8, T7, T1, T2, T4 con promedios de 1.00 brote respectivamente y los T5 y T6, muestran valores promedio de 0.67 brotes respectivamente, valores que no muestran diferencia estadística con al resto de los tratamientos, siendo por tanto similares.

La respuesta producida (Figura 5) en los sustratos A3 formado de suelo franco arcilloso (tierra negra 75 % + humus de lombriz 25 %), A1 suelo franco arenoso (75 % arena de río + 25 % tierra negra) y A0 constituido de suelo agrícola (tierra negra) se debe al componente “tierra negra”, es importante porque permite la mayor diversificación de especies vegetales, pero genera problemas derivados de su dureza en un suelo muy arcilloso, cuando llueve conserva mucha cantidad de agua la cual se encharca, pero dicha característica es manejable cuando se utiliza tierra negra, en viveros se puede mejorar al mezclarla con arena de río Galdámez et al. (2010), pero tiene la misma respuesta en ambas especies de pitahaya. La composición del suelo natural es 5% de materia orgánica, dicho 5 % puede ser sustituido en los sustratos utilizando el humus de lombriz debido a que representa entre 85 % a 90 % de toda la cantidad, por ende, es considerado más idóneo en la sustitución de tierra Montoya & Umanzor (2013). El sustrato A2 Enriquecido (50 %

arena + aserrín 25 %+ humus de lombriz 25 %) no contiene tierra negra lo cual fue un factor determinante para la cantidad de brotes emitidos, por lo tanto, fue bajo como podemos apreciar en la (Figura 5), además dicho tratamiento es el único que contiene aserrín y se nota claramente una igual respuesta en las dos especies de pitahaya (Figura 6). La cantidad de brotes por especie fue la misma lo cual tiene discrepancias con la investigación de Suarez-Román (2011) quien determinó que la especie de pitahaya roja emite mayor cantidad de brotes, pero los resultados del autor se diferencian del trabajo de investigación por la menor longitud de los esquejes utilizados.

En cuanto a la respuesta al tipo de sustrato con la especie no se obtiene diferencias lo cual discrepa con el reporte de Cerqueda (2012) quien señala que el tipo de sustrato si tiene efecto significativo en el número de brotes, y resalta que la utilización de fibra de coco acelera la emergencia de brotes en menor tiempo, con brotes muy buenos para ser llevados en menor tiempo a campo. El sustrato de coco muestra una alta capacidad de intercambio catiónico Monsalve et al. (2021). Pero en la investigación desarrollada (Figura 7) se pudo observar que el sustrato que tenía aserrín se obtiene menor cantidad de brotes tanto para las dos especies.

### 3.1.2. Longitud de brotes (cm) a los 120 después de la siembra.

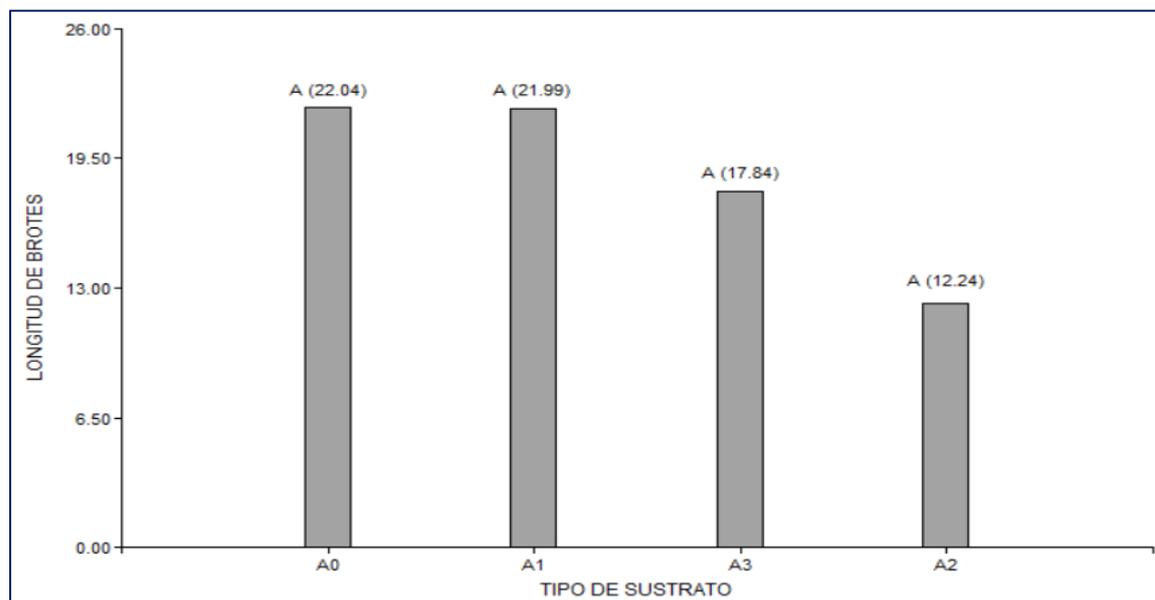
**Tabla 6**

*Análisis de variancia para la longitud de brotes a los 120 después de la siembra (datos transformados  $\sqrt{x}$ ) McCune y Grace (2002).*

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
A: Sustratos	3	5.52	1.84	1.97	0.1596	ns
B: Especie de Pitahaya	1	0.20	0.20	0.21	0.6515	ns
A*B	3	0.41	0.14	0.15	0.9311	ns
Error	16	14.95	0.93			
Total	23	21.07				
CV = 23.01%	R <sup>2</sup> = 29 %	Promedio = 18.53 cm				

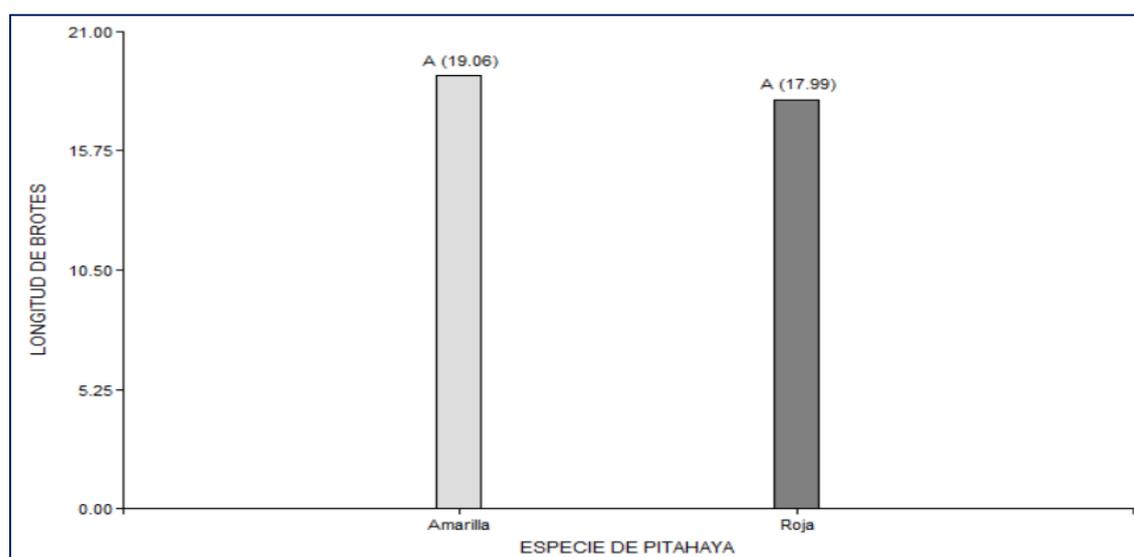
Al realizar el Análisis de Varianza para la longitud de brotes a los 120 días después de la siembra (Tabla 6), encontramos que las fuentes de variabilidad tipos de sustratos (factor A) y las especies de pitahaya (factor B) presentaron resultados no significativos con un nivel de confianza del 95% ( $p > 0.05$ ); así mismo la interacción existente entre estos dos factores no tuvo injerencia estadística significativa (ocurre  $H_0$ ), mostrando un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que indica y explica en 29 % los efectos de los tratamientos estudiados

sobre la longitud de brote. El coeficiente de variabilidad (C.V.) con 23.01 % determinó una desviación moderada en los datos obtenidos y procesados, siendo este un valor aceptable para este tipo de modelo experimental.



**Figura 8.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para la longitud de brotes por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra

En relación a la longitud de brote de acuerdo al tipo de sustrato (Figura 8), se puede observar que el mayor promedio de longitud de brote se obtuvo en el sustrato A0 con un promedio de 22.04 cm, seguido de los sustratos A1, A2 y A3 (21.99, 17.84 y 12.24 cm respectivamente), siendo este último donde se obtuvo la menor longitud de brote, valores que no muestran diferencia estadística siendo por tanto similares.



**Figura 9.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para la Longitud de brotes por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra

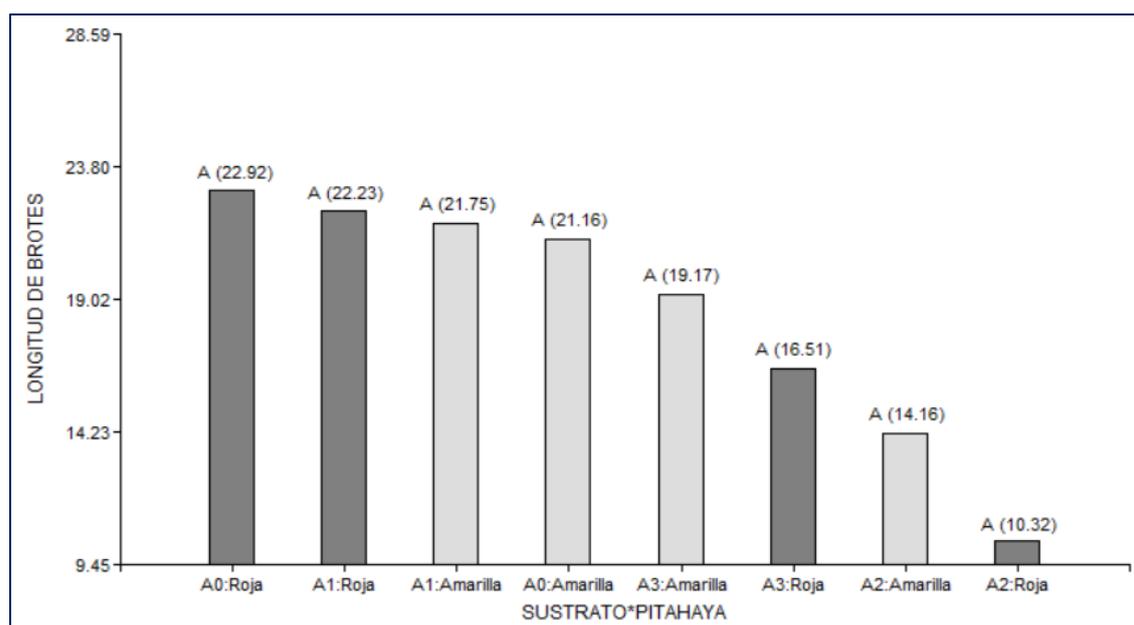
En lo que respecta a la longitud de brote obtenido de acuerdo a la especie de pitahaya (Figura 9) se puede observar que el promedio de longitud de brote obtenido en la pitahaya amarilla es ligeramente mayor (19.06 cm) al obtenido en la pitahaya roja (17.99 cm), sin embargo, no presentan diferencia estadística, por tanto, son similares estadísticamente.

**Tabla 7**

Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para la longitud de brotes a los 120 días después de la siembra.

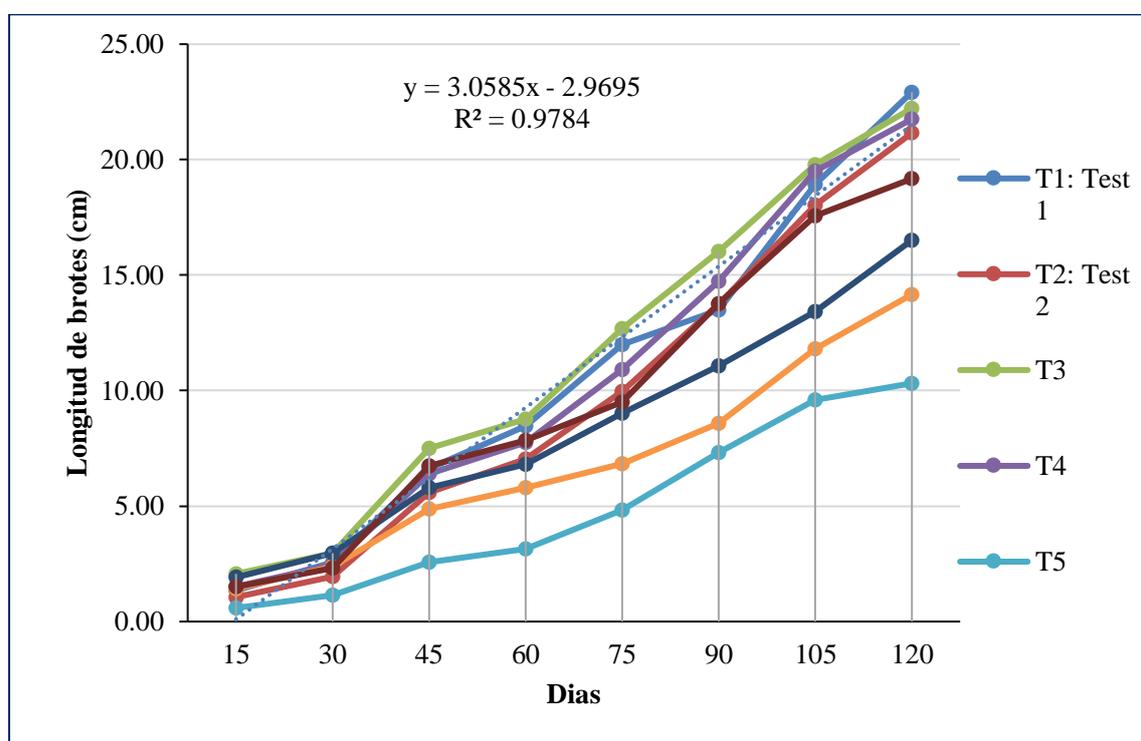
Tratamiento	Sustrato	Especie de Pitahaya	Promedio	Duncan
T1: Testigo 1	A0	B1: Roja	22.92	A
T3	A1	B1: Roja	22.23	A
T4	A1	B2: Amarilla	21.75	A
T2: Testigo 2	A0	B2: Amarilla	21.16	A
T8	A3	B2: Amarilla	19.17	A
T7	A3	B1: Roja	16.51	A
T6	A2	B2: Amarilla	14.16	A
T5	A2	B1: Roja	10.32	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Figura 10.** Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para la longitud de brotes a los 120 días después de la siembra

Al realizar la prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN de la Interacción A\*B (Tipo de sustrato y especie de pitahaya respectivamente) para la longitud del brote a los 120 días después de la siembra con un nivel de significancia de 95 % ( $\alpha=5\%$ ), se puede apreciar en la (Tabla 7) y en la (Figura 10), que el mayor promedio de longitud de brote de la interacción lo alcanzó el tratamiento T1 (22.92 cm), seguido por los tratamientos T3, T4, T2, T8, T7, T6 con promedios de 22.23, 21.75, 21.16, 19.17, 16.51 y 14.16 cm respectivamente, siendo el T5 el que presentó la menor longitud de brote (10.32 cm), observándose que no se diferencian estadísticamente entre tratamientos, siendo por tanto similares.



**Figura 11.** Crecimiento de longitud de brotes (cm) en función de los días después de la siembra.

Al realizar la (Figura 11) podemos observar que todos los tratamientos el crecimiento de los brotes se da en mayor proporción en el T1 con un coeficiente de determinación de 97 %, gracias a la ecuación  $y = 3.0585x - 2.9695$  podemos estimar el crecimiento en un tiempo deseado.

Las longitudes de brotes alcanzadas a los 120 días fue de 22.04 y 12.24 cm, al mencionar al sustrato A0 (Suelo agrícola +tierra negra), A1 Franco arenoso (75 % arena de río+25 % tierra negra), A3 franco arcilloso (Tierra negra 75 % + humus de lombriz 25 %) se logró mayor longitud mientras que en A2 enriquecido (50 % arena + aserrín 25 % +

humus de lombriz 25 %) es menor pero no es significativo, en la investigación desarrollada por Chocaca (2019) reporta longitudes de brotes a los 120 días inferiores a los obtenidos en la investigación, los cuales alcanzaron niveles máximos de longitud de 11.075 cm contrastando con los obtenidos en el estudio se puede mencionar que se alcanzó el doble de longitud 22,04 cm, entonces se puede señalar que estos sustratos tienen un efecto positivo para la propagación de las dos especies (Figura 8).

Montoya y Umanzor (2013) alcanzaron longitudes de brote de pitahaya de 23.64 cm a los 65 días entonces se puede decir que en todos estos tipos de sustratos existió una adecuada combinación de componentes.

En la (Figura 8) se puede notar de forma contundente que el sustrato que tiene menor respuesta es A2 quien solo alcanza 12.24 cm el cual tiene menor respuesta en la mayoría de los indicadores y el factor limitante sería el aserrín que no se encontraba completamente descompuesto

También Pastor (2000) manifiesta que propiedades físicas en los sustratos son muy importantes porque tienen influencia directa en el desarrollo de la planta, y nos recalca que una vez ya colocado el sustrato en un contenedor este resulta poco posible modificar sus parámetros físicos, pero las características químicas si se pueden modificar fácilmente. La (Figura 8) ejemplifica que la especie amarilla alcanza un mayor desarrollo solo de 1.07 cm de diferencia.

Los caracteres físicos se deben tener en consideración porque son la base del éxito en los sustratos para cultivos. Los brotes son considerados aptos para la producción deben medir aproximadamente en intervalos de 10 y 20 cm de longitud Blanco et al. (2008) la longitud de brotes obtenidos se encuentra en rango óptimo.

En cuanto al tipo de sustrato y especie se puede observar que la especie roja tiene poca asimilación al aserrín por ende los brotes tienen menor longitud (figura 10) donde se alcanza 10.32 cm, pero si responde perfectamente en el modo tradicional con tierra negra como sustrato.

Según Balaguera et al. (2011) indican que los mejores resultados para generar mayor longitud de brotes deben utilizarse estacas de 60 cm, respecto a los de 40 cm, por lo que concluyó que este tratamiento es recomendable para la propagación asexual de pitahaya. Pero Aguilar (2015) manifiesta que, en condiciones de vivero, mediante

utilización de AIB incrementó la longitud de brotes con estaca de 50 cm alcanzando longitudes de 101.52 cm lo cual se explica el efecto de la hormona y el fototropismo (Cossio, 2013) y está bajo polisombra de 80%.

En la investigación de Bernardo et al. (2016) reporta longitud de brotes a los 120 días en los tratamientos que contenían 125 mg dm<sup>-3</sup> K con 159 mg dm<sup>-3</sup> Ca sobresalientes de 29.28 cm, en la investigación realizada la longitud de los brotes probablemente se deba al entorno que se desarrolló el experimento, comprobando que la mayor disponibilidad de luz durante la conducción de este experimento proporcionó un mayor crecimiento de cladodios. Otro factor que puede justificar estas diferencias es el tamaño de las bolsas para plantón, que puede haber causado un menor desarrollo del sistema de raíces y, en consecuencia, una menor absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que influye en la longitud de los brotes. Información sobre influencia de potasio en el desarrollo de pitahaya señala un aumento de longitud, diámetro y espesor de los cladodios Almeida et al. (2018).

### 3.1.3. Diámetro de brotes (mm) a los 120 días después de la siembra

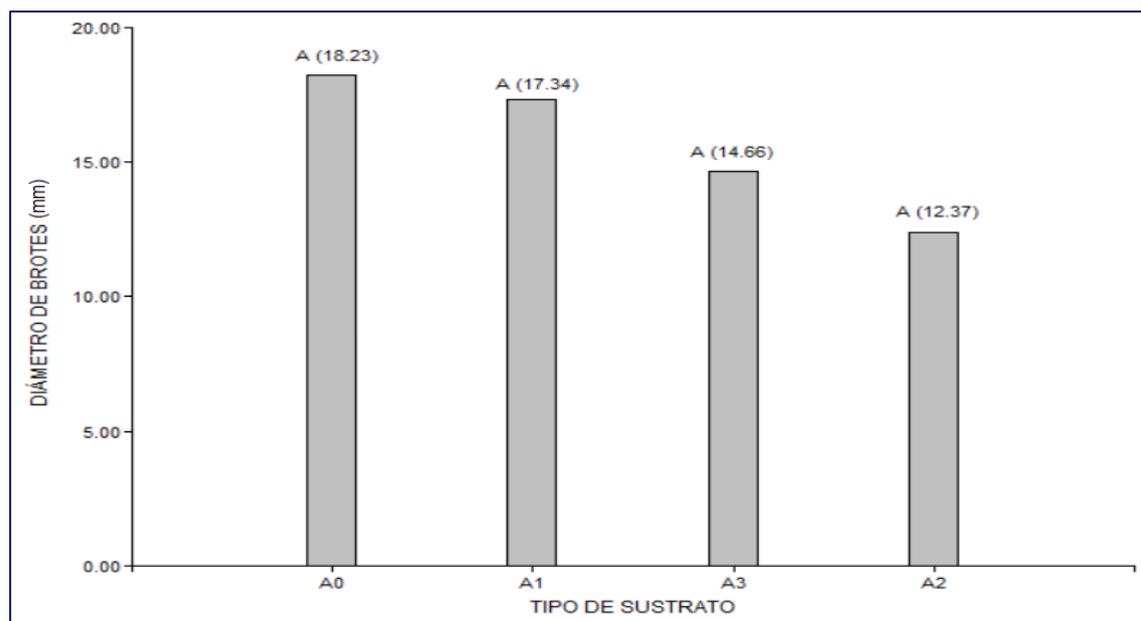
**Tabla 8**

*Análisis de variancia para el diámetro de brotes a los 120 días después de la siembra. (datos transformados  $\sqrt{x}$ ) McCune y Grace (2002).*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sig.</b>
A: Sustratos	3	2.41	0.80	1.77	0.1928	ns
B: Especie de Pitahaya	1	0.01	0.01	0.02	0.8907	ns
A*B	3	0.34	0.11	0.25	0.8573	ns
Error	16	7.24	0.45			
Total	23	10.00				

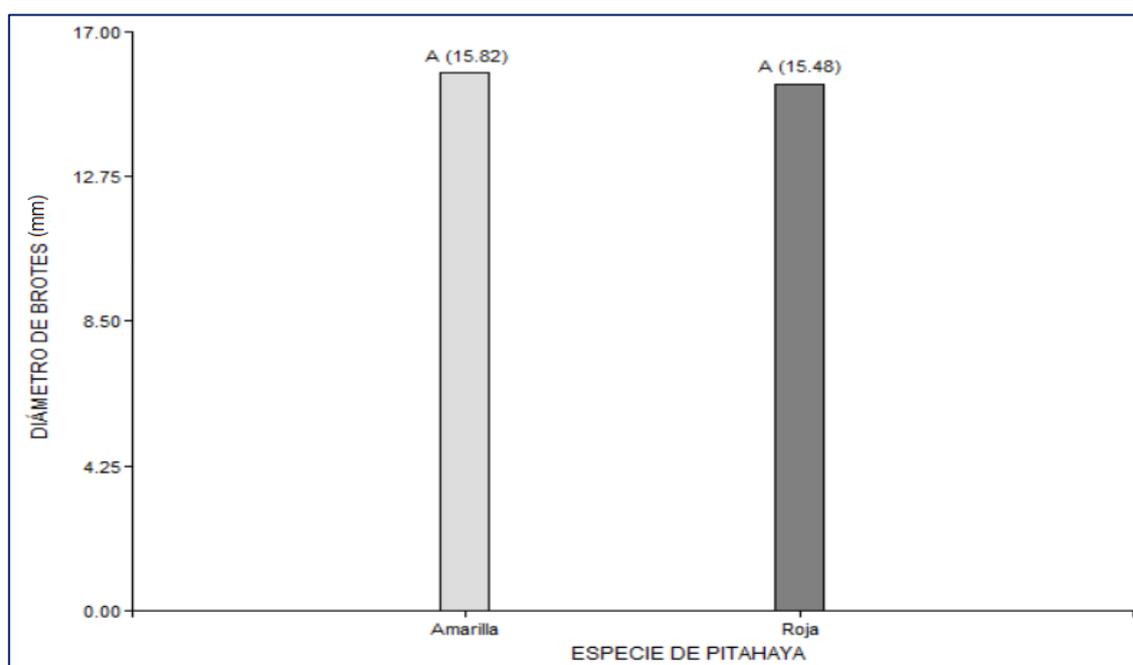
CV = 17.24 %                      R<sup>2</sup> = 28%                      Promedio = 15.72 mm

Al realizar el análisis de variancia para el diámetro de brotes a los 120 días después de la siembra (Tabla 8), encontramos que las fuentes de variabilidad tipos de sustratos (factor A) y las especies de pitahaya (factor B) presentaron resultados no significativos con un nivel de confianza del 95 % ( $p > 0.05$ ); así mismo la interacción existente entre estos dos factores no tuvo injerencia estadística significativa, mostrando un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) que indica y explica en 28 % los efectos de los tratamientos estudiados sobre el diámetro de brotes. El coeficiente de variabilidad (C.V.) con 17.24% determinó una desviación baja en los datos obtenidos y procesados, siendo este un valor aceptable para este tipo de modelo experimental.



**Figura 12.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el diámetro de brotes por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra

En relación al diámetro de brote obtenido de acuerdo al tipo de sustrato (Figura 12), se puede observar que el mayor promedio de diámetro de brote se obtuvo en el sustrato A0 con un promedio de 18.23 mm, seguido de los sustratos A1, A3, A2 (17.34, 14.66 y 12.37 mm respectivamente), siendo este último donde se obtuvo el menor diámetro de brote, valores que no muestran diferencia estadística siendo por tanto similares.



**Figura 13.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el diámetro de brotes por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra

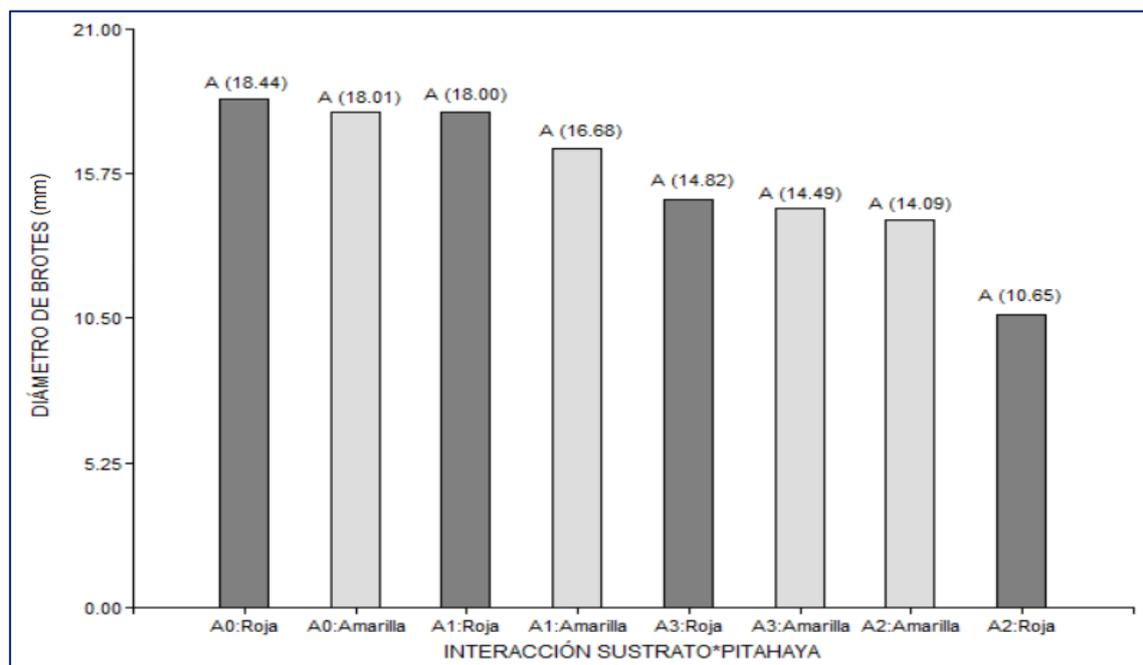
En lo que respecta al diámetro de brote obtenido de acuerdo a la especie de pitahaya (Figura 13) se puede observar que el promedio de diámetro del brote obtenido en la pitahaya amarilla es ligeramente mayor (15.82 mm) al obtenido en la pitahaya roja (15.48 mm), no presentando diferencia estadística, por tanto, son similares estadísticamente.

**Tabla 9**

*Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para el diámetro de brotes a los 120 días después de la siembra.*

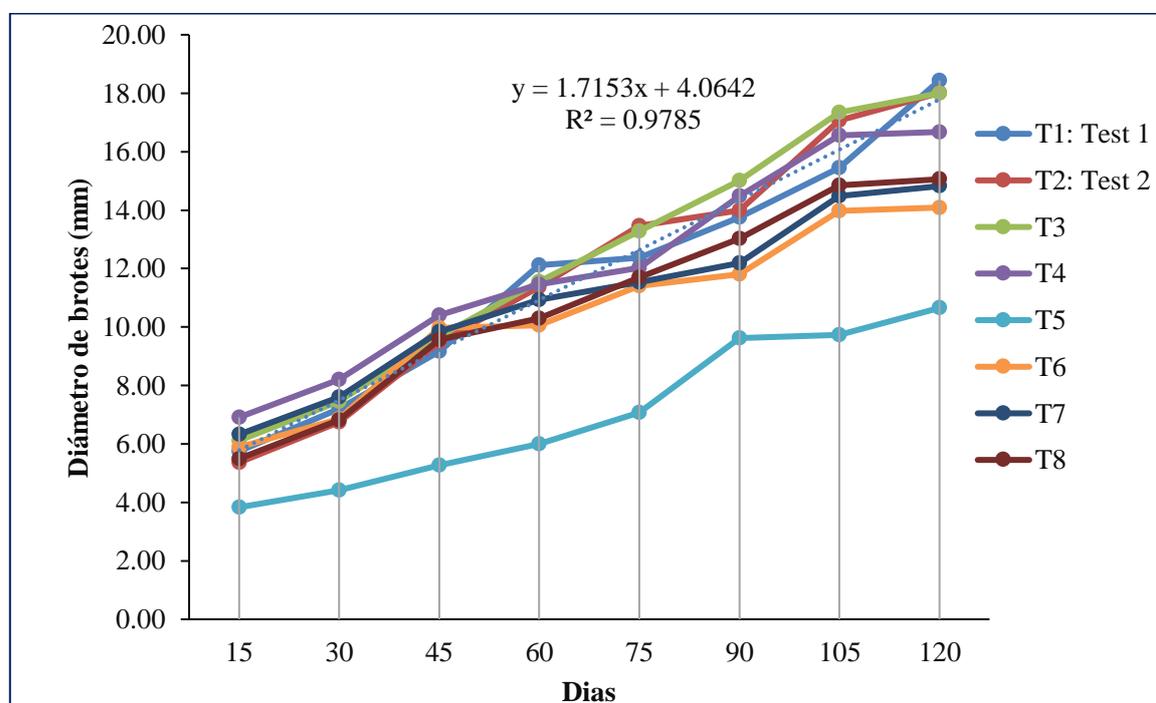
Tratamiento	Sustrato	Especie de Pitahaya	Promedio	Duncan
T1: Testigo 1	A0	B1: Roja	18.44	A
T2: Testigo 2	A0	B2: Amarilla	18.01	A
T3	A1	B1: Roja	18.00	A
T4	A1	B2: Amarilla	16.68	A
T7	A3	B1: Roja	14.82	A
T8	A3	B2: Amarilla	14.49	A
T6	A2	B2: Amarilla	14.09	A
T5	A2	B1: Roja	10.65	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Figura 14.** Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para el diámetro de brotes a los 120 días después de la siembra.

Al realizar la prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN de la Interacción A\*B (tipo de sustrato y especie de pitahaya respectivamente) para el diámetro del brote a los 120 días después de la siembra con un nivel de significancia de 95 % ( $\alpha=5\%$ ), se puede apreciar en la (Tabla 9) y en la (Figura 14) que el mayor promedio de diámetro de brote de la interacción lo alcanzó el tratamiento T1 (18.44 mm), seguido por los tratamientos T2, T3, T4, T7, T8, T6 con promedios de 18.01, 18.00, 16.68, 14.82, 14.49 y 14.09 mm respectivamente, siendo el T5 el que presentó el menor diámetro de brote (10.65 mm), observándose que no se diferencian estadísticamente entre tratamientos, siendo por tanto similares.



**Figura 15.** Diámetro de brotes en función del tiempo en días.

Al realizar la (Figura 15) podemos observar que todos los tratamientos el diámetro de los brotes se da en mayor proporción en el T1 con un coeficiente de determinación de 97 %, gracias a la ecuación  $y = 1.7153x + 4.0642$  podemos determinar el crecimiento del tratamiento en el tiempo deseado.

En la investigación realizada el mayor diámetro de brotes se logró en el tratamiento T1 A0B1 en el cual se alcanza 18.44 mm y la especie roja con mayor desarrollo en diámetro de brotes cuyos resultados son diámetros menores a los obtenidos por Chocaca (2019) quien reporta 25.4 mm las diferencias son por el tipo de sustrato utilizado y no tiene

relación con el tamaño de cladodio utilizado por que todos tuvieron respuestas iguales. El menor diámetro de brotes se produce en el sustrato que tiene aserrín (Figura 12) pero la investigación realizada por Fratoni et al. (2019) quienes evaluaron el efecto de una formulación de fertilizantes en base a NPK (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -K<sub>2</sub> O: 8-20-20), que fue aplicado en distintas dosis a un sustrato utilizado comúnmente que contiene compost y arena en relación de 2 a 3, los resultados de dicha investigación señalaron que la adición de la formulación NPK no incrementó el diámetro de los brotes ni en la altura, lo cual señalan que el compost y la arena son autosuficientes para el desarrollo de la especie.

A nivel de especies se observó un comportamiento de igualdad entre la especie roja y amarilla (Figura 13). En cuanto al sustrato y especie tiene una menor respuesta la especie roja que contiene aserrín en el sustrato. Las técnicas de utilización de sustratos se iniciaron en el año 1930 pero el interés se incrementó durante los últimos años Pissinati et al. (2018) mencionado por Verona et al. (2020), quienes afirman que la correcta elección de sustratos posibilita a la especie una mejor asimilación y se ve reflejado en la calidad de las nuevas plántulas y mayor índice de sobrevivencia.

El menor diámetro de los brotes (Figura 14) se produce en el mismo sustrato A2 y la misma especie, este resultado reflejó que al utilizar aserrín no se obtuvo desarrollo de raíces el cuál se manifestó en el diámetro de los brotes Castro (2018) menciona que la cantidad de horas luz tiene influencia directa en el desarrollo y señala que el desarrollo del diámetro está en función a la aparición de nuevos brotes.

En la (Figura 14) todos los tratamientos tienen respuesta similar al resultado reportado por Suárez-Román (2011) y quien no encontró diferencias significativas en el diámetro de brote con respecto al tamaño del cladodio, pero si un mayor crecimiento en longitud que en diámetro.

### 3.1.4. Longitud de raíz (cm) a los 120 días después de la siembra.

**Tabla 10**

*Análisis de variancia para la longitud de la raíz (cm) a los 120 después de la siembra*

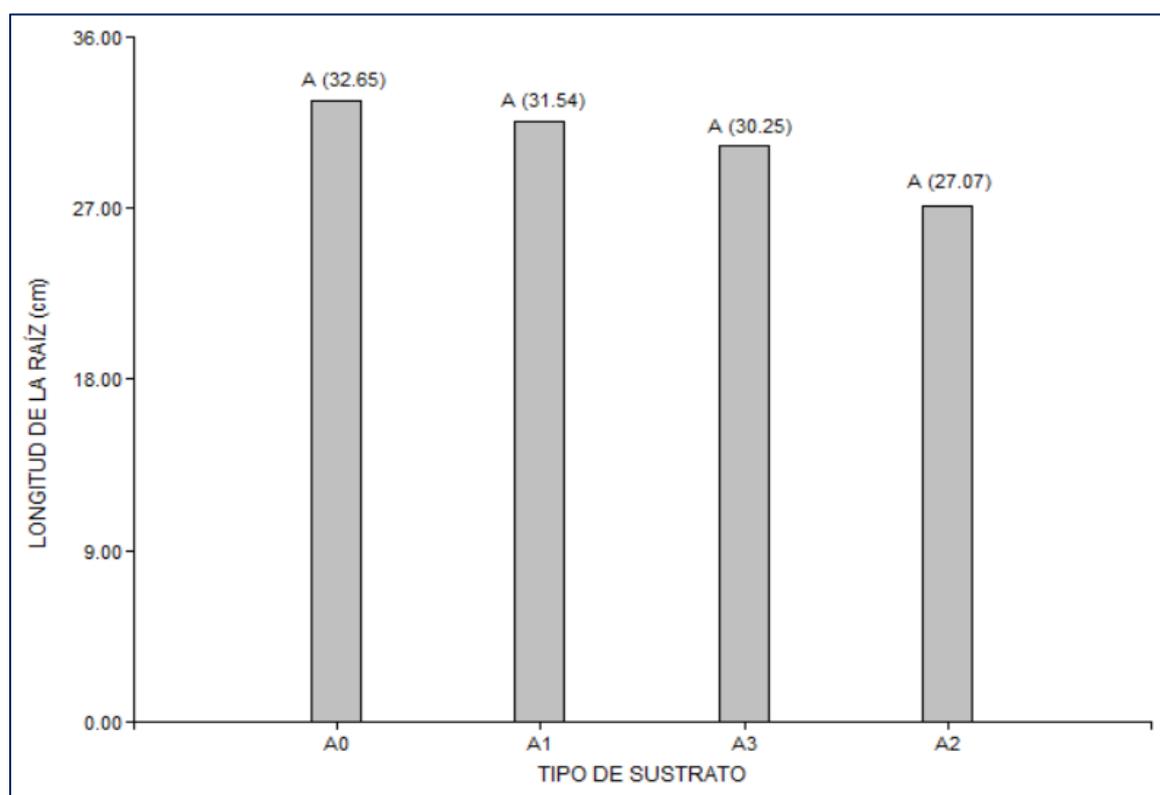
FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
A: Sustratos	3	104.74	34.91	1.40	0.1696	ns
B: Especie de Pitahaya	1	0.05	0.05	1.90	0.9611	ns
A*B	3	74.62	24.87	2.5E-03	0.2916	ns
Error	16	293.36	18.34	1.36		
Total	23	472.77				

CV = 14.10 %

R<sup>2</sup> = 38 %

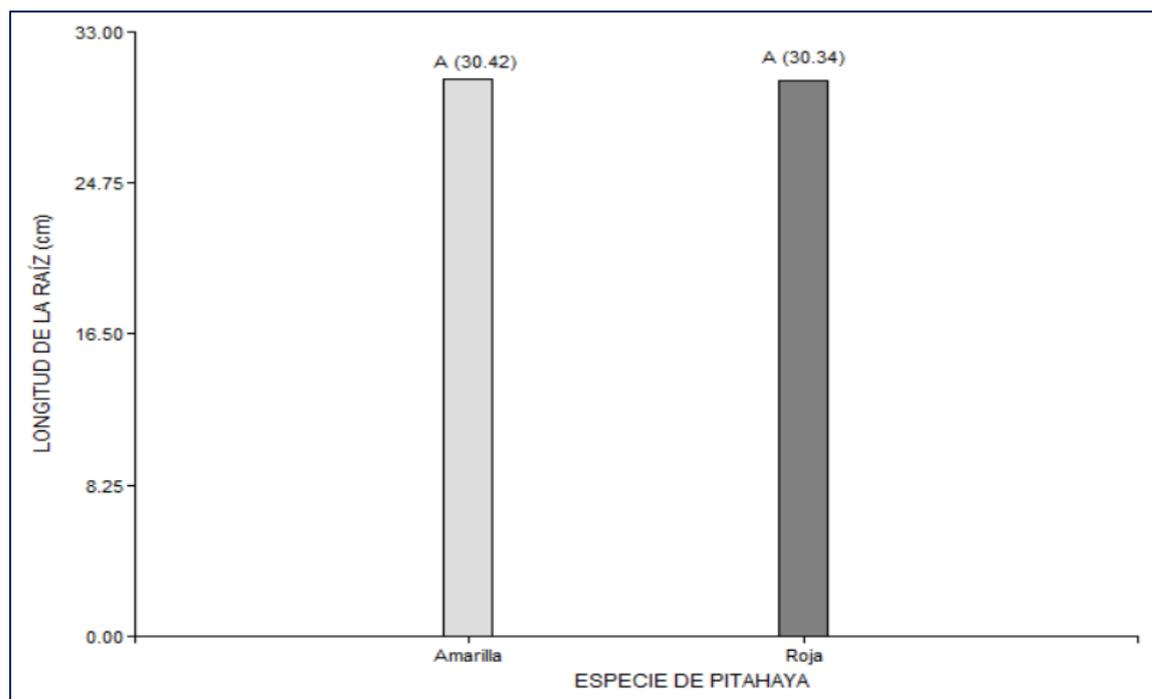
Promedio = 30.380 cm

Al realizar el análisis de varianza para la longitud de raíz a los 120 días después de la siembra (Tabla 10), encontramos que las fuentes de variabilidad tipos de sustratos (factor A) y las especies de pitahaya (factor B) presentaron resultados no significativos con un nivel de confianza del 95 % ( $p > 0.05$ ); así mismo la interacción existente entre estos dos factores no tuvo injerencia estadística significativa (ocurre  $H_0$ ), mostrando un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que indica y explica en 38 % los efectos de los tratamientos estudiados sobre la longitud de la raíz. El coeficiente de variabilidad (C.V.) con 14.10 % determinó una desviación baja en los datos obtenidos y procesados, siendo este un valor aceptable para este tipo de modelo experimental.



**Figura 16.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para la longitud de raíz (cm) por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra

En relación a la longitud de la raíz obtenida de acuerdo al tipo de sustrato (Figura 16), se puede observar que el mayor promedio longitud de raíz se obtuvo en el sustrato A0 con un promedio de 32.65 cm, seguido de los sustratos A1, A3, A2 (31.54, 30.25 y 27.07 cm respectivamente), siendo este último tratamiento donde se obtuvo la menor longitud de raíz, valores que no muestran diferencia estadística, siendo por tanto similares.



**Figura 17.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para para la longitud de raíz (cm) por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra

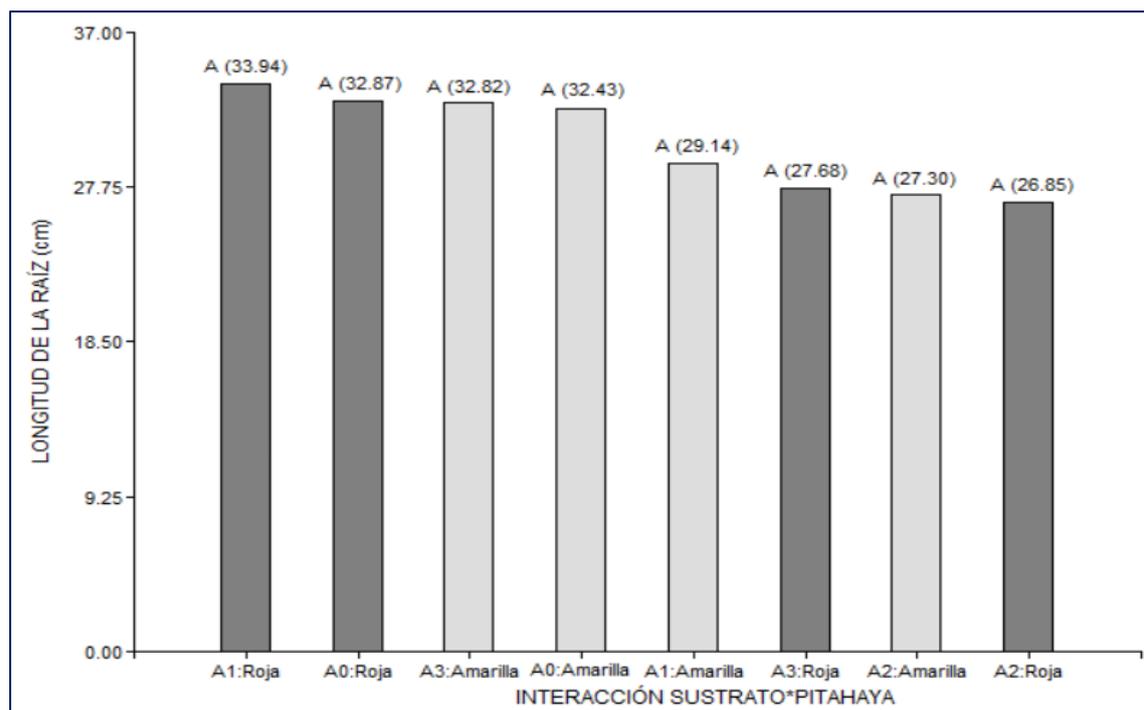
En lo que respecta a la longitud de raíz obtenido de acuerdo a la especie de pitahaya (Figura 17) se puede observar que el promedio de longitud de raíz obtenido en la pitahaya amarilla es ligeramente mayor (30.42 cm) al obtenido en la pitahaya roja (30.34 cm), no presentando diferencia estadística, por tanto, son similares estadísticamente.

Tabla 11

*Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (Interacción A\*B) para para la longitud de raíz (cm) a los 120 días después de la siembra*

Tratamiento	Sustrato	Especie de Pitahaya	Promedio	Duncan
T3	A1	B1: Roja	33.94	A
T1: Testigo 1	A0	B1: Roja	32.87	A
T8	A3	B2: Amarilla	32.82	A
T2: Testigo 2	A0	B2: Amarilla	32.43	A
T4	A1	B2: Amarilla	29.14	A
T7	A3	B1: Roja	27.68	A
T6	A2	B2: Amarilla	27.30	A
T5	A2	B1: Roja	26.85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Figura 18.** Prueba DUNCAN  $\alpha=5\%$  (interacción A\*B) para para la longitud de raíz (cm) a los 120 días después de la siembra

Al realizar la prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN de la Interacción A\*B (tipo de sustrato y especie de pitahaya respectivamente) para la longitud de raíz a los 120 días después de la siembra con un nivel de significancia de 95% ( $\alpha=5\%$ ), se puede apreciar en la (Tabla 11) y en la (Figura 18), que el mayor promedio de longitud de raíz de la interacción lo alcanzó el tratamiento T3 (33.94 cm), seguido por los tratamientos T1, T8, T2, T4, T7, T6 con promedios de 32.87, 32.82, 32.43, 29.14, 27.68 y 27.30 cm respectivamente, siendo el T5 el que presentó la menor longitud de raíz (26.85 cm), observándose que no se diferencian estadísticamente entre tratamientos, siendo por tanto similares.

Según el tipo de sustrato (Figura 16) se observa mayor desarrollo en el A0 compuesto por tierra negra pero la diferencia es no significativa comparado con los otros sustratos y la comparación a nivel de especies se aprecia (Figura 17) un desarrollo igual, en la (Figura 18) se aprecia una mayor longitud de raíz en el T3 A1B1 (Sustrato franco arenoso + Pitahaya roja) el pequeño incremento se produce debido a una mejor aireación del sustrato, según Gomes (2021) el mejor desarrollo de las raíces probablemente se reflejó en el aumento de la longitud de la planta hasta los 360 días; una mayor extensión de la raíz puede haber aumentado la absorción de agua y nutrientes, aumentando el desarrollo de la parte aérea de la planta.

En la presente investigación, la mayor longitud de raíces se logró en el tratamiento T3 A1B1 en el cual se alcanza 33.94 cm y el más bajo fue T5 A2B1 con 26.65 cm, los resultados obtenidos son similares a los reportados por Aguilar (2015) quien mediante aplicación de *Trichoderma harzianum* cepa ThLE24 (A3) alcanzó en promedio de longitud radicular 33.09 cm. En la investigación realizada por Chocaca (2019) la máxima longitud de raíz es 28.5 cm en promedio y la mínima de 19.12 cm los cuales son inferiores a los reportados. También en la investigación realizada por Cerqueda (2012) reporta que el sustrato fibra de coco induce mayor número de raíces y al mismo tiempo mayor longitud, quien a los 60 días reporta longitud de raíces de 4.4 cm, por que realiza la comparación entre el sustrato de arena y lombricomposta, el mismo sustrato también manifestó mayor número de brotes vegetativos.

El control de luz en un vivero es trascendental porque de ello depende en cierto modo la cantidad y longitud de las raíces emitidas por los esquejes, también PROCOMER (2019) señala que la utilización de mallas que regulen la entrada de luz es muy importante para el establecimiento de plantas en vivero.

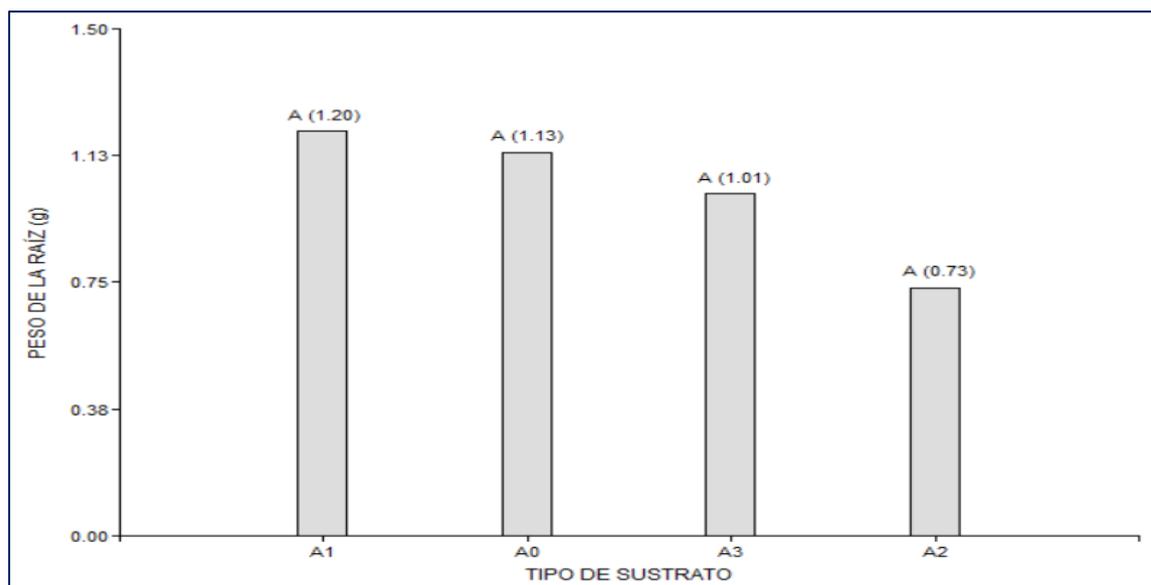
### 3.1.5. Peso de las raíces a los 120 días después de la siembra

**Tabla 12**

*Análisis de variancia para el peso de la raíz a los 120 después de la siembra. (Datos transformados  $\sqrt{x}$ ) McCune y Grace (2002).*

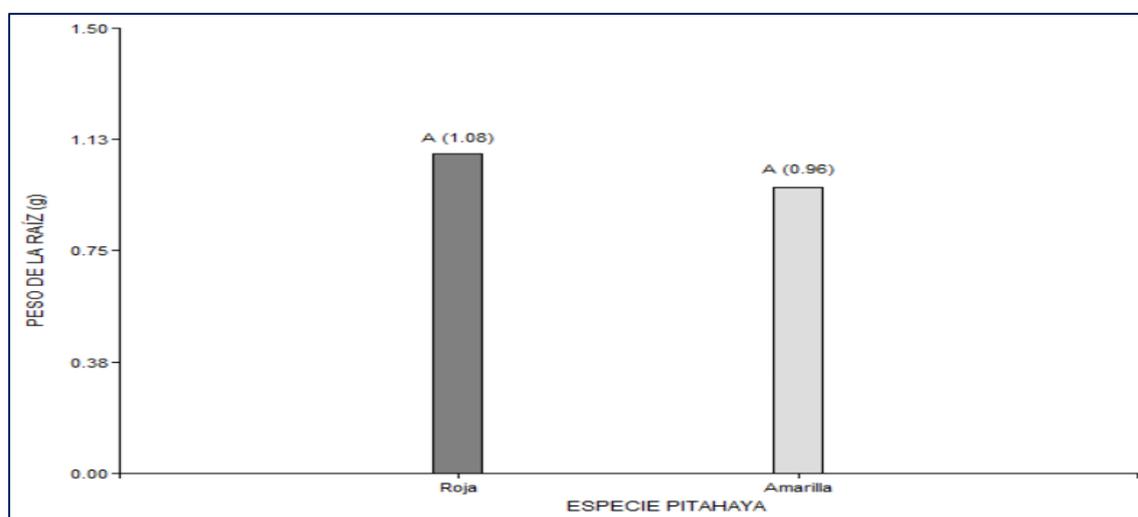
FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
A: Sustratos	3	0.22	0.07	1.25	0.3256	ns
B: Especie de Pitahaya	1	0.02	0.02	0.32	0.5777	ns
A*B	3	0.15	0.05	0.89	0.4679	ns
Error	16	0.93	0.06			
Total	23	1.32				
<b>CV = 24.50 %</b>	<b>R<sup>2</sup> = 30 %</b>	<b>Promedio = 1.02 g</b>				

Al realizar el análisis de variancia para el peso de raíz a los 120 días después de la siembra (Tabla 10), encontramos que las fuentes de variabilidad tipos de sustratos (factor A) y las especies de pitahaya (factor B) presentaron resultados no significativos con un nivel de confianza del 95 % ( $p > 0.05$ ); así mismo la interacción existente entre estos dos factores no tuvo injerencia estadística significativa (ocurre  $H_0$ ), mostrando un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que indica y explica en 24.50% los efectos de los tratamientos estudiados sobre el peso de la raíz. El coeficiente de variabilidad (C.V) con 30 % determinó una desviación moderada en los datos obtenidos y procesados, siendo este un valor aceptable para este tipo de modelo experimental.



**Figura 19.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el peso de la raíz (g) por tipo de sustrato a los 120 días después de la siembra

En relación a peso de la raíz obtenida de acuerdo al tipo de sustrato (Figura 19), se puede observar que el mayor promedio de peso de la raíz se obtuvo en el sustrato A1 con un promedio de 1.20 g, seguido de los sustratos A0, A3, A2 (1.13, 1.01 y 0.73 g respectivamente), siendo este último tratamiento donde se obtuvo el menor peso de raíz, valores que no muestran diferencia estadística, siendo por tanto similares.



**Figura 20.** Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) para el peso de la raíz (g) por especie de pitahaya a los 120 días después de la siembra.

En lo que respecta al peso de la raíz obtenido de acuerdo a la especie de pitahaya (Figura 20) se puede observar que el promedio de peso de la raíz obtenido en la pitahaya roja es ligeramente mayor (1.08 g) al obtenido en la pitahaya amarilla (0.96 g), no presentando diferencia estadística, por tanto, son similares estadísticamente.

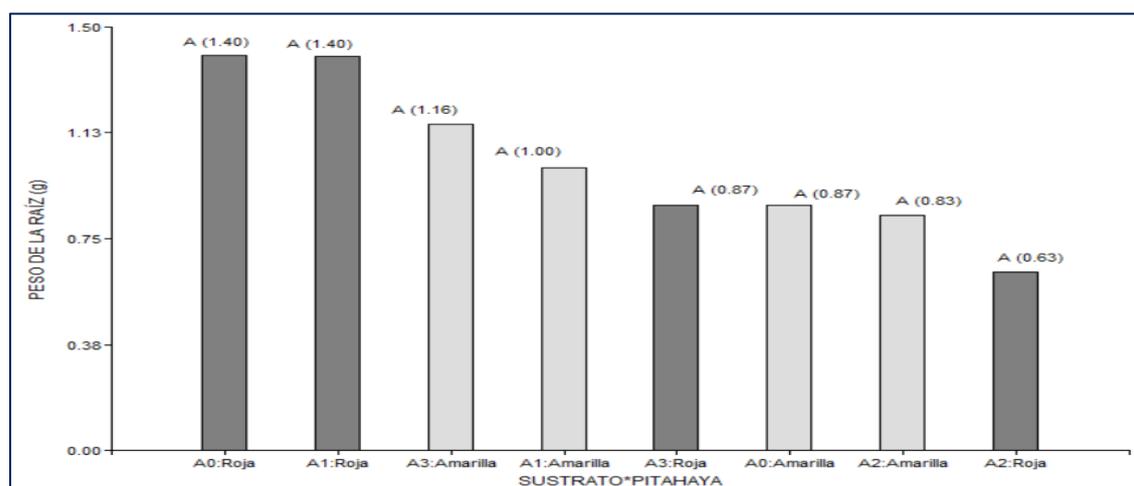
**Tabla 13**

*Prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para el peso de la raíz (g) a los 120 días después de la siembra*

Tratamiento	Sustrato	Especie de Pitahaya	Promedio	Duncan
T1: Testigo 1	A0	B1: Roja	1.40	A
T3	A1	B1: Roja	1.40	A
T8	A3	B2: Amarilla	1.16	A
T4	A1	B2: Amarilla	1.00	A
T7	A3	B1: Roja	0.87	A
T2: Testigo 2	A0	B2: Amarilla	0.87	A
T6	A2	B2: Amarilla	0.83	A
T5	A2	B1: Roja	0.63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Al realizar la prueba de comparación de medias o criterio de prueba DUNCAN de la Interacción A\*B (Tipo de sustrato y especie de pitahaya respectivamente) para el peso de raíz a los 120 días después de la siembra con un nivel de significancia de 95 % ( $\alpha=5\%$ ), se puede apreciar en la (Tabla 13) y en la (Figura 21), que el mayor promedio de peso de la raíz de la interacción lo alcanzaron los tratamientos T1 y T3 (1.40 g), seguido por los tratamientos T8 y T4 con promedios de 1.16 g 1.00 g respectivamente, observándose también que los tratamientos T7 y T2 presentan el mismo peso de raíz con 0.87 g, correspondiendo al tratamiento T6 0.83 g y el tratamiento T5 fue el de menor peso de raíz con 0.63 g, no presentando diferencias estadísticas entre tratamientos, siendo por tanto similares.



**Figura 21.** Prueba DUNCAN ( $\alpha=5\%$ ) (interacción A\*B) para el peso de la raíz (g) a los 120 días después de la siembra

En cuanto al peso de raíces en el sustrato que más peso se ganó fue en A1 Franco arenoso (75 % arena de río+25 % tierra negra) con valor de 1.20 g, y el menor peso obtenido de 0.73g en el sustrato A2, pero realizando la comparación de los 4 sustratos la diferencia es no significativa, Chocaca (2019) encontró diferencias significativas al comparar 2 longitudes de esquejes de 45 y 30 cm con sustrato enriquecido (50 % arena de río + turba de montaña 25 % + humus de lombriz 25 %) donde la longitud de 30 cm alcanzó mayor peso de raíz, en la investigación la especie roja es “sobresaliente” con peso de 1.08 g, y al realizar la interacción del sustrato con la especie de pitahaya los tratamientos T3 y T1 reportan peso de 1.40 g y el menor de 0.63 g resultados obtenidos distan mucho de otras investigaciones realizadas.

En la investigación de Aguilar (2015), quien probó tres enraizantes (ANA, estiércol bovino enriquecido con fósforo y dos cepas de *Trichoderma harzianum* ThLE24 y ThLE26 y dos tamaños de esquejes o estacas de 30 y 50 cm de altura, donde determinó que los cladodios de mayor longitud tienen mayor cantidad de raíz y por ende mayor peso de raíces 13.62 g, quien menciona a Artmann y Kester (1998) los cuales señalan que el tamaño del cladodio tiene relación directa con el fenómeno de rizogénesis, con el mayor número y longitud de raíces, los cuales determinan el peso, también López et al. (2000) menciona que el tamaño del esqueje está relacionado con la cantidad de raíces que pueda emitir, es decir está en influencia directa.

El peso de la raíz Corres (2009) afirma que se obtiene mayor peso con suelo convencional como sustrato, atribuible a la rizósfera que posee el suelo y le brinda las condiciones óptimas como humedad, temperatura, porosidad; son componentes que favorecen al crecimiento de la raíz.

La pitahaya roja se desempeñó mejor en condiciones de sombra, principalmente con plantas sombreadas hasta en un 35 %. En dichas condiciones las plantas muestran una mayor actividad fotosintética, uso eficiente de agua, carboxilación y crecimiento vegetativo, a 180 días de evaluación. Esto proporciona una base sólida para la producción de propágulos de pitahaya en invernadero Almeida et al. (2018).

## CONCLUSIONES

El desarrollo de los esquejes de las especies (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer) respecto a los sustratos utilizados son similares entre ellos.

La interacción de los sustratos evaluados sobre la propagación asexual de las dos especies de pitahaya evaluadas (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), indican que influyen estadísticamente de modo similar sobre variables evaluadas (número de brotes, longitud de los brotes, diámetro de brotes y longitud de la raíz).

La especie *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer (pitajaya amarilla), es la que presenta el mejor comportamiento en las variables evaluadas (número de brotes, longitud de los brotes, diámetro de brotes y longitud de la raíz).

## **RECOMENDACIONES**

Realizar nuevos ensayos evaluando los mismos sustratos, pero incorporando un inductor hormonal para la formación de raíces.

Realizar ensayos utilizando nuevos sustratos y otros tamaños de esquejes, evaluando las interacciones entre ellos.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, G. S. (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 Licenciatura. Universidad Nacional de Loja.
- Bernardo, E. I.; Medeiros, M. C.; Cajazeira, J. P.; Fernandes, R.; Alcântara, M. M. y Braga, B. (2016). Cultivo de *Hylocereus* sp. com enfoque na propagação vegetativa, sombreamento e adubação mineral. *Revista Agro@mbiente On-line*, 10 (1), 65 – 76. doi:10.18227/1982-8470ragro.v10i1.2823
- Almeida, E. I. B.; de Medeiros, M.C.; Mesquita, R. O.; Queiroz, R. F.; Cajazeira, J. P.; y Amorim, F. F. V. R. (2018). *Crescimento e intercâmbios de gas de pitaya roja bajo diferentes condiciones de sombreado*. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*, 13(3), 1 - 8.
- Artmann, T. Kester, E. (1998). *Propagación de plantas*. Cia. Editorial Continental, S.A. México. 760 págs.
- Blanco, M.; Orúe, R.; Rojas, E.; Neira, A.; Cortez, N. (2008). *Efectos de enmiendas nutricionales en nopal (Opuntia ficus indica L.), un recurso natural no explotado en Nicaragua*. LIV Reunión Anual del PCCMCA. San José, CR. 284 pág.
- Balaguera, H. E.; Morales, E. I.; Almanza, P. J. & Balaguera, W. A. (2011). *El tamaño del cladodio y los niveles de auxina influyen en la propagación asexual de pitaya (Selenicereus megalanthus Haw.)*. *Revista Colombiana de Ciências Hortícolas*, 4(1), pp. 33-42. doi: 10.17584/rcch.2010v4i1.1222.
- Castro, D. (2018). *Crescimento e acúmulo de nutrientes das pitaias vermelha e saboros*. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/36536>. Universida de Federal do Ceará. Fortaleza - Brazil
- CEZA (Centro de estudos de zonas áridas) (2011). *Pitahaya*. Disponible en <http://www.provar.uchile.cl/doc/PITAHAYA%202011.pdf>.
- Cerqueda, R., H. (2012). *Propagación sexual y asexual de la pitahaya (Hylocereus spp)*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/9870>
- Chocaca, W. D. (2019). *Interacción de tipos de sustrato con dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla (Cereus triangularis) en el distrito de*

*Churuja –Región Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas. Perú. 74 pág.

Corres, A. (2009). *Efecto del fertirriego en la propagación sexual y asexual de la pitahaya (hylocereus undatus) bajo cultivo sin suelo*. Tesis maestro en ciencias. Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. 115 p.

Dallos, M. (2010). *Selenicereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel)*. Moran (Cactaceae). Bogota-Colombia. 31 pág.

Fratoni, M.; Rodrigues, K.; Moreira, A. (2019). *Aplicação de NPK em mudas de pitaya amarela cultivadas em areia e composto orgânico*. Semina: Ciências Agrárias 40: 2179-2188 pag.

Ecoagricultor (2018). *Sustrato para plantas en macetas*. Disponible en <https://www.ecoagricultor.com/sustrato-plantas-mace>

Filho, F.; Almeida, B.; Barroso, M.; Cajazeira, J.; Corrêa, M. (2014). *Longitud de la pila y concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) en la propagación vegetativa de pitaya*. Revista Agronomic Science, Jaboticabal, v. 45, n. 4, pág. 788-793.

Galdámez, J.; Aguilar, C. E.; Gutiérrez, A.; Mendoza, S. (2010). *Cimiento local de clases de tierra y su productividad agrícola en la depresión central de Chiapas*. Disponible en: [https://dgip.unach.mx/images/pdf-revista-quehacercientifico/quehacercientifico-2010-ener jun/3\\_QCCH\\_9\\_Conocimiento\\_local\\_de\\_clases.pdf](https://dgip.unach.mx/images/pdf-revista-quehacercientifico/quehacercientifico-2010-ener jun/3_QCCH_9_Conocimiento_local_de_clases.pdf)

García. (2013). *Cultivo de pitaya*. Disponible en [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/cultivo%20de%20pitaya.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/cultivo%20de%20pitaya.pdf).

García, R., L., A; Vargas, P., O.; Ramírez, M., F., J.; Munguía, L., G.; Corona., O., C., A; Cruz, H., T. (2015). *Distribución geográfica de Hylocereus (Cactaceae) en México*. Botanical Sciences 93(4):921. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.282>.

García, B, M. E; Quirós M, O. (2011). *Análisis del comportamiento de mercado de la pitahaya (Hylocereus undatus) en Costa Rica*. Revista tecnología en marcha 23(2):14-24 pág.

Galvão, E.; Ramos, J. D; Pio, L.; Laredo, R.; Silva, P.; Miranda, J. (2016). *Sustratos y ácido indol-3-butírico en la producción de plántulas de pitaia rojo con pulpa blanca*. Revista Ceres, Viçosa, MG, c. 63, n. 6, pág. 860-867 pág.

- Gomes, I. (2021). *Calagem para o cultivo da Pitaia vermelha em região tropical. Universidade Federal do Ceará.* disponible en <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/56847>. Fortaleza- Brazil
- InfoAgro. (2021). *El cultivo de pitahaya.* Madrid – España. obtenido de: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_pitahaya.asp#google\\_vignette](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_pitahaya.asp#google_vignette)
- Iskander, R. (2002). *Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta.* Department of Horticultural Sciences. (En línea). Texas, US.
- Kishore, K. (2016). *Phenological growth stages of dragon fruit (Hylocereus undatus) according to the extended BBCH-scale.* Scientia Horticulturae 213:294-302 . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.047>
- Lim, T. K. (2012). *Hylocereus undatus* . Dordrecht, Springer Netherlands. pág. 650-655 DOI: <https://doi.org/10.1007/978-90-481-8661-792>.
- López, R.; Días J.C.; Flores G. (2000). *Propagación vegetativa de tres especies de cactáceas: Pitaya (Stenocereus griseus), Tunillo (Stenocereus stellatus) y Jotilla (Escontria chiotilla).* Agrociencia 34(4), 363-367.
- Marqués, V.B; Moreira, R.A; Ramos, JD; Araújo, NA de; Silva, FO dos R. (2011). *Fenología reproductiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. Ciência Rural* 41(6):984-987. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000071>.
- McCune, B., y Grace, J. B. (2002). *Analysis of ecological communities MjM software.* Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Montoya Miranda, R. M., & Umanzor Ubeda, M. J. (2013). *Evaluación de diferentes sustratos usados en la propagación de las especies de nopal (Opuntia ficus indica L.) y pitahaya (Hylocereus undatus Britt et Rose.), Managua* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Montesinos, C, J. A.; Rodríguez, L. A.; Ortiz, R.; Fonseca, M.; Guevara, F. (2015). *Pitahaya (Hylocereus spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano.* 36. 67-76 pág.
- Monsalve, C., O. I.; Henao T., M. C., & Gutiérrez, D., J. S. (2021). *Caracterización de materiales con uso potencial como sustratos en sistemas de cultivo sin suelo.* Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 22(1). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num1\\_art:1977](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1977)

- Molina, D.; Vásconez, J.; Veliz, C., y Gonzales, V. (2009). *Producción y exportación de fruta de Pitahaya hacia el mercado europeo*.
- Nobel, PS; De la Barrera, E. (2002). Relaciones del tallo con el agua y absorción neta de CO<sub>2</sub> para un cactus hemiepífito durante una sequía a corto plazo. *Botánica ambiental y experimental*. 48(2):129-137. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00016-3](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00016-3).
- Ortiz, H, Y.D; Carillo, S, J. A. (2012). *Pitahaya (Hylocereus spp.): a short review*. *Comunicata Scientiae* 3(4):220-237 pág.
- Pontes F., F; Almeida, E.; Barroso, M.; Cajazeira, J.; Corrêa, M., M. (2014). *Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaiá*. *Revista Ciência Agrônômica* 45(4):788-793. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000400017>.
- PROCOMER (2019). Manual Técnico siembra de pitahaya. Costa Rica. 1 – 60 pag.
- Reinaldo, P. & Pereira, A. (2003). *Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela*. propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1),55-64.[fecha de Consulta 20 de Abril de 2021]. ISSN: 1316-3361. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85715107>
- Reyes, J.; Luna, R.; Murillo, B.; Nieto, A.; Hernández, L.; Rueda, E.; Preciado, P. (2017). *Uso de vermicompost y compost de jacinto de agua (Eichhornia crassipes) en el crecimiento de col morada (Brassica oleracea)*. *Interciencia*, vol. 42, núm. 9. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. 610-615 pág.
- Ruths, R.; Bonome, L. T. S.; Tomazi, Y.; Siqueira, D. J.; Moura, G. S.; Lima, C. S. M. (2019). *Influência da temperatura e luminosidade na germinação de sementes das espécies: Selenicereus setaceus, Hylocereus undatus e Hylocereus polyrhizus*. *Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages*, v. 18, n. 2.
- Santos, J. M.; Oliveira, J. A.; Lima, J. M. E.; Silva, H. W. (2018). *Maturidade fisiológica de sementes de pitaya*. *Revista de Ciências Agrárias*, [s. l.], v. 61, p.7.
- Santos, C.; Cerqueira, R.; Fernandes, L.; Dourado, F.; Ono, E. (2011). *Sustratos y regulador de planta para enraizamiento de esquejes de pitaya*. Suarez, R. S. Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla. *Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt & Rose y pitahaya roja *Hylocereus*. Palmira.

- Suárez-Román, R. 2011. Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt and Rose y pitahaya roja *Hylocereus polyrhizus* (Haw.) Britt and Rose. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Colombia. 280 pp.
- Vargas, G, K.A.; López, M, R. N. (2020). *Guía técnica del cultivo de pitahaya (Hylocereus megalanthus) en la región Amazonas*. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Equipo Técnico de Edición y Publicaciones. Lima- Perú. 21 pág.
- Vásquez, M. y Bacalla, Y. (2018). *Propuesta de modelo de negocio para mejorar el posicionamiento de mercado, asociación la flor de la pitahaya, Distrito de Churuja, Amazonas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.
- Verona, A.; Urcia, J.; & Paucar, L.M. (2020). *Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos*. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453.  
<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Vozmediano J., (1982). *Fruticultura: Fisiología, ecología del árbol frutal y tecnología aplicada*. Servicio de Publicaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.

**ANEXOS**

a). Plantas matriz



*Figura 22:* Parcela matriz

b). Tipo de esqueje colectado de la planta matriz



*Figura 23:* Esquejes colectados. A: *Pitahaya amarilla*, B: *pitahaya roja*.

c). Establecimiento de ensayo



**Figura 24:** Establecimiento. A y B: Limpieza del perímetro del vivero, C y D: construcción de camas de crecimiento.

d). Preparación de sustrato y llenado de bolsas



**Figura 25:** proceso de instalación de experimento. A, B: Tierra negra y zarandeo. C, D: Esterilización del sustrato. E: Mezcla de sustrato, F: llenado de bolsas y siembra de esquejes.

**e). Aplicación insecticida**



*Figura 26:* control de insectos.

**f) evaluación diámetro de brotes**



*Figura 27:* Evaluación de las variables.

**g) Esquejes enraizados**

**Figura 28:** Esquejes enraizados de los tratamientos evaluados.

**Anexo 8.**

Número de brotes día 120 después de la siembra

TRAT.	CÓDIGO	NÚMERO DE PLANTAS										PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1: Testigo 1	A0B1	1	0	0	1	2	1	0	1	1	0	0,78
T2: Testigo 2	A0B2	2	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1,00
T3	A1B1	1	1	1	0	1	1	2	0	0	0	0,78
T4	A1B2	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0,56
T5	A2B1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0,33
T6	A2B2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0,33
T7	A3B1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0,56
T8	A3B2	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0,56
T1: Testigo 1	A0B1	1	1	1	1	1	3	2	0	1	0	1,22
T2: Testigo 2	A0B2	3	2	1	1	3	1	1	0	0	0	1,33
T3	A1B1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0,78
T4	A1B2	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0,78
T5	A2B1	0	1	1	1	0	1	2	1	0	0	0,78
T6	A2B2	2	0	1	1	1	2	2	2	0	0	1,22
T7	A3B1	1	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0,67
T8	A3B2	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	0,89
T1: Testigo 1	A0B1	1	1	0	1	1	1	2	2	2	0	1,22
T2: Testigo 2	A0B2	1	1	2	1	2	1	1	1	0	0	1,11
T3	A1B1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	1,00
T4	A1B2	1	1	1	1	1	1	1	3	0	0	1,11
T5	A2B1	1	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0,67
T6	A2B2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,89
T7	A3B1	1	1	0	1	1	3	1	1	0	0	1,00
T8	A3B2	1	0	3	1	1	1	1	2	0	0	1,11

**Anexo 9.**

## Longitud de brotes día 120 después de la siembra

TRAT.	CÓDIGO	NÚMERO DE PLANTAS										PROM.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1: Testigo 1	A0B1	5	0	0	25,2	37,4	57	0	13	2	0	15,51
T2: Testigo 2	A0B2	54	14	4,7	19	1,7	0	1,4	27	12,6	0	14,93
	T3	A1B1	12,1	6,2	18,1	0	0	0	39,9	0	0	8,48
	T4	A1B2	0	0	10,6	36	0	27,3	0	16,4	0	10,03
	T5	A2B1	43,8	0	0	0	11,4	0	52	0	0	11,91
	T6	A2B2	0	39,1	3,2	0	0	12,1	0	0	0	6,04
	T7	A3B1	13,9	13	31,2	0	0	0	29,5	32	0	13,29
	T8	A3B2	0	13	58,4	0	0	0	50,1	43,2	0	18,30
T1: Testigo 1	A0B1	10	81,5	18,1	28	2	37,4	20	0	14,1	0	23,46
T2: Testigo 2	A0B2	40,4	24	37,1	35,9	50,2	17	2	0	0	0	22,96
	T3	A1B1	15	33	24	27	16	36,2	24	0	0	19,47
	T4	A1B2	30,2	45	0	28,5	24	52,2	13,5	67,1	0	28,94
	T5	A2B1	0	14,5	23	3	0	12	13	39,6	0	11,68
	T6	A2B2	26	0	17	8,6	17,1	41	19	45	0	19,30
	T7	A3B1	23,2	22	0	16,8	0	0	11,1	21,5	0	10,51
	T8	A3B2	15	20,4	29,6	35	24,4	0	45,2	29,4	0	22,11
T1: Testigo 1	A0B1	31,4	14,2	0	54,5	28	28,9	39,2	50	22	0	29,80
T2: Testigo 2	A0B2	36,4	48,6	57,5	2,9	28,2	17	23,6	16	0	0	25,58
	T3	A1B1	50,4	40,2	56	40,4	31,2	38,4	63	29	0	38,73
	T4	A1B2	20,4	48	48,9	27,2	36,1	11	22	23	0	26,29
	T5	A2B1	17	0	0	0	5,4	21	13,4	9,4	0	7,36
	T6	A2B2	21	8,4	14,8	36	18,4	24	20,2	11,5	0	17,14
	T7	A3B1	25,4	16,5	12,5	22,4	19,5	28,4	57,1	49,8	0	25,73
	T8	A3B2	3,1	0	17,4	26,1	6,2	47,4	10,8	43	0	17,11

**Anexo 10.**

Diámetro de brotes día 120 después de la siembra

TRAT.	CÓDIGO	NÚMERO DE PLANTAS										PROM.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1: Testigo 1	A0B1	11,5	0	0	25,9	25,5	24,3	0	21,1	6,69	0	12,78
T2: Testigo 2	A0B2	30,3	25,6	9,37	19,2	6,4	0	6,27	24,4	24,2	0	16,19
	T3	A1B1	24,3	10,4	26,3	0	4,94	22,8	25,6	0	0	12,70
	T4	A1B2	0	0	21,3	24,5	0	23,9	0	13,3	0	9,22
	T5	A2B1	21,3	0	0	0	17,4	0	16,2	0	0	6,10
	T6	A2B2	0	24,1	8,28	0	0	19,9	0	0	0	5,81
	T7	A3B1	18,2	29,7	25,8	24,8	0	0	21,1	26,1	0	16,19
	T8	A3B2	0	26,3	0	24,4	0	0	21,2	20,1	0	10,23
T1: Testigo 1	A0B1	17,9	28,3	31,2	29,8	6,05	25,8	25,3	0	23,2	0	20,83
T2: Testigo 2	A0B2	26,9	27	28,9	24,2	28,4	27,6	7,83	0	0	0	18,99
	T3	A1B1	28,1	21,8	28,1	33,9	28,2	30,1	30,6	0	0	22,32
	T4	A1B2	25,9	25,2	0	29,1	28,7	25,4	23,2	27,2	0	20,52
	T5	A2B1	0	28,6	27	8,74	0	26,7	21,4	25,1	0	15,28
	T6	A2B2	28,7	0	23,8	20,3	24,5	23,9	23,2	28,2	0	19,16
	T7	A3B1	27,5	24,4	0	21,9	0	0	16,8	25,4	0	12,89
	T8	A3B2	21,3	26,5	28,3	24,6	27,6	0	25,5	23,2	0	19,66
T1: Testigo 1	A0B1	24,7	26,9	0	24,5	22,3	22,7	28,4	21,5	24,3	0	21,71
T2: Testigo 2	A0B2	26,3	26,4	26,8	6,6	22,6	22,6	17,9	20,4	0	0	18,85
	T3	A1B1	23,8	20,1	17,8	23,8	21	19,2	23,1	22	0	18,98
	T4	A1B2	21,4	25,8	23,9	22,6	22	21,2	21,9	23,8	0	20,29
	T5	A2B1	17	0	0	0	15	16,8	22,6	23,8	0	10,58
	T6	A2B2	17,1	16,8	15,7	19,2	19,4	22,7	24,1	20,7	0	17,30
	T7	A3B1	16,5	17,8	0	20,9	20,3	24	16,9	22	0	15,39
	T8	A3B2	6,67	0	22,3	23,6	19,1	26,7	18,8	20,4	0	15,29

**Anexo 11.**

Longitud de raíz días 120 después de la siembra

TRAT.	CÓDIGO	NÚMERO DE PLANTAS										PROM.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1: Testigo 1	A0B1	34,6	26,2	20,4	23,6	35	33,2	33,8	76,8	0	0	35,45
T2: Testigo 2	A0B2	31,4	49,8	29,4	25,6	32,8	37,4	53,2	25,2	0	0	35,61
	T3	39,5	35	32,2	25,3	33	22,2	28,5	30,2	0	0	30,74
	T4	25,5	36,5	37	26,4	35	19	28,5	50	0	0	32,24
	T5	28	50,2	48,5	24	24,5	39	9	38,5	0	0	32,71
	T6	28,4	20,6	26,1	27,6	33,2	23	22,4	29,1	0	0	26,30
	T7	33,8	26	21,8	26,5	20,8	30,2	25,4	41	0	0	28,19
	T8	34,2	34,8	33,1	32,8	22,2	19,9	30,1	29,7	0	0	29,60
T1: Testigo 1	A0B1	28	29,2	29	52	39,5	24	22	37,5	0	0	32,65
T2: Testigo 2	A0B2	25,3	20,1	28,2	22	41	49,5	29	20,5	0	0	29,45
	T3	42	39	47	34	30,2	33,4	38,6	38,8	0	0	37,88
	T4	20,4	33,2	46,4	21,5	29,6	47	25,2	21,4	0	0	30,59
	T5	0	26	48,7	19,4	25,2	24,6	36,7	22,3	0	0	25,36
	T6	21,5	28,1	34	36,4	22,5	39,8	27,4	24	0	0	29,21
	T7	28,2	54,6	31,4	12,8	23,9	20,5	30,6	21	0	0	27,88
	T8	26,4	41,5	48,4	46,2	48,8	32,1	45,9	49,6	0	0	42,36
T1: Testigo 1	A0B1	30,6	25,2	25,2	34,9	44,5	23,2	26,1	34,3	0	0	30,50
T2: Testigo 2	A0B2	37,6	23,4	38,8	40,2	21,9	39,4	28,4	28,2	0	0	32,24
	T3	30,2	20,7	35	26,2	32,6	36,4	56,2	28,4	0	0	33,21
	T4	17,2	23,4	24	22,9	21,4	26	35	26,9	0	0	24,60
	T5	23,1	20,6	26,3	0	18,6	30	26,8	34,4	0	0	22,48
	T6	23,6	27,2	30,4	29,5	25,4	26	27,5	21,4	0	0	26,38
	T7	33,1	44,6	22,6	19,8	21,8	21,6	23,7	28,6	0	0	26,98
	T8	22,4	22,7	36,2	20,6	26,8	30,6	20,8	31,8	0	0	26,49

## Anexo 12.

## Peso de raíz día 120 después de la siembra

TRAT.	CÓDIGO	NÚMERO DE PLANTAS										PROM.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T1: Testigo 1	A0B1	0,71	0,8	0,57	0,52	0,78	0,62	0,69	2,63	0	0	0,92
T2: Testigo 2	A0B2	0,42	0,51	0,61	0,56	0,23	0,68	0,44	0,37	0	0	0,48
	T3	0,62	1,73	1	1,01	0,99	0,59	0,32	0,5	0	0	0,85
	T4	0,79	0,72	1,07	0,7	0,8	0,37	1,06	1,97	0	0	0,94
	T5	1,13	0,59	0,98	1,23	1	0,56	0,7	0,92	0	0	0,89
	T6	2,12	0,9	0,98	1,88	1,29	1,31	1,42	1,02	0	0	1,37
	T7	1,58	1,26	2,06	1,5	0,35	0,35	2,4	0,72	0	0	1,28
	T8	1,8	2,13	0,62	2,79	0,76	0,15	2,01	1,51	0	0	1,47
T1: Testigo 1	A0B1	0,66	1,05	2,6	2,31	1,11	0,9	2,81	0,63	0	0	1,51
T2: Testigo 2	A0B2	1,08	0,33	1,69	0,81	2,58	0,34	1,09	0,39	0	0	1,04
	T3	0,64	1,17	1,02	0,98	3,23	0,73	3	2,05	0	0	1,60
	T4	0,81	1,11	1,12	1,63	0,83	1,3	1,63	0,48	0	0	1,11
	T5	0	0,66	0,63	0,71	0,15	0,53	0,32	0,66	0	0	0,46
	T6	0,74	0,28	0,58	1,63	0,27	0,79	0,9	0,31	0	0	0,69
	T7	1,92	0,27	0,76	0,21	0,59	0,6	1,12	1,8	0	0	0,91
	T8	3,7	1,62	2,4	1,31	2,32	0,27	1	1,33	0	0	1,74
T1: Testigo 1	A0B1	2,6	2,1	2,27	1,34	1,97	1,46	1,6	0,83	0	0	1,77
T2: Testigo 2	A0B2	1,43	0,78	1,27	1,08	0,66	0,34	1,34	1,74	0	0	1,08
	T3	2,71	1,73	2,06	1,3	2,08	2,53	1	0,53	0	0	1,74
	T4	0,08	0,94	1,23	0,6	0,64	0,4	2,83	0,86	0	0	0,95
	T5	1,61	0,55	0,58	0	0,47	0,23	0,24	0,68	0	0	0,55
	T6	0,74	0,6	0,22	0,45	0,6	0,29	0,53	0,07	0	0	0,44
	T7	0,7	1,07	0,26	0,16	0,14	0,28	0,43	0,31	0	0	0,42
	T8	0,11	0,2	0,53	0,26	0,07	0,41	0,15	0,36	0	0	0,26