

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO  
(AIB) EN EL ENRAIZAMIENTO DE PITAHAYA AMARILLA  
(*Selenicereus megalanthus* Haw.) BAJO CONDICIONES DE VIVERO  
EN PUCALLPA**

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRONOMO

JACKELIN NATALI, TINEO SILVA

Pucallpa, Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



ANEXO 4

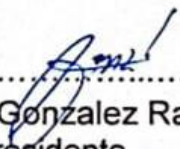
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Jackelin Natali Tineo Silva**, denominada: **“Efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.)” bajo condiciones de vivero en Pucallpa**” para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: Aprobada por unanimidad..... con el calificativo (\*) 18. (dieciocho).....

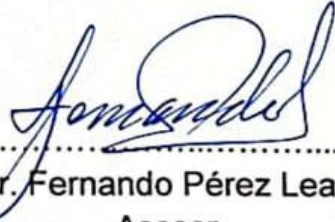
En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 07 de noviembre de 2024.

  
.....  
Ing. Isaiás González Ramírez  
Presidente

  
.....  
Mg. Luis Alberto Díaz Sandoval  
Primer Miembro

  
.....  
M.Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán  
Segundo Miembro

  
.....  
Dr. Fernando Pérez Leal  
Asesor

(\*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

## ACTA DE APROBACION DE TESIS

**Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.**

Ing. Isaías Gonzalez Ramírez

  
.....  
PRESIDENTE

Mg. Luis Alberto Díaz Sandoval

  
.....  
PRIMER MIEMBRO

M.Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán

  
.....  
SEGUNDO MIEMBRO

Dr. Fernando Pérez Leal

  
.....  
ASESOR

Bach. Jackelin Natali Tineo Silva

  
.....  
TESISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

N° V/0607-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

**“EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) EN EL ENRAIZAMIENTO DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus* Haw.) BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN PUCALLPA”**

Autor(es) : TINEO SILVA, JACKELIN NATALI  
Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Escuela : AGRONOMÍA  
Asesor(a) : Dr. PÉREZ LEAL, FERNANDO

Presenta un **porcentaje de similitud de 1%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO, De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 28/10/2024



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA  
Director de Producción Intelectual



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Jackelin Natali Tineo Silva

Autor de la tesis titulada: Efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus Haw.) bajo condiciones de vivero en Pucallpa

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. Fernanda Perez Leal

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

Autorizo la publicación:

PARCIAL

TOTAL

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali ([www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)), bajo los siguientes términos:

**Primero:** Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo:** Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 03/12/2024

Email: jackelintineosilva@gmail.com Firma: [Firma]

Teléfono: 997 873 548 DNI: 75540195

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de investigación a Dios por darme la vida, por darme fortaleza en los momentos de debilidad, por ser mi guía en cada momento y por poner en mi vida a las personas adecuadas.

A mis amados padres, Juana Silva Calderón y Prospero Tineo Valentín, este logro es el reflejo de su amor incondicional y del sacrificio que hicieron para darme una educación de calidad, me llena de orgullo poder honrarlos con este trabajo de investigación.

A mis hermanos, Nayva, Cecilia, Elisabeth, Roos Mery, Carlos, Beatriz, Krissell, por estar siempre para mí, por ser mis principales consejeros, por darme tanto amor durante toda mi vida, y por motivarme a conseguir mis sueños.

A mi hermanita Carolina, a quien no tuve el privilegio de conocer, pero cuyo amor y protección siento desde el cielo en cada paso de mi vida.

A mis queridos sobrinos, quienes han sido una fuente constante de alegría y felicidad en mi vida

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por impulsarme a alcanzar mis sueños y por inculcarme valores que me han permitido alcanzar mis metas. También agradezco a mis hermanos por su constante apoyo durante mi formación profesional, son un ejemplo de que con esfuerzo y dedicación se pueden cumplir los objetivos.

A la Universidad Nacional de Ucayali, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en especial a mi gloriosa Escuela Profesional de Agronomía por acogerme durante mis años de estudio, una de las etapas más enriquecedoras de mi vida. Gracias por permitirme cumplir el sueño de ser profesional y por permitirme conocer a personas increíbles a quienes siempre los llevo en mi corazón.

A los docentes de la escuela profesional de agronomía por compartir sus conocimientos, experiencias y por su arduo trabajo y dedicación para formar profesionales de excelencia. Al Dr. Edagardo L. Brul Gomero por su constante apoyo y motivación.

Al Dr. Fernando Pérez Leal, mi asesor, por su compromiso y dedicación. Su experiencia y valiosas recomendaciones fueron clave para el desarrollo de este proyecto.

A mis jurados, Ing. Isaías Gonzales, M. Sc Luis Sandoval y M. Sc Jessica Rios, los agradezco profundamente por su valioso tiempo y dedicación en la revisión y evaluación de mi tesis.

A mi colega Luis Fernando Oliva Rojas, le agradezco profundamente por su invaluable apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Por su dedicación y por compartir conmigo sus conocimientos; sin su constante respaldo y orientación, no habría sido posible alcanzar este logro.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción y fundamentación del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Objetivo general y objetivos específicos.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis.....	5
1.4.1. Hipótesis general.....	5
1.4.2. Hipótesis específicas.....	5
1.5. Operacionalización de las variables.....	6
1.5.1. Variable independiente:.....	6
1.5.2. Variable dependiente:.....	6
1.6. Justificación e importancia.....	7
1.7. Viabilidad.....	9
1.8. Limitaciones.....	11
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Antecedentes de la investigación.....	13
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	13
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	15

2.1.3.	Antecedentes locales.....	18
2.2.	Bases teóricas .....	21
2.2.1.	Origen y distribución .....	21
2.2.2.	Generalidades del cultivo .....	23
2.2.3.	Clasificación taxonómica .....	24
2.2.4.	Descripción botánica .....	24
2.2.5.	Etapas del desarrollo fenológico.....	29
2.2.6.	Metabolismos de las plantas CAM.....	31
2.2.7.	Requerimientos edafoclimáticos.....	31
2.2.8.	Variedades .....	34
2.2.9.	Características de la fruta de Pitahaya amarilla.....	36
2.2.10.	Composición química de la pitahaya amarilla.....	37
2.2.11.	Métodos de propagación de la pitahaya .....	38
2.2.12.	Enfermedades en el proceso de propagación.....	40
2.2.13.	Bases anatómicas y fisiológicas para la formación de raíces .....	42
2.2.14.	Rol de las hormonas en el enraizamiento .....	44
	<b>CAPÍTULO III METODOLOGIA .....</b>	<b>47</b>
3.1.	Método de investigación.....	47
3.2.	Tipo y nivel de investigación.....	47
3.3.	Población y muestra.....	47
3.3.1.	Población .....	47
3.3.2.	Muestra .....	48
3.4.	Componentes en estudio.....	48
3.5.	Tratamientos en estudio.....	48
3.6.	Diseño experimental.....	49

3.7.	Análisis de la varianza.....	50
3.8.	Ejecución del experimento .....	52
3.8.1.	Lugar y periodo del estudio.....	52
3.8.2.	Condiciones ecológicas y climáticas .....	54
3.8.3.	Proceso experimental.....	54
3.8.4.	Variables evaluadas .....	58
CAPÍTULO IV RESULTADOS .....		61
4.1.	Enraizamiento.....	61
4.1.1.	Porcentaje de enraizamiento (%).....	61
4.2.	Crecimiento radicular .....	63
4.2.1.	Número de raíces.....	63
4.2.2.	Longitud de raíz (cm).....	66
4.2.3.	Volumen de raíces (cm <sup>3</sup> ) .....	69
4.3.	Crecimiento vegetativo.....	72
4.3.1.	Número de brotes.....	72
4.3.2.	Longitud de brotes (cm) .....	75
4.3.3.	Porcentaje de cladodios con brotes.....	78
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		82
5.1.	Enraizamiento.....	82
5.2.	Crecimiento radicular .....	83
5.2.1.	Número de raíces.....	83
5.2.2.	Longitud de raíz.....	84
5.2.3.	Volumen de raíz.....	85
5.3.	Crecimiento vegetativo.....	86
5.3.1.	Número de brotes.....	86

5.3.2.	Longitud de brotes .....	87
5.3.3.	Porcentaje de cladodios con brotes.....	88
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES .....		90
CAPÍTULO VII RECOMENDACIONES .....		91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		92
ANEXOS.....		104

## RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de distintas dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en condiciones de vivero en Pucallpa, en el laboratorio de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali. Se implementó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos, que incluyeron cuatro concentraciones de AIB (500, 1000, 2000, y 3000 ppm) más un testigo, replicados cuatro veces. Las variables analizadas fueron el porcentaje de enraizamiento, el crecimiento radicular y vegetativo, incluyendo número de raíces, longitud y volumen de raíces, número de brotes, longitud de brotes y porcentaje de brotación. Los resultados revelaron que la dosis de 2000 ppm de AIB fue la más efectiva, alcanzando un 100% de enraizamiento y el mejor desarrollo radicular y vegetativo, con 15.90 raíces y 34.66 cm de longitud de raíces, así como 3.65 brotes con una longitud de 75.99 cm y un 100% de brotación. Este estudio concluye que la concentración de 2000 ppm de AIB es óptima para la propagación de cladodios de pitahaya en Pucallpa, favoreciendo tanto el enraizamiento como el crecimiento vegetativo.

**Palabras claves:** Ácido indolbutírico (AIB), Crecimiento vegetativo, Enraizamiento, Pitahaya amarilla, Propagación.

## **ABSTRACT**

The present study evaluated the effect of different doses of indole-3-butyric acid (IBA) on the rooting of yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.) under nursery conditions in Pucallpa, conducted at the hydroponics laboratory of the National University of Ucayali. A Completely Randomized Design (CRD) was used, with five treatments including four IBA concentrations (500, 1000, 2000, and 3000 ppm) and a control, replicated four times. The analyzed variables included rooting percentage, root and vegetative growth, such as the number of roots, root length and volume, number of shoots, shoot length, and sprouting percentage. Results showed that the 2000 ppm IBA dose was the most effective, achieving 100% rooting and the best root and vegetative development, with 15.90 roots and 34.66 cm of root length, as well as 3.65 shoots with a length of 75.99 cm and 100% sprouting. This study concludes that 2000 ppm IBA concentration is optimal for the propagation of pitahaya cladodes in Pucallpa, enhancing both rooting and vegetative growth.

**Keywords:** Indole-3-butyric acid (IBA), Vegetative growth, Rooting, Yellow pitahaya, Propagation.

## INDICE DE TABLAS

### En el texto:

Tabla 1	Clasificación taxonómica de pitahaya amarilla .....	24
Tabla 2	Composición nutricional de la pitahaya por 100 gramos .....	37
Tabla 3	Tratamientos en estudio para el enraizamiento de pitahaya .....	49
Tabla 4	Esquema del análisis de la variancia de la investigación .....	50
Tabla 5	Tamaño y características del estudio. ....	52
Tabla 6	Condiciones climáticas durante el período de estudio.....	54
Tabla 7	Variables respuesta evaluades .....	58
Tabla 8	ANOVA de varianza para porcentaje de enraizamiento .....	61
Tabla 9	Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para porcentaje de enraizamiento .....	62
Tabla 10	ANOVA para número de raíces.....	64
Tabla 11	Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para número de raíces .....	65
Tabla 12	ANVA para longitud de raíz.....	67
Tabla 13	Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para longitud de raíz .....	68
Tabla 14	ANOVA para volumen de raíces.....	70
Tabla 15	Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para volumen de raíces. ....	71
Tabla 16	ANOVA para número de brotes. ....	73
Tabla 17	Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para número de brotes.....	74
Tabla 18	ANOVA para longitud de brotes.....	76
Tabla 19	Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para longitud de brotes. ....	77
Tabla 20	ANOVA para porcentaje de cladodios con brotes.....	79
Tabla 21	Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para porcentaje de cladodios con brotes .....	80

### En el anexo:

Tabla 30A	Porcentaje de enraizamiento a los 90 días con AIB .....	105
-----------	---	-----

Tabla 31A	Número de raíces a los 90 días con AIB .....	105
Tabla 32A	Longitud de raíz (cm) a los 90 días con AIB .....	106
Tabla 33A	Volumen de raíces cm <sup>3</sup> a los 90 días con AIB .....	106
Tabla 34A	Número de brotes cladodios a los 90 días con AIB .....	107
Tabla 35A	Longitud de brotes a los 90 días con AIB .....	107
Tabla 36A	Porcentaje de cladodios con brotes a los 90 días con AIB .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

### En el texto:

<b>Figura 1</b>	Diagrama de asignación de los tratamientos (DCA) .....	51
<b>Figura 2</b>	Ubicación del área de estudio. ....	53
<b>Figura 3</b>	Tratamiento de los cladodios de pitahaya y orientación de la siembra. ....	56
<b>Figura 4</b>	porcentaje promedio de enraizamiento de cladodios de pitahaya amarilla....	63
<b>Figura 5</b>	Promedio de número de raíces a los 90 días. ....	66
<b>Figura 6</b>	Promedio de longitud de raíz a los 90 días. ....	69
<b>Figura 7</b>	Promedio de volumen de raíz a los 90 días. ....	72
<b>Figura 8</b>	Promedio de número de brotes a los 90 días .....	75
<b>Figura 9</b>	Promedio de longitud de brotes a los 90 días. ....	78
<b>Figura 10</b>	Porcentaje de cladodios de pitahaya con brotes a los 90 días. ....	81
<b>Figura 1A</b>	Construcción del vivero .....	109
<b>Figura 2A</b>	Nivelación del terreno en el vivero.....	109
<b>Figura 3A</b>	Preparación de cladodios de pitahaya .....	110
<b>Figura 4A</b>	Preparación de los tratamientos .....	110
<b>Figura 5A</b>	Aplicación de los tratamiento y distribución de las unidades experimentales.....	111
<b>Figura 6A</b>	Evaluación de longitud de raíces .....	111
<b>Figura 7A</b>	Evaluación del volumen de la raíz.....	112
<b>Figura 8A</b>	Evaluación de la cantidad de cladodio.....	112
<b>Figura 9A</b>	Evaluación de longitud de brotes.....	113
<b>Figura 10A</b>	Supervisión de jurados .....	113

## INTRODUCCIÓN

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es un cultivo no tradicional que ha ganado popularidad en el ámbito agroalimentario, especialmente en regiones tropicales de América. Originaria de países como México, Colombia y algunas zonas del Caribe, esta fruta exótica ha encontrado un espacio significativo en los mercados internacionales, donde su demanda ha crecido notablemente en países como Estados Unidos, Europa y Japón, gracias a sus características sensoriales y sus múltiples beneficios para la salud (Verona et al., 2020). La pitahaya se destaca no solo por su atractivo exterior, caracterizado por una piel amarilla brillante y pulpa blanca con semillas negras, sino también por su sabor dulce y refrescante, lo que la convierte en un ingrediente popular para consumir fresco, así como en la elaboración de jugos, cocteles y productos derivados como cerveza y vino (Martínez et al., 2017).

En términos nutricionales, la pitahaya es rica en fibra, vitaminas C y B, y antioxidantes, lo que contribuye a su creciente aceptación entre los consumidores preocupados por la salud (Marcelo, 2020). Además, la planta presenta propiedades bioactivas, como cactina y flavonoides, que han sido utilizadas en la medicina tradicional para el tratamiento de diversas afecciones, incluyendo problemas digestivos y antiinflamatorios. Su morfología trepadora y su capacidad de adaptación a diferentes climas y suelos hacen que la pitahaya sea un cultivo versátil y resiliente, ideal para sistemas agroecológicos sostenibles (Suárez, 2011). Sin embargo, a pesar de sus múltiples ventajas, la producción de pitahaya amarilla enfrenta desafíos significativos, particularmente en el desarrollo de técnicas agronómicas que aseguren un sistema radical robusto y uniforme. Esto

es crucial para garantizar la calidad del fruto y cumplir con las exigencias del mercado (Balaguera, 2011).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo general determinar el efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en condiciones de vivero en Pucallpa. Para alcanzar este objetivo, se establecen los siguientes objetivos específicos: primero, determinar la mejor dosis de ácido indolbutírico (AIB) como enraizante de pitahaya amarilla en el porcentaje de enraizamiento bajo condiciones de vivero en Pucallpa; y segundo, evaluar el efecto de las dosis de ácido indolbutírico en el crecimiento radicular y vegetativo en cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero en Pucallpa. Estos objetivos se enfocan en optimizar el uso de AIB, un fitorregulador reconocido por su capacidad para mejorar el enraizamiento de diversas especies vegetales, con el fin de maximizar la producción de esta fruta exótica en la región.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción y fundamentación del problema

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) se ha convertido en un cultivo de interés creciente en la agricultura peruana debido a su alto valor comercial y a su potencial para diversificar la producción agrícola en regiones tropicales como Ucayali. Sin embargo, el proceso de enraizamiento de esta planta es crítico para su éxito, ya que determina la capacidad de adaptación y el rendimiento en condiciones de campo (López & Guido, 2019). A pesar de su importancia, se observa que los métodos actuales de propagación a través de estacas o cladodios presentan limitaciones significativas, incluyendo bajos porcentajes de enraizamiento y falta de uniformidad en el desarrollo radicular, lo que afecta la competitividad y la productividad del cultivo (Montesinos et al., 2015).

Uno de los factores que puede influir en el enraizamiento es el uso de fitorreguladores, como el ácido indolbutírico (AIB), que se ha demostrado que estimula el desarrollo de raíces en diversas especies vegetales (López et al., 2023). Sin embargo, la falta de información específica sobre la aplicación de diferentes dosis de AIB en el enraizamiento de pitahaya amarilla limita la implementación de técnicas efectivas que podrían mejorar significativamente la tasa de enraizamiento y el crecimiento inicial de las plántulas (Rodríguez, 2019).

La situación actual en la región de Pucallpa es preocupante, ya que muchos agricultores enfrentan desafíos para lograr un enraizamiento efectivo, lo que repercute en la producción y en la estabilidad económica de sus cultivos. La escasez de investigaciones

sobre la aplicación de AIB en el cultivo de pitahaya subraya la necesidad de realizar estudios que determinen la mejor dosis y sus efectos en el crecimiento radicular y vegetativo.

Por lo tanto, es fundamental investigar cómo diferentes dosis de ácido indolbutírico pueden optimizar el enraizamiento de *Selenicereus megalanthus*, con el objetivo de establecer prácticas de cultivo más efectivas que no solo mejoren la tasa de supervivencia de las plántulas, sino que también contribuyan al desarrollo sostenible de este cultivo en la región. Es por eso que nos planteamos las siguientes interrogantes:

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw) bajo condiciones de vivero en Pucallpa?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la dosis de AIB más efectiva como enraizante de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) bajo condiciones de vivero en Pucallpa?
- ¿Cómo influyen las diferentes dosis de AIB en el crecimiento radicular y vegetativo de los cladodios de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) en condiciones de vivero en Pucallpa?

### **1.3. Objetivo general y objetivos específicos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.) bajo condiciones de vivero en Pucallpa.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la mejor dosis de ácido indolbutírico (AIB) como enraizante de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en el porcentaje de enraizamiento bajo condiciones de vivero en Pucallpa.
- Evaluar el efecto de las dosis de ácido indolbutírico en el crecimiento radicular y vegetativo en cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero en Pucallpa.

### **1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

Si se utiliza diferentes dosis de ácido indolbutírico en el enraizamiento de cladodios de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) bajo condiciones de vivero, se determinará el que de mayor porcentaje de enraizamiento y mejores cladodios enraizados.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- Al menos una de las dosis empleadas como enraizantes presentará resultados altamente significativos en porcentaje de enraizamiento bajo condiciones de vivero.

- Al menos unas de las dosis empleadas tendrán efecto en el crecimiento radicular y vegetativo en los cladodios de pitahaya.

## **1.5. Operacionalización de las variables**

### **1.5.1. Variable independiente:**

#### **a. Tipos de sustratos**

- Sin Ácido indolbutírico (Testigo)
- Ácido indolbutírico a 2000 ppm
- Ácido indolbutírico a 3000 ppm
- Ácido indolbutírico a 4000 ppm
- Ácido indolbutírico a 5000 ppm

### **1.5.2. Variable dependiente:**

#### **a. Enraizamiento**

- Porcentaje de enraizamiento

#### **b. Crecimiento radicular**

- Número de raíces formadas
- Longitud de raíz (cm)
- Volumen de raíces (m<sup>3</sup>)

#### **c. Crecimiento vegetativo**

- Número de brotes
- Longitud de brotes (cm)
- Porcentaje de cladodios con brotes (%)

## **1.6. Justificación e importancia**

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* var. Amazónica) es un fruto promovido por la OMS por su riqueza en antioxidantes, vitaminas, minerales y fibra, lo que le otorga propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, clasificándola como un "fruto nutraceutico". La creciente tendencia mundial hacia productos naturales saludables ha aumentado la demanda de esta fruta, brindándole un potencial prometedor para las agroexportaciones peruanas, especialmente en momentos de escasez en los mercados extranjeros. En Perú, la producción de pitahaya ha crecido un 25% debido a la alta demanda y precios en el exterior, así como a su rentabilidad para el agro. Su adaptabilidad climática y alto potencial productivo la convierten en una opción viable para el desarrollo económico y agroindustrial en diversas regiones, tanto tropicales como desérticas (Bedoya, 2024).

### **a. Justificación teórica**

Los resultados de esta investigación científica proporcionarán información actualizada y relevante, que contribuirá al desarrollo de una teoría fundamentada sobre el efecto de las dosis de ácido indolbutírico en la propagación de *Selenicereus megalanthus* Haw. Además, este estudio permitirá establecer prácticas más eficientes que no solo incrementen las tasas de enraizamiento, sino que también reduzcan los costos de producción. Esto ofrecerá a los agricultores una alternativa económica viable para el cultivo de pitahaya, fomentando su expansión y sostenibilidad en el mercado.

### **b. Justificación ambiental**

La investigación de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de pitahaya se fundamenta en su baja incidencia de impactos negativos en el medio ambiente. Al ser aplicado de forma adecuada, no genera alteraciones ambientales significativas en el proceso

de propagación de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). Su uso contribuye a una producción más controlada y a la sostenibilidad de los ecosistemas donde se cultiva la pitahaya, promoviendo un equilibrio entre producción agrícola y conservación ambiental.

### **c. Justificación económica**

Las pérdidas económicas asociadas a la producción de pitahaya amarilla, que se ven afectadas por la lenta generación de plantas y su bajo vigor en el campo, han llevado a la necesidad de desarrollar nuevos métodos y técnicas de propagación. Esto se debe, entre otros factores, a la alta mortalidad de los cladodios plantados y la deficiente calidad de las plantas madre y la dimensiónla de los cladodios (Taípe, 2022).

La propagación de la pitahaya se puede lograr en el menor tiempo posible por medio de la propagación vegetativa o asexual principalmente por varetas, sin embargo acelerar el proceso de enraizamiento y obtener mayor número de plantas de calidad en menor tiempo posible y abaratar costos, tiempos e insumos y a su vez acelerar el crecimiento y desarrollo de las plantas técnicamente se usa diferentes tipos de enraizantes los cuales brinda la capacidad a la vareta obtener mayor masa radical y por ende garantizando su prendimiento, anclaje y mayor capacidad de asimilación de nutrientes (Vélez & Zambrano, 2022).

Debido a las continuas pérdidas en el proceso de obtención de plantas de pitahayas han impulsado la necesidad de encontrar soluciones más efectivas. Evaluar cómo diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) afectan el enraizamiento es fundamental, ya que esto podría mejorar notablemente la tasa de éxito en la propagación de estas especies. Esto no solo contribuiría a reducir los altos índices de mortalidad de los cladodios, sino que también elevaría la calidad de las plantas madre y el tamaño de los cladodios, lo que resulta en una producción más rentable. Además, al optimizar el proceso de enraizamiento, los agricultores

podrían conseguir plantas en menos tiempo, lo que tendría un impacto económico positivo en sus ingresos y en la calidad de vida de sus familias.

#### **d. Justificación social**

La evaluación del efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es de gran relevancia para los agricultores, ya que les permitirá optimizar el uso de este enraizante en sus prácticas de propagación. Al implementar dosis adecuadas de AIB, los productores podrán mejorar la tasa de enraizamiento, lo que se traducirá en una obtención más rápida de plántones saludables. Esto no solo facilitará el aumento de la producción, sino que también reducirá los costos asociados a la propagación. Esta mejora en la producción contribuye a la estabilidad económica de las familias agricultoras y fomenta el desarrollo sostenible en la región. En última instancia, el uso eficaz de AIB en el enraizamiento representa una estrategia que beneficia tanto a los productores como a la comunidad, promoviendo un entorno agrícola más próspero y resiliente.

#### **1.7. Viabilidad**

El proyecto se considera viable porque se logró abordar de manera positiva el problema de investigación. Se logró identificar con éxito el efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) bajo condiciones de vivero en Pucallpa. La factibilidad del proyecto se vio impulsada por los siguientes aspectos:

Importancia de la investigación: Al estudiar los efectos de diferentes dosis de AIB en el enraizamiento de la pitahaya amarilla, se aporta un conocimiento valioso tanto para el

ámbito científico como para el agrícola. Esta investigación no solo se centra en optimizar el uso de reguladores de crecimiento en plantas tropicales, sino que también establece una base sólida para futuras investigaciones sobre otros cultivos relevantes en contextos similares. En regiones tropicales como Pucallpa, donde la pitahaya se está posicionando como un cultivo económicamente atractivo, definir las dosis adecuadas de AIB tiene aplicaciones prácticas inmediatas. Esto no solo mejorará la eficiencia del cultivo, sino que también incrementará la productividad de los agricultores locales. Además, los conocimientos generados pueden aplicarse a otros cultivos que requieran un buen enraizamiento, lo que amplía el impacto de la investigación.

**Optimización de recursos agrícolas:** Al aplicar adecuadamente el ácido indolbutírico (AIB), se puede incrementar la eficiencia en la producción agrícola. Este regulador promueve un enraizamiento más rápido y efectivo de las plantas, lo que acorta el tiempo que las plántulas necesitan para establecerse en el vivero y reduce significativamente la cantidad de recursos, como agua y sustratos, requeridos para su mantenimiento antes del trasplante. Con un desarrollo radicular más robusto, las plantas absorben mejor los nutrientes y el agua, disminuyendo así la dependencia de insumos adicionales. Esto genera ahorros económicos y contribuye a prácticas agrícolas más sostenibles. Esta optimización en el uso de recursos también se traduce en un aumento de la productividad general, ya que plántulas más saludables y vigorosas suelen resultar en mayores rendimientos de cultivos, mejorando así la rentabilidad de las explotaciones y contribuyendo a la seguridad alimentaria local.

**Innovación y desarrollo tecnológico agrícola:** Identificar la dosis óptima de ácido indolbutírico (AIB) abre la puerta a nuevas estrategias de manejo agrícola que optimizan el enraizamiento y el crecimiento de las plantas. Estos hallazgos pueden ser la base para

desarrollar paquetes tecnológicos adaptados a las condiciones específicas de Pucallpa, considerando factores como el clima, el tipo de suelo y los recursos disponibles. Estos paquetes incluirían recomendaciones prácticas sobre el uso adecuado de AIB, además de otras tecnologías agrícolas que facilitarían el trabajo en viveros y aumentarían la eficiencia de las explotaciones agrícolas de pequeña y mediana escala. Implementar prácticas basadas en estudios científicos permitirá a los productores optimizar sus recursos y ser más competitivos en el mercado, logrando así una producción más sostenible y rentable a largo plazo.

Impacto ambiental: Utilizar el ácido indolbutírico (AIB) en el cultivo de pitahaya amarilla tiene una viabilidad ambiental importante al fomentar prácticas agrícolas sostenibles. Facilitar un enraizamiento más eficiente con el AIB disminuye la necesidad de insumos químicos, lo que ayuda a reducir la contaminación del suelo y el agua. Además, un sistema de raíces más desarrollado optimiza el uso del agua, lo que resulta en un menor requerimiento de riego, especialmente en áreas donde el agua es escasa. La adopción del AIB también puede incentivar a los agricultores a implementar prácticas más sostenibles, como el manejo integrado de plagas, lo que beneficia la salud del ecosistema y la biodiversidad local. En conjunto, estas estrategias no solo aumentan la productividad agrícola, sino que también ayudan a conservar los recursos naturales y garantizan la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo.

## **1.8. Limitaciones**

Durante la ejecución y desarrollo del proyecto de investigación sobre el efecto de diferentes dosis de ácido indolbutírico en el enraizamiento de pitahaya (*Selenicereus*

*megalanthus* Haw.) bajo condiciones de vivero en Pucallpa, se identificaron ciertas limitaciones:

Disponibilidad de recursos: Una de las principales limitaciones fue la obtención y transporte de los cladodios. Estos tuvieron que ser trasladados desde otra región, lo que presentó un reto logístico por la gran distancia. Durante el traslado, algunos cladodios resultaron dañados o maltratados. Asimismo, la obtención del ácido indolbutírico (AIB) fue otra limitante, ya que se necesitaba que el AIB fuera de alta pureza para garantizar la precisión en los resultados, lo cual complicó su adquisición, ya que no estaba disponible en la región. Esta situación retrasó la ejecución del proyecto.

Escala del estudio: El proyecto se llevó a cabo en un tiempo limitado, lo que impidió evaluar los efectos del AIB a largo plazo. Es posible que las plantas respondan de manera diferente en otras fases de su crecimiento o durante distintas épocas del año.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Montejo (2020) llevó a cabo una investigación en Jacaltenango, Huehuetenango, con el propósito de analizar cómo diferentes sustratos y enraizadores influyen en la propagación vegetativa de la pitahaya. Para este estudio, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, organizando los tratamientos en un arreglo combinatorio, lo que dio lugar a doce combinaciones con cuatro repeticiones cada una. Las variables estudiadas incluyeron tanto el crecimiento vegetativo (como el porcentaje de estacas enraizadas y la longitud de brotes) como el crecimiento de las raíces (por ejemplo, la longitud y peso de las raíces). Los resultados indicaron que la broza funcionó como el mejor sustrato, mientras que el ácido indolbutírico fue el enraizador más efectivo. En términos de rentabilidad, la combinación de broza con ácido indolbutírico resultó ser la más viable, con un margen de ganancia del 79.69%.

El trabajo de Garbanzo et al. (2021) exploró la propagación de la pitahaya a través de dos experimentos. En el primero, se emplearon cladodios de 40 cm tratados con soluciones naturales como agua de coco, agua de pipa y extractos de lentejas en diversas concentraciones (150, 300 y 600 ml/L). En el segundo experimento, se estudió el efecto del tamaño de los cladodios, que oscilaban entre 20 y 110 cm, en un periodo de 60 días. Los hallazgos mostraron que el uso de agua de coco en concentraciones de 300 y 600 ml/L favoreció un mayor crecimiento en la longitud de los brotes, mientras que el agua de pipa a 300 ml/L generó las raíces más robustas en peso seco y fresco. Se concluyó que los cladodios

de mayor tamaño (60 cm o más) ofrecían un desarrollo óptimo, mientras que aquellos de entre 30 y 60 cm presentaban una calidad media.

En el estudio de Ortiz (2022), se analizó el impacto de dos enraizantes y distintos tiempos de desaviado en la propagación de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) en la parroquia de Sangay, Morona Santiago. Los cladodios seleccionados fueron de tamaños de 50 y 100 cm y se les aplicaron tratamientos con ácido naftalenacético y extracto de alga marina *Ecklonia maxima*. Las variables evaluadas incluyeron la aparición de brotes, longitud de raíces, número de brotes y porcentaje de prendimiento, utilizando un diseño experimental de bloques al azar con disposición trifactorial. Los resultados indicaron que el ácido naftalenacético favoreció el desarrollo de las raíces, mientras que un periodo de desaviado de seis días mejoró la formación de brotes, y los cladodios de 100 cm mostraron un mayor crecimiento.

Vélez y Zambrano (2022) se enfocaron en la propagación asexual de dos variedades de pitahaya, la roja (*Hylocereus undatus*) y la amarilla (*Selenicereus megalanthus*), en el Valle del Río Carrizal. Evaluaron diferentes combinaciones de longitud de varetas y enraizadores (Citokyn y Trichotic), así como un control sin enraizante, mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para la comparación de medias. Los resultados destacaron que las varetas de mayor longitud (0,80 m) tuvieron un mejor rendimiento en términos de número de brotes, mientras que las de 0,50 m presentaron un mejor peso de la masa radicular. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en otras variables como el porcentaje de enraizamiento y la tasa de mortalidad.

Navarrete (2023) investigó el uso de diferentes soluciones nutritivas (SN) para el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en condiciones controladas de invernadero. Se

aplicaron cinco soluciones de macroelementos, incluyendo las formulaciones de Steiner, Hoagland y Hewit, durante un periodo de nueve meses. El estudio abarcó tanto mediciones no destructivas (como altura de planta y número de brotes) como evaluaciones destructivas al finalizar el experimento (peso fresco y seco de la parte aérea y radicular, y volumen de raíces). Los resultados mostraron diferencias significativas en varias características vegetativas y de la biomasa, lo que permitió identificar las combinaciones más efectivas para el crecimiento de la pitahaya bajo estas condiciones.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Rodríguez (2019) llevó a cabo un estudio en Milpuc-Rodríguez de Mendoza con el objetivo de evaluar el impacto del ácido indolbutírico (AIB) en la propagación vegetativa de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) utilizando distintos sustratos bajo condiciones de vivero. En su investigación, trabajó con esquejes homogéneos y aplicó varias concentraciones de AIB, así como diferentes sustratos (tierra negra, turba, y una mezcla de ambos). El experimento se organizó bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 4 x 3, resultando en 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno. Se aplicó análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) y la prueba de Tukey ( $p \leq 0.01$ ) para el análisis de los resultados. Los hallazgos indicaron que el AIB, especialmente a dosis de 3000 mg/L y 4000 mg/L, promovió un mayor desarrollo en términos de longitud y número de raíces, resultados que fueron similares cuando se utilizó turba como sustrato. Sin embargo, la interacción entre el AIB y los diferentes sustratos no mostró diferencias significativas.

Alcarazo (2021) investigó el efecto de dos productos hormonales y tres niveles de dosis auxínicas en el enraizamiento de esquejes de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* K. Schum. ex Vaupel) en Nueva Cajamarca. Su enfoque fue cuantitativo, empleando un diseño

completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 3, junto con un tratamiento testigo, sumando seis tratamientos y un testigo. Los productos evaluados fueron Root-Hor y Max Rayz, con concentraciones de auxinas de 1000, 2000 y 3000 ppm. El experimento se desarrolló a lo largo de 90 días, con evaluaciones periódicas cada 30 días, analizando variables como número y longitud de raíces, masa radicular, y crecimiento de los brotes. Root-Hor se destacó al alcanzar un promedio de 5.85 raíces a los 90 días, superando los resultados del tratamiento testigo. Aunque no se observaron diferencias significativas en la longitud de las raíces entre los tratamientos, Root-Hor también mostró un desempeño superior en términos de masa radicular y longitud de brotes, con 50.89 g y 47.47 cm, respectivamente.

En su investigación Taípe (2022), desarrollada en la comunidad de Huarpa, evaluando la eficacia de tres combinaciones de té de fosfocompost con extractos vegetales en la propagación de *Hylocereus undatus* y *Selenicereus megalanthus*. El estudio se realizó entre noviembre de 2019 y abril de 2020, usando un diseño de bloques completamente al azar con disposición bifactorial. Las combinaciones incluyeron té de fosfocompost, mezclas con agua de coco, extracto de sábila, y combinaciones de estos, además de un control sin enraizante. Se evaluaron variables como el número de raíces, longitud y peso de las raíces (fresco y seco), cantidad y longitud de brotes, así como el porcentaje de enraizamiento. Los resultados indicaron que los agentes enraizantes combinados con extractos vegetales beneficiaron de manera significativa a la pitahaya roja en comparación con la amarilla, destacando el té de fosfocompost más extracto de sábila como el más efectivo en promover el desarrollo radicular.

Carrera (2023) investigó los efectos de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el crecimiento de cladodios de pitahaya (*Hylocereus undatus*), utilizando tres dosis diferentes (25 ml/L, 50 ml/L y 75 ml/L). El estudio se organizó bajo un diseño completamente al azar (DCA), con un total de cuatro tratamientos y doce repeticiones. A partir de los datos obtenidos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados evidenciaron que la aplicación de 75 ml/L de EM promovió un mayor crecimiento en longitud de brotes, así como en peso fresco y seco de brotes y raíces. Las diferencias entre las dosis de 50 ml/L y 75 ml/L, aunque no significativas en todas las variables, mostraron una tendencia general a un mejor rendimiento con dosis más altas.

Gómez (2023) en su investigación se enfocó en analizar las dosis de Root-Hor, el tamaño de esquejes y diferentes sustratos para la propagación vegetativa de la pitahaya (*Hylocereus spp.*), variedad *Physical Graffiti*, bajo condiciones controladas en la irrigación Majes. El objetivo fue estimular el crecimiento de raíces y aumentar la biomasa de los esquejes de esta variedad. En el estudio se evaluaron tres concentraciones de Root-hor® (0%, 0.5% y 1.0%), dos tamaños de esquejes (20 cm y 40 cm), y tres tipos de sustratos (arena pura, una mezcla de arena y vermicompost) al 50%, y vermicompost puro), lo que dio lugar a 18 tratamientos en total. Empleando un diseño experimental completamente al azar (DCA) con un esquema factorial de 3x2x3, los resultados mostraron que la mejor opción para promover el crecimiento de las raíces, tanto en longitud como en número, así como en la biomasa fresca y seca, fue sumergida. esquejes de 20 cm en una solución de Root-hor® al 0.5%, plantados en una mezcla de arena y vermicompost al 50%.

Vargas (2023), desarrolló una investigación en la provincia de Camaná, Arequipa, centrada en la propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante un sistema hidropónico de raíces flotantes y utilizando dos enraizantes comerciales. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos: un testigo (T0), Rapid-Root (AIB) (T1), Root-Hor (ANA) (T2) y una mezcla de ambos productos (T3). Las evaluaciones se realizaron a los 60 y 90 días para analizar el desarrollo de los esquejes. Los resultados mostraron que los enraizantes utilizados mejoraron el crecimiento radicular comparado con el control, aunque la combinación de Root-Hor y Rapid Root no mostró un rendimiento superior respecto a su uso individual.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Según García (2022), su investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la eficacia del tiempo de inmersión de dos fitorreguladores en la propagación asexual de estacas de mandarina (*Citrus reticulata* var. Tango) bajo condiciones de una cámara de subirrigación. Se empleó un diseño de Bloques Completamente al Azar (DCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 27 unidades experimentales. Los fitorreguladores utilizados fueron el Ácido Indolbutírico (AIB) y el Ácido Naftalenacético (ANA), ambos a una concentración de 200 ppm y con tiempos de inmersión de 1, 3, 6 y 9 minutos. Las variables evaluadas incluyeron el porcentaje de estacas enraizadas, porcentaje de formación de callos, número y longitud de raíces, porcentaje de estacas con brotación, número de brotes y tasa de mortalidad. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey para identificar diferencias significativas. Los resultados indicaron que los mejores resultados en el enraizamiento se obtuvieron con el tratamiento T5 (AIB a 200 ppm durante 9 minutos) y el T9 (ANA a 200 ppm durante 9 minutos).

De acuerdo con Manihuari (2022), en su estudio se analizó la influencia de tres sustratos (cascarilla de arroz carbonizada, fibra de palma y turba de Sphagnum) y cuatro concentraciones de AIB (6000 ppm, 8000 ppm y 10000 ppm) en el enraizamiento de estacas juveniles de Copaiba. La investigación utilizó un diseño totalmente aleatorio (DCA) con una disposición. El estudio empleó un diseño completamente al azar (DCA) con factorial 3 x 4, generando 12 tratamientos con 10 repeticiones cada uno, sumando un total de 24 estacas por tratamiento. Se analizaron variables como el porcentaje de supervivencia, porcentaje de enraizamiento, número y longitud de brotes, así como el número y longitud de raíces. Tras 90 días de observación, los resultados mostraron que ni los tipos de sustrato ni las concentraciones de AIB tuvieron un efecto significativo en el enraizamiento y supervivencia de las estacas juveniles, concluyendo que no se observó un efecto relevante en la producción de plántones de Copaiba.

Según Callupe (2023), su investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tiempos de inmersión de dos fitorreguladores (AIB y ANA) en el enraizamiento de estacas de camu camu (*Myrciaria* sp.) en una cámara de subirrigación. Utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 4x2, considerando cuatro tiempos de inmersión (12, 24, 36 y 48 horas) y dos tipos de fitorreguladores, formando un total de 8 tratamientos con 4 repeticiones (32 unidades experimentales). Se evaluaron variables como el porcentaje de formación de callos, enraizamiento, número y longitud de raíces, número y longitud de brotes, y porcentaje de supervivencia. Los análisis de varianza y la prueba de Tukey mostraron que los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento T4 (48 horas de inmersión en AIB a 200 ppm) y T5 (12 horas de inmersión en ANA a 200 ppm), lo cual

destacó la importancia de los tiempos de inmersión prolongados para mejorar el enraizamiento en camu camu.

De acuerdo con Lima (2023), su investigación se enfocó en determinar el impacto de diversas concentraciones de Ácido Indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) utilizando una cámara de subirrigación en Pucallpa. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos (control, AIB/200 ppm, AIB/300 ppm, AIB/400 ppm, AIB/500 ppm), todos con un tiempo de inmersión de 10 segundos y tres repeticiones. Los análisis mostraron que, aunque la aplicación de AIB no generó diferencias significativas en las variables medidas ( $p < 0.05$ ), los tratamientos T2 (AIB a 200 ppm) y T3 (AIB a 300 ppm) presentaron mejores resultados. Se recomendó mantener la humedad relativa dentro de la cámara entre el 60 y 80% y asegurar condiciones óptimas de iluminación para mejorar el proceso de enraizamiento.

Según Pinedo (2023), en su investigación buscó evaluar el efecto de diferentes concentraciones de AIB (0, 2000, 4000 y 6000 ppm) y tipos de sustratos (arena, aserrín descompuesto y una mezcla de arena + aserrín descompuesto) sobre la propagación de estacas de Ajo Sacha. Se utilizaron 360 estacas, aplicando un diseño completamente al azar (DCA) con 12 tratamientos. Los resultados mostraron que los tratamientos T4 (arena con 2000 ppm), T5 (mezcla de aserrín y arena con 2000 ppm) y T7 (arena con 4000 ppm) presentaron los mayores porcentajes de supervivencia (96.67%). En cuanto al porcentaje de enraizamiento, los tratamientos T4, T10 (arena con 6000 ppm) y T12 (aserrín con 6000 ppm) alcanzaron el 80%. El tratamiento T5 mostró el mayor porcentaje de formación de callos (76.67%), y T12 obtuvo el mayor porcentaje de brotes foliares (40.00%) y la mayor longitud

de raíces (8.86 cm). El estudio concluyó que la propagación de la especie Ajo Sacha por estacas es viable bajo estas condiciones.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Origen y distribución**

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es una cactácea originaria de la región andina, con una distribución geográfica que abarca países como Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. Tanto *Selenicereus megalanthus* como *Hylocereus undatus* provienen del continente americano, probablemente de Colombia. Lo más relevante de este cultivo es su amplia variabilidad genética, su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y sus múltiples usos. Además, la pitahaya ofrece un alto potencial de industrialización, lo que permite agregarle valor, junto con su productividad, rentabilidad y gran aceptación en los mercados tanto regionales como internacionales (Bellido & Calderón, 2020).

La pitahaya se ha distribuido a lo largo de varios continentes, con su mayor producción concentrada en China y países como Vietnam y Tailandia. En Europa, no era muy conocida hasta mediados de los años 90, pero hoy en día se clasifica entre las frutas exóticas. En América, Ecuador está impulsando la comercialización de la pitahaya, reconociendo su alto potencial económico. En Estados Unidos, las principales áreas de cultivo se encuentran en el sur de California, Florida y Hawái, donde la producción ha ido aumentando a medida que los agricultores adquieren más conocimientos sobre el cultivo. En Florida, por ejemplo, la producción creció aproximadamente seis veces entre 2006 y 2010, motivada por la promesa de altos rendimientos y la creciente demanda tanto de los mercados estadounidenses como chinos (Navarrete, 2023).

La pitahaya se cultiva entre los 500 y 1900 metros sobre el nivel del mar, en un rango de temperaturas de 18 a 25°C, con una precipitación anual que varía entre 1200 y 2500 mm y una humedad relativa de entre el 70 y 80%. Esta fruta es climática, lo que significa que sigue madurando después de ser cortada de la planta, especialmente cuando es cosechada con más del 70% de su cáscara amarilla. Sin embargo, si se recolecta antes de alcanzar ese nivel de madurez, actúa como una fruta no climática, similar a los capsicums. Los consumidores valoran principalmente sus características físicas, ya que su apariencia exótica, con colores vivos y llamativos, la hace especialmente atractiva. A pesar de su potencial, en Perú el cultivo es relativamente reciente, y la tecnología disponible para su producción es limitada (Vásquez et al., 2016).

La pitahaya abarca una amplia variedad de géneros, ya que presenta diferencias notables en su apariencia externa, como en la forma y curvatura de los esquejes y las aristas de cada especie. Además, estas plantas se han adaptado a vivir en condiciones desérticas, ya que son parte de la vegetación xerófila. En su estado silvestre, se encuentran principalmente en América Central y en el norte de Sudamérica, en países como Venezuela, Colombia, Costa Rica y Brasil. Las especies cultivadas, por su parte, se encuentran en lugares como Bolivia, Israel, Panamá, Perú y Vietnam (Bellido & Calderón, 2020).

Las primeras producciones de pitahaya en Perú se llevaron a cabo en regiones tropicales y subtropicales, especialmente en el distrito de Churuja, en Amazonas. Anteriormente, la pitahaya se encontraba de forma silvestre en esa zona, creciendo sobre árboles, troncos y rocas, usándolas como soporte. Al ser una planta con fototropismo positivo, que responde a la luz, es capaz de soportar largos periodos de sequía. Esto permite a los pequeños agricultores mantener una agricultura convencional y competitiva sin

necesidad de tecnologías complejas, lo que les facilita producir en grandes cantidades para fines de exportación (Vásquez et al.,2016).

### **2.2.2. Generalidades del cultivo**

Las cactáceas comprenden una familia de aproximadamente 1600 especies. Estas plantas se destacan por su uso altamente eficiente del agua, con eficiencias de cinco a diez veces superiores a las de los cultivos tradicionales, lo que significa que sus necesidades hídricas son bajas. De entre las cactáceas, alrededor de 35 especies tienen potencial agrícola, ya sea para la producción de frutos, vegetales o como forraje (Nobel, 1994, citado por Castro, 2021).

La pitahaya, como planta xerófita adaptada a condiciones áridas, ha desarrollado diversas estrategias para gestionar el agua de manera eficiente. Entre estas adaptaciones se incluyen un sistema radicular extenso y superficial que le permite captar el agua disponible en el suelo, además de contar con estructuras aéreas que presentan cutículas gruesas o reducidas y un menor número de estomas, lo que limita la pérdida de agua por transpiración. También posee un parénquima especializado en almacenar agua, lo que se evidencia en la consistencia carnosa de sus partes aéreas (Montesinos et al., 2015). Reconocida por su aspecto exótico y atractivo, la pitahaya se ha expandido a distintos países desde la época colonial y, en años recientes, ha despertado un creciente interés por su cultivo comercial (Montejo, 2020).

En Sudamérica, las pitahayas más comercializadas son dos variedades principales: la de corteza amarilla (*Selenicereus megalanthus*), que es la más demandada, ya que la región ha sido pionera en la producción y difusión de esta variedad. La segunda variedad con alta demanda es la pitahaya rosada (*Hylocereus undatus*). En los países en desarrollo, más del

30% de la producción se pierde debido a un manejo inadecuado en la postcosecha, lo que afecta la calidad de la fruta y acelera su deterioro. (Ali et al., 2014, citado por Bellido & Calderón, 2020).

### 2.2.3. Clasificación taxonómica

Guanuche y Holguin (2021), señala que existen 1.438 especies reconocidas en la familia de las cactáceas, de acuerdo a esta última clasificación, la taxonomía de a pitahaya géneros *Hylocereus* y *Selenicereus* se presenta a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de pitahaya amarilla*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
Subreino	Tracheobionta
Super división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllale
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Cactoideae
Tribu	Hylocereae
Género	Selenicereus
Especie	Megalanthus
Nombre común	Pitahaya amarilla

*Nota:* Tomada de Rodriguez (2019, p.32).

### 2.2.4. Descripción botánica

La pitahaya, forma parte de la familia de las cactáceas, se distingue por ser una planta trepadora y de naturaleza perenne. Es un arbusto con un amplio sistema de ramificación, que

puede alcanzar alturas de entre 0,5 y 2 metros (Montesinos et al., 2015). Su apariencia exótica y sus llamativos frutos la han convertido en una opción muy valorada tanto en el ámbito de la jardinería como en la agricultura. Su hábito trepador le permite aferrarse a estructuras cercanas, mientras que su carácter perenne les otorga resistencia frente a distintas condiciones ambientales (Verona et al., 2020).

#### **2.2.4.1. Raíz**

La pitahaya presenta dos tipos de raíces: a) Las raíces primarias, que consisten en una roza de raíces finas y superficiales, cuya función principal es absorber nutrientes y agua; y b) Las raíces secundarias, también conocidas como adventicias, que se desarrollan en la parte aérea de la planta y sirven como soporte. Cuando la pitahaya crece sobre árboles, sus raíces no generan pelos absorbentes, sino que se extienden hacia el suelo, donde se ramifican. Si el suelo tiene un alto contenido de materia orgánica, las raíces tienden a desarrollarse superficialmente y cerca de la planta (Alcarazo, 2021).

Las pitahayas desarrollan dos tipos de raíces: las raíces primarias, que se encuentran en el suelo, y las raíces secundarias o adventicias, que crecen fuera de él. Las raíces primarias se extienden a lo largo del suelo, penetrando entre 5 y 25 cm de profundidad, con un área de expansión aproximada de 30 cm de diámetro. Las raíces secundarias, por su parte, se generan después de períodos prolongados de sequía, y su función es fijar y sostener la planta en su soporte, además de absorber agua y nutrientes del entorno (Huamani & Paucar, 2018).

#### **2.2.4.2. Tallo**

Las plantas de pitahaya son perennes y terrestres, con tallos verdes y triangulares. Estos tallos suelen ser largos y ramificados, con un diámetro de 5 a 6 cm, y

generalmente presentan tres costillas anchas. Son altamente suculentos, con una epidermis gruesa que cuenta con estomas, o pequeños poros hundidos, que ayudan a regular la pérdida de agua. Durante los periodos de sequía, sustancias como los mucílagos contribuyen a esta regulación. En las horas más cálidas del día, los estomas se cierran para minimizar la evaporación de agua (Huamani & Paucar, 2018).

El tallo actúa como un depósito y regulador de agua durante los meses de verano, tornándose de un color amarillento distintivo cuando está expuesto a niveles altos de radiación solar o presenta deficiencias nutricionales. Gracias a su cutícula delgada y transparente, la planta minimiza la pérdida de agua por evaporación (Taípe, 2022).

El tallo de la planta, conocido como cladodio, tiene una estructura leñosa rodeada por tres bordes suculentos de color verde. A lo largo de estos bordes se encuentran las areolas, que son cóncavas entre sí. En las areolas crecen espinas, y en algunas pueden aparecer brotes vegetativos o botones florales. Las espinas y estomas presentes en los cladodios ayudan a reducir la pérdida de agua por transpiración durante el día, cuando las temperaturas son altas. Los estomas se abren únicamente durante la noche para minimizar la evaporación de agua (Guerrero, 2014).

La pitahaya es una planta perenne y trepadora de tipo epífita, que se caracteriza por tener un tallo denominado penca, el cual es segmentado y generalmente presenta tres aristas definidas (Rodríguez, 2019). De acuerdo con Méndez y Coello (2016), los tallos, conocidos como cladodios, asumen la función de las hojas, ayudando a regular la temperatura interna de la planta durante momentos de estrés. La epidermis de estos cladodios contiene estomas y cloroplastos, y puede cambiar de color cuando la planta enfrenta deficiencias nutricionales o una exposición solar excesiva.

### **2.2.4.3. Flores**

Según López (2002) citado por Bedoya (2024) las flores de la pitahaya tienen una forma de trompeta y pueden ser blancas, amarillas o rosadas. Aparecen en las secciones de los tallos que reciben más luz solar, y su desarrollo está condicionado por un equilibrio adecuado entre el clima y el estado nutricional de la planta.

La flor de la pitahaya es hermafrodita, grande y puede medir entre 15 y 30 cm de longitud. Se caracteriza por ser vistosa, aromática y solitaria, con un color que varía entre el blanco y el rosado. Tiene una forma tubular o de trompeta, con segmentos exteriores de color blanco que son erectos o lanceolados, anchos y con punta apiculada. Los filamentos son delgados y de color crema, mientras que el ovario es ínfero y unilocular. Normalmente, la flor se abre una sola vez por la noche, aunque en algunos casos puede abrirse por la mañana o al atardecer. Su fragancia y néctar atraen a diversos insectos. Aunque la flor se autofecunda, también puede ocurrir polinización cruzada. Curiosamente, cuando las flores están cerradas durante el día, se han observado abejas en su interior. Las flores, al abrirse, se orientan hacia la luz de la luna o del sol, en las primeras y últimas horas del día. Estas brotan en las axilas de las espinas, en las zonas más expuestas de la planta. La floración depende de factores como la humedad, luz, temperatura y fertilización; cuando estos elementos son óptimos, se produce una buena floración (Imbert, et al., 2006) citado por (Huamani & Paucar, 2018).

### **2.2.4.4. Frutos**

El fruto es de tipo baya indehiscente, y adquiere un color amarillo cuando alcanza su madurez. Durante la fase inicial de desarrollo, después de la antesis, su color es verde. Presenta unas protuberancias conocidas como mamilas; en la parte superior del fruto se encuentra una bráctea, mientras que en la base surgen de 4 a 8 espinas en cada mamila.

Inicialmente, estas espinas son de color morado y van cambiando a marrón conforme el fruto maduro. Además, el fruto contiene numerosas semillas de color marrón o negro, brillantes, las cuales están cubiertas por un arilo, (Kondo et al., 2013).

El fruto es una baya indehiscente que adquiere un color amarillo al madurar. En la etapa inicial posterior a la antesis, su color es verde y presenta protuberancias conocidas como mamilas. En la parte superior tiene una bráctea, y en la base de esta emergen entre cuatro y ocho espinas por sitio. Al principio, estas espinas son moradas, pero se tornan marrones conforme el fruto maduro. Contiene numerosas semillas negras o marrones, de aspecto brillante, cubiertas por un arilo. La germinación de las semillas es casi del 100%, y su viabilidad, almacenadas a temperatura ambiente durante seis meses, supera el 90%. Los frutos pesan entre 70 y 390 gramos, con un diámetro de 45 a 90 mm y una longitud de 80 a 140 mm (Burgos, 2013, citado por Bedoya, 2024).

#### **2.2.4.5. Semilla**

Las semillas se encuentran distribuidas en la pulpa del fruto son muy pequeños y abundantes; están cubiertas por una sustancia mucilaginosa, son muy delicadas y normalmente presentan buena germinación. En la Pitahaya roja las semillas son pequeñas en comparación con la Pitahaya amarilla. Inicialmente tienen un color marrón oscuro, pero al madurar por completo se vuelven de un negro mate y brillante. Estas semillas están repartidas por toda la pulpa del fruto (Huamani & Paucar, 2018).

Las semillas son de color marrón oscuro en la etapa inicial de desarrollo del fruto y de color negro cuando el fruto está completamente maduro. Su forma es ovalada con interior blanco, textura dura y superficie lisa (Méndez & Coello, 2016).

## **2.2.5. Etapas del desarrollo fenológico**

### **2.2.5.1. Fase de germinación**

La germinación de las plantas de pitahaya se puede llevar a cabo de dos formas: mediante semillas viables o usando estacas. Las plantas que se desarrollan a partir de semillas generalmente tardan alrededor de tres años en producir sus primeros frutos, mientras que las que se propagan por estacas comienzan a fructificar en aproximadamente un año, lo que hace que esta última técnica sea la más común en la agricultura comercial.

La germinación a partir de semillas incluye el proceso que va desde la siembra en piloneras hasta la aparición del brote. Luego, se trasplantan a fundas de vivero hasta que se observan brotes nuevos que emergen del cladodio principal. Por otro lado, la germinación a través de estacas se puede realizar en fundas de vivero o directamente en el campo, donde el sistema radicular se desarrolla al mismo tiempo que se forman nuevos brotes vegetativos, proceso que suele tardar cerca de 40 días (Guerrero, 2014).

### **2.2.5.2. Fase del desarrollo**

Esta etapa abarca desde el momento en que las plantas se establecen en el campo hasta que aparece el primer botón floral. Las plantas que han enraizado se siembran utilizando un sistema de tutoraje, y a los 30 días se pueden observar raíces adventicias que se anclan al tutor. En el tallo principal, en las areolas, surgen pequeños bultos con brácteas aplanadas y alargadas que eventualmente darán lugar a las aristas de nuevos cladodios. Durante esta fase, se llevan a cabo podas de formación, así como sanitarias y de eliminación de brotes apicales, siendo recomendable realizar al menos tres podas al año (Mora, 2012 citado por Guerrero, 2014).

Los factores ambientales tienen un impacto significativo en el crecimiento vegetativo de la pitahaya. En Colombia, se ha establecido que el periodo desde la plantación de las estacas hasta la primera floración varía entre 11 y 18 meses, dependiendo de la región de cultivo, que se sitúa entre 1,011 y 1,600 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media de entre 20 °C y 25 °C, y una precipitación anual promedio que oscila entre 1,127 y 1,500 mm (Guerrero, 2014).

### **2.2.5.3. Fase fenológica de la producción**

El proceso comienza con la aparición del primer botón floral, que se desarrolla en las areolas del cladodio como un abultamiento redondeado y de color rojizo. Este brote sigue creciendo y se rodea de brácteas planas, dándole una forma globosa. A medida que el botón floral se alarga, se distingue el ovario y el tubo polínico comienza a formarse. Al abrirse los sépalos, se produce la antesis, marcando la transformación de la flor en fruto. La polinización se da durante la noche, cuando la flor está completamente abierta, cerrándose al amanecer y finalmente marchitándose (García, 2003, citado por Guerrero, 2014).

Una vez que la antesis finaliza, el fruto es verde con espinas rojas en las mamilas, las cuales luego se tornan marrones, indicando el inicio de la maduración. A partir de la primera floración, el ciclo se repite cada 3 a 4 semanas, pudiendo coexistir en la misma planta botones florales, flores en diferentes etapas y frutos en diversos grados de madurez (). La producción por planta varía con la edad, alcanzando entre 2.5 kg y 5 kg en cultivos de 3 a 8 años, con una vida productiva que puede superar los 10 años (Le Bellec et al., 2006 citado por Guerrero, 2014).

### **2.2.6. Metabolismos de las plantas CAM**

El metabolismo de estas plantas se caracteriza por la captación de CO<sub>2</sub> durante la noche, mientras que durante el día se produce carbonización para generar CO<sub>2</sub>, el cual es asimilado por el ciclo C-3. En el transcurso de la noche, el almidón funciona como la fuente de PEP, que se sintetiza durante el día, de manera que el contenido de almidón es inversamente proporcional a la acidez en las plantas CAM. Este proceso fotosintético permite a las plantas sobrevivir en condiciones extremadamente áridas, ya que sus estomas permanecen cerradas durante el día para conservar agua (Lemus, 2024).

En las plantas CAM, existen dos características principales: primero, el funcionamiento de las estomas está estrechamente ligado al metabolismo fotosintético, requiriendo que los estomas se abran durante la noche y permanezcan cerrados la mayor parte del día; y segundo, el proceso CAM implica una fuerte integración entre el metabolismo celular, específicamente en la conversión entre almidón y ácidos, y la fotosíntesis (Lemus, 2024).

### **2.2.7. Requerimientos edafoclimáticos**

La pitahaya es una planta que puede ser epífita o hemiepífita y, como otros cultivos, requiere ciertas condiciones edafoclimáticas para crecer adecuadamente. En general, se desarrolla mejor a altitudes que oscilan entre 500 y 1,900 metros sobre el nivel del mar, con una humedad relativa de entre el 70% y el 80%, y precipitaciones que varían entre 1,200 mm y 2,500 mm anuales. La especie *Hylocereus undatus* se distingue por su capacidad de soportar la falta de agua y se adapta bien a temperaturas que van de 21 °C a 29 °C. Por su parte, *Hylocereus megalanthus* logra mejores rendimientos a temperaturas que oscilan entre

18 °C y 25 °C, en altitudes de 1,000 a 1,750 metros, con precipitaciones de entre 1,500 mm y 2,000 mm (Monge et al., 2021).

Esta planta tiende a prosperar en climas cálidos y húmedos, aunque también puede crecer en ambientes secos. Temperaturas que superan los 38 °C pueden dañar la planta, por lo que en climas calurosos y secos es fundamental utilizar mallas de sombra artificial, que brinden entre un 30% y un 60% de protección contra la intensa radiación solar. Las especies más resistentes al calor son *H. monacanthus* y *H. costaricensis*, gracias a la capa cerosa que recubre sus tallos (Sotomayor et al., 2019).

La luz es un factor crucial en la producción de pitahaya, ya que influye directamente en la floración, la absorción de nutrientes del suelo y el rendimiento general. Esta planta requiere un número adecuado de horas de luz para la germinación de los botones florales y para diversos procesos fisiológicos, por lo que se recomienda una exposición parcial a la luz solar, con un 30% de sombra (Vargas & López, 2020). Según Robles (2023) Al cultivar la pitahaya, es crucial proporcionarle un entorno luminoso adecuado que estimule sus procesos fisiológicos, especialmente la formación de yemas florales. Sin embargo, es importante tener precaución con la exposición prolongada a la radiación solar directa, ya que niveles de luz superiores a 12,000 lux pueden resultar perjudiciales. Se sugiere mantener un nivel de sombreado entre el 20 y el 40% para prevenir posibles daños causados por una iluminación excesiva. Además, demasiada sombra podría disminuir la productividad de la planta (Robles, 2023).

Además, la pitahaya muestra una notable capacidad de adaptación a suelos que no son ideales para su cultivo, como aquellos que son secos y pedregosos. Sin embargo, sus requerimientos edáficos incluyen suelos franco-arcillosos o franco-arenosos con un alto

contenido de materia orgánica (>5) y un pH entre 5.3 y 7. También es importante que cuenten con un buen sistema de drenaje para evitar enfermedades causadas por el agua estancada, como la pudrición de los brotes por agentes patógenos (Vargas & López, 2020).

Según Figueroa y Mollinedo (2017) citado por Carrera (2023) las pitahayas son plantas bastante resistentes. Para crecer adecuadamente, necesitan entre 650 y 1,500 mm de lluvia al año, prefiriendo climas cálidos y ligeramente húmedos. La cantidad de reducción adecuada para satisfacer sus necesidades oscila entre 430 mm y 3,500 mm. Por su parte, Robles (2023) menciona que se necesitan al menos de 700 a 1,200 mm de lluvia para el cultivo de la pitahaya roja, y entre 1,300 y 2,200 mm para la pitahaya amarilla. mucho, ya que son bastante resistentes. Necesitan alrededor de 650 a 1,500 mm de lluvia al año para crecer bien, y prefieren los climas cálidos y algo húmedos. El rango adecuado de precipitación para satisfacer sus necesidades va desde los 430 mm hasta los 3,500 mm. Según Robles (2023), necesita al entre 700 y 1,200 mm de precipitación para la pitahaya roja y 1,300 y 2,200 mm para la variedad amarilla, con lluvias moderadas durante la floración.

Según información previa, la pitahaya tiene la capacidad de crecer en altitudes que alcanzan hasta los 1850 metros sobre el nivel del mar. No obstante, investigaciones más recientes indican que los rangos óptimos para su desarrollo se encuentran entre 700 y 1500 metros sobre el nivel del mar. Estas alturas parecen proporcionar un balance ideal entre factores clave como temperatura, humedad y luz, que son esenciales para un crecimiento saludable y una buena producción de frutos. Es relevante mencionar que, aunque la pitahaya puede adaptarse a diversas altitudes, su rendimiento y desarrollo pueden fluctuar dependiendo de las condiciones ambientales específicas y de las prácticas agrícolas aplicadas (Mora, 2012, citado por Carrera, 2023).

### 2.2.8. Variedades

La pitahaya, popularmente llamada fruta del dragón, es una planta notable dentro de la familia de las cactáceas, perteneciente específicamente a la familia Cactaceae. Se clasifica principalmente en dos géneros: *Hylocereus* y *Selenicereus*. Las variedades más comunes que se cultivan comercialmente pertenecen al género *Hylocereus*, el cual incluye unas 16 especies distintas (Verona et al., 2020).

#### 2.2.8.1. Pitahaya roja (*Hylocereus Ocamponis*)

Esta variedad de pitahaya cuenta con flores de gran tamaño, midiendo cerca de 29 cm de largo, con tonalidades que van del verde al amarillo. En su interior, los segmentos del perianto son de color blanco. Los frutos, por lo general, son rojizos y presentan pulpa blanca, estando cubiertos por bractéolas rojas con puntas verdes. El fruto suele medir entre 11.3 cm y 14.2 cm de largo, mientras que su circunferencia varía entre 25.5 cm y 29.1 cm. Los tallos son triangulares y presentan un ángulo convexo en las yemas (Montesinos et al., 2015).

Hay diversas especies denominadas pitahaya roja, como *Hylocereus undatus*, *H. polyrhizus*, *H. costaricensis*, *H. triangularis* y *H. purpusii*, que se cultivan principalmente en Centroamérica e Israel. Estos frutos se usan principalmente en la alimentación, siendo las semillas valiosas por su potencial probiótico, y la pulpa es muy apreciada en bebidas debido a su sabor agradable y alto contenido de antioxidantes (Montesinos et al., 2015).

### **2.2.8.2. Pitahaya blanca (*Hylocereus undatus*)**

Esta variedad se caracteriza por su cáscara de tono rojizo y su pulpa suave de color blanco. Las flores, decoradas con brácteas verdes, presentan pétalos blancos que resaltan su belleza. Es una opción muy valorada tanto por su aspecto estético como por su delicioso sabor. Con su piel roja y pulpa blanca, esta pitahaya ofrece una experiencia sensorial especial. Las flores, con brácteas verdes y pétalos blancos, añaden un atractivo visual que complementa su agradable sabor, haciendo de esta planta una opción tanto decorativa como deliciosa (Montejo, 2020).

### **2.2.8.3. Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*)**

La pitahaya amarilla se distingue por sus largas flores blancas, que miden entre 32 cm y 38 cm, superando en tamaño a las flores de otras especies. A diferencia de la pitahaya roja, que tiene un ángulo convexo en las yemas, la pitahaya amarilla presenta un ángulo cóncavo. Los frutos de esta variedad pueden alcanzar hasta 12 cm de longitud y pesar 250 g. Se caracteriza por tener una corteza amarilla con espinas y una pulpa blanca y jugosa (Delgado, 2015).

Esta fruta destaca por su cáscara amarilla con espinas, además de sus pequeñas semillas negras y pulpa blanca y jugosa (Delgado, 2015). Produce frutos de hasta 12 centímetros de largo con un color amarillo brillante. Su crecimiento incluye la habilidad de trepar por árboles y rocas, y sus flores son blancas. Una de sus particularidades es el ángulo cóncavo entre los brotes, a diferencia de la pitahaya roja, que tiene un ángulo convexo (Orrico, 2013). La pitahaya amarilla es muy valorada por su sabor y su resistencia al transporte y almacenamiento, lo que la convierte en la preferida en el ámbito agrícola (Montejo, 2020).

### 2.2.9. Características de la fruta de Pitahaya amarilla

Según Huamani y Paucar (2018). La pitahaya es una planta perenne de la familia de las cactáceas que prospera tanto en ambientes húmedos como secos, apoyándose en árboles, troncos, piedras y muros debido a su incapacidad para sostenerse por sí sola. Produce una fruta exótica y deliciosa, conocida por ser suculenta gracias a su alto contenido de agua, con un sabor dulce y aroma distintivo. Para conservarla, se recomienda almacenarla entre 4 y 6°C con una humedad relativa del 83%, lo que permite que se mantenga en buen estado hasta por cuatro semanas. La maduración se da a unos 20°C.

**Forma:** La fruta de la pitahaya es ovoide y alargada. La variedad amarilla tiene una cáscara con espinas, mientras que la roja presenta una corteza gruesa y brácteas. Ambas poseen pulpa muy aromática con numerosas semillas.

**Tamaño y peso:** La pitahaya roja es más grande que la amarilla. La amarilla mide unos 90 mm de largo y 65-70 mm de diámetro, mientras que la roja alcanza los 12 cm de largo y 75-80 mm de diámetro. El peso de estas frutas oscila entre 200 g y 1 kg.

**Color:** La pitahaya amarilla es inicialmente verde y se torna amarilla al madurar, con pulpa blanca y pequeñas semillas negras. La roja tiene una cáscara de color rojo con brácteas verdes, en contraste con las espinas de la variedad amarilla.

**Sabor:** El sabor de la pitahaya es una de sus características más apreciadas. Es dulce y suave, con una textura acuosa que refresca al paladar, lo que la convierte en una opción muy atractiva para quienes disfrutan de frutas ligeras y jugosas. La comparación con agua azucarada refleja su delicada dulzura, que no es excesiva ni empalagosa, lo que la hace ideal para consumir sola o en ensaladas de frutas.

### 2.2.10. Composición química de la pitahaya amarilla

El fruto de la pitahaya está compuesto en aproximadamente un 90 % de agua, lo que lo hace muy refrescante e hidratante. Su contenido de azúcar varía entre el 10 y el 19 %, siendo la pitahaya amarilla la más dulce de las variedades. Además, es una fruta de bajo valor calórico y contiene muy pocos carbohidratos, lo que la convierte en una opción que no engorda. Esta fruta es una buena fuente de fibra, calcio, fósforo y vitaminas como B1, B2 y A. En particular, la variedad roja es beneficiosa para mejorar la digestión y aliviar el estreñimiento, y se recomienda para combatir la anemia. También actúa como diurético y puede ayudar a reducir los niveles de ácido úrico. Las dos variedades más conocidas de pitahaya son la roja y la amarilla, ambas con un alto contenido nutricional (Huamani & Paucar, 2018).

**Tabla 2**

*Composición nutricional de la pitahaya por 100 gramos*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
Agua	85.4 g
Calcio	10.0 mg
Carbohidratos	13.2 g
Proteínas	0.5 g
Fibra	0.5 g
Fósforo	16.0 mg
Grasa	0.1 g
Potasio	1.7 mg
Hierro	0.3 mg
Vitamina C	0.3 g

*Nota:* Tomada de Huamani & Paucar (2018, p.28).

### **2.2.11. Métodos de propagación de la pitahaya**

La multiplicación de la pitahaya puede realizarse tanto de forma asexual, utilizando esquejes o cladodios, como sexualmente mediante semillas. La propagación a través de cladodios es considerada más eficiente debido a su capacidad superior para enraizar (Corres, 2006). Para la plantación en grandes extensiones, se recomienda elegir plantas vigorosas con un alto potencial productivo y enterrar los tallos maduros en el sitio deseado (Méndez & Coello, 2016).

Según Montesinos et al., (2015), la pitahaya puede multiplicarse de tres maneras: sexualmente a partir de semillas, de manera asexual mediante esquejes, a través de la micropropagación. La propagación por esquejes es la más recomendada debido a su eficacia en el enraizamiento, así como la micropropagación in vitro. La reproducción vegetativa se lleva a cabo usando tallos o ramitas, bien sea por separación natural de los tallos o trasplante directo al suelo, o en bolsas con sustrato hasta que broten nuevas ramas.

#### **2.2.11.1. Propagación sexual**

La reproducción de la pitahaya se lleva a cabo a través de semillas maduras que se extraen del propio fruto. Estas semillas se lavan y tamizan repetidamente para eliminar cualquier resto del mesocarpio antes de ser sembradas. El proceso de crecimiento es lento, ya que la planta tarda entre cuatro y seis años en comenzar a producir frutos, y exige atención constante, especialmente durante las etapas de semillero y vivero (Corres, 2006). Este método de propagación es mucho más complicado que la asexual, ya que implica la intervención de varios factores.

- **Polinización bajo la luna llena:** La reproducción sexual implica la unión de células reproductivas especializadas, llamadas gametos, con el objetivo de crear

diversidad genética a través de la recombinación cromosómica. Este proceso tiene varias etapas, comenzando con la meiosis, donde las células diploides se transforman en haploides, que son los gametos.

- **Meiosis (formación de los gametos):** Posteriormente, los gametos haploides se fusionan para formar un cigoto diploide. Este proceso incluye la unión de los citoplasmas, denominada plasmogamia, y la fusión de los núcleos, conocida como cariogamia.

#### **2.2.11.2. Propagación asexual**

La forma más común de multiplicar la pitahaya es a través de la propagación vegetativa utilizando estacas. La propagación por semilla no es recomendable debido a que es un proceso muy lento, pudiendo tardar hasta 7 años para que la planta se vuelva productiva. Este tipo de reproducción ocurre sin la necesidad de la fusión de dos gametos o células especializadas, interviniendo únicamente un progenitor. Existen diversos métodos de reproducción asexual que se presentan tanto en organismos unicelulares como en organismos pluricelulares (Infoagro, 2015).

De acuerdo con García (2013), citado por Aguilar (2015), indica que las estacas provenientes de tallos delgados con una longitud de entre 20 y 30 cm tienden a desarrollar yemas florales y frutos con mayor rapidez. Por su parte, Santos (2010), también citado por Aguilar (2015), señala que la propagación mediante estacas puede verse influenciada por diversos factores, como la variabilidad genética, el estado fisiológico de la planta madre, su edad, la época del año, así como las condiciones ambientales y del sustrato.

Hernández et al., (2018) citado por Alcarazo (2021) menciona que el método de reproducción asexual se lleva a cabo utilizando cladodios, ya sea en cultivo al aire libre o en invernadero, o mediante cultivo de tejidos vegetales. Para propagar a través de cladodios, estos se cortan utilizando una herramienta afilada y desinfectada. Después del corte, las estacas se deben conservar durante 15 días en un lugar fresco y seco para permitir que cicatricen, y luego se seleccionan según su estado sanitario (Hernández et al., 2018).

El trabajo en viveros requiere acondicionar un entorno propicio para la propagación, así como adquirir los sustratos y abonos orgánicos necesarios para mezclarlos y llenar las bolsas. Para el sustrato, se aconseja emplear una mezcla en partes iguales de suelo orgánico, arena de río y turba (1:1:1). La siembra se puede realizar en bolsas de almácigo de tamaño 12 x 10 o 9 x 10 con calibre 300. Se recomienda enterrar las estacas al menos 10 cm de profundidad, evitando que la parte carnosa entre en contacto con el suelo (Suárez, 2011).

De acuerdo con Vélez y Zambrano (2022), la reproducción asexual es un proceso ágil que no requiere la producción de células especializadas, como los gametos, ni implica un gasto de energía para la fecundación u otros esfuerzos similares. Esto significa que un solo individuo puede generar nuevos descendientes, a menudo en gran cantidad, todos ellos genéticamente idénticos al progenitor.

## **2.2.12. Enfermedades en el proceso de propagación**

### **2.2.12.1. Pudrición del tallo de la pitahaya**

Esta es la enfermedad más dañina para la pitahaya. Los síntomas se presentan como manchas amarillas que pueden llegar a cubrir completamente la vaina, lo que eventualmente puede provocar una pudrición acuosa. Es habitual encontrar en los tallos

de pitahaya, de manera natural, pudrición, amarillamiento, hongos y la presencia de hormigas, siendo escasos los ejemplares sanos. La salud de la planta se ve comprometida si está expuesta a la luz solar directa y no recibe el cuidado adecuado. Por el contrario, aquellas que crecen en condiciones de media sombra muestran un desarrollo más saludable y sufren de enfermedades menos graves (Infoagro, 2015).

#### **2.2.12.2. Ojo de pescado del tallo de la pitahaya**

Los signos de esta enfermedad se evidencian en las vainas, donde aparecen pequeñas manchas circulares de color marrón que presentan un punto anaranjado en el centro. Para manejar y controlar esta situación, se aconseja implementar varias medidas preventivas. Estas incluyen la utilización de material de plantación sano y libre de enfermedades, así como la eliminación de cualquier material vegetal que muestre signos de infección.

Asimismo, es importante evitar causar heridas en las plantas durante el manejo, ya que estas pueden convertirse en puntos de entrada para enfermedades. Por último, la desinfección regular de las herramientas de poda es esencial para prevenir la propagación de patógenos de una planta a otra. Con un enfoque proactivo y cuidadoso, se puede mitigar el impacto de esta enfermedad y promover un crecimiento saludable en las plantas afectadas (Infoagro, 2015).

#### **2.2.12.3. Pudrición acuosa del cladodio**

La pudrición acuosa que afecta al cladodio es causada por la bacteria *Pseudomonas* spp., aunque en diferentes regiones también se ha asociado con *Erwinia carotovora*. Para que esta bacteria pueda infectar el cladodio, es necesario que haya una herida en él. Se ha observado que ciertas variedades de pitahaya, como la JC02, que tienden

a tener un rajado natural en sus cladodios, son más propensas a desarrollar esta enfermedad. Una vez que la bacteria logra infiltrarse, el cladodio comienza a amarillear, se descompone y emite un olor desagradable. Este problema generalmente se manifiesta al inicio de la temporada de lluvias, y su desarrollo continúa posteriormente. Además, al realizar cortes en un cladodio infectado, existe el riesgo de propagar la bacteria a otras plantas sanas o diferentes variedades que estén siendo cosechadas (Méndez & Coello, 2016)

#### **2.2.12.4. Antracnosis (*Colletotrichum* spp.)**

El hongo responsable de esta enfermedad prospera en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas que oscilan entre 20 y 30 grados Celsius. Los síntomas se presentan en las vainas y frutos, mostrando manchas circulares de un color negro hundido. Uno de los signos más distintivos de esta infección es la marchitez y el colapso general de las plantas afectadas. En los tallos y estolones, se pueden observar manchas circulares de tonalidades pardo-negruzcas, mientras que los frutos desarrollan áreas hundidas de color pardo, las cuales suelen estar cubiertas por esporas de color rosado o anaranjado (Infoagro, 2015).

#### **2.2.13. Bases anatómicas y fisiológicas para la formación de raíces**

Según Hartmann y Kester (1995) citado por Suárez (2011), señala que la propagación mediante estacas leñosas y estacas con yemas foliares requiere únicamente la formación de un nuevo sistema de raíces adventicias, dado que ya existe un sistema caular en potencia en la yema. Además, se abordarán los diversos procesos anatómicos y fisiológicos que intervienen en el enraizamiento de estas estacas.

### **2.2.13.1. Formación de raíces adventicias**

Se pueden clasificar las raíces adventicias en dos categorías: raíces preformadas y raíces de lesiones. Las raíces preformadas se desarrollan en los tallos o ramas mientras están aún unidas a la planta madre, pero su aparición no es visible hasta que se corta esa parte del tallo. En contraste, las raíces de lesiones se forman únicamente tras la preparación de la estaca, como respuesta a la herida ocasionada. Cuando se realiza el corte de la estaca, las células vivas en las superficies expuestas pueden morir, lo que impacta en los conductos del xilema. La cicatrización y regeneración de las raíces se lleva a cabo en tres etapas sucesivas tras la preparación de la estaca (Aguilar, 2015).

Según Uribe et al. (2012), el núcleo central del tejido vascular se localiza cerca de las raíces adventicias, donde estas se generan y se extienden. Alrededor de una cofia, se desarrollan los tejidos normales de la raíz y sus conexiones, una vez que las raíces adventicias comienzan a emerger del tallo. A medida que estas raíces crecen, los sistemas vasculares alcanzan su pleno desarrollo junto con la altura original del tallo, y generalmente, las raíces adventicias.

### **2.2.13.2. Formación de callos**

Se forma una cantidad de tejido conocido como callo en la base de una estaca cuando las condiciones ambientales favorecen el enraizamiento. Este callo está compuesto por una capa desorganizada de células meristemáticas que se encuentran en diferentes estados de lignificación, principalmente ubicadas en la base del tejido vascular, en la región del cambium, aunque también pueden incluir células de la corteza y de la médula. Este proceso es clave para el enraizamiento en muchas plantas, ya que su ocurrencia

simultánea refleja la dependencia de la planta de dicho proceso para formar raíces (Uribe et al., 2012).

En algunas especies, se ha observado que el callo aparece antes de que las raíces comiencen a desarrollarse. Además, se ha determinado que el tipo de callo que se forma puede verse afectado debido al potencial de hidrógeno (pH) del sustrato de enraizamiento, lo cual a su vez influye en la aparición de nuevas raíces adventicias (Suárez, 2011).

## **2.2.14. Rol de las hormonas en el enraizamiento**

### **2.2.14.1. Auxinas**

Las auxinas son un tipo de fitohormonas clave en diversos procesos del crecimiento vegetal. Actúan principalmente en células no diferenciadas y, en combinación con citoquininas, favorecen la formación de raíces adventicias en hojas y tallos recién cortados. Debido a sus funciones, se consideran morfógenos, ya que pueden inducir la diferenciación celular y estimular el desarrollo de órganos como raíces, tallos y hojas. Una de las auxinas más conocidas en plantas es el ácido 3-indolacético (Alcántara et al., 2019).

### **2.2.14.2. Metabolismo de las auxinas**

#### **a. Metabolismo de las auxinas**

Para Garay et al. (2014), estos compuestos se localizan principalmente en las regiones jóvenes de las plantas, que son áreas con una intensa actividad metabólica. La actividad de estas hormonas se ve influenciada, en parte, por factores como la luz, la disponibilidad de nutrientes y la falta de agua. Además, su regulación se realiza en conjunto con azúcares y/o aminoácidos, lo que facilita la elongación de tallos y raíces.

#### **b. Transporte de las auxinas**

Las auxinas son hormonas vegetales que se transportan de manera eficiente a través del floema, lo que les permite cubrir largas distancias desde las áreas jóvenes de la planta hacia otras partes del organismo. Este transporte es crucial para el desarrollo y crecimiento de las plantas, ya que facilita la regulación de diversas funciones metabólicas. Además, existe otro mecanismo de transporte que permite a las auxinas desplazarse a distancias más cortas. Este proceso ocurre gracias a los transportadores ubicados en las membranas celulares, que facilitan el movimiento de estas hormonas tanto dentro de la célula como hacia el exterior. Esto asegura que las auxinas lleguen a los sitios donde son necesarios para llevar a cabo sus funciones reguladoras en el crecimiento vegetal (Garay et al., 2014).

### **c. Funciones de las auxinas**

Las auxinas desempeñan varias funciones importantes en las plantas, tales como promover el alargamiento y la división celular, facilitar el crecimiento de diferentes partes como hojas, tallos y frutos, y contribuir a la formación de raíces adventicias. Además, son responsables de la dominancia apical, poseen propiedades herbicidas y estimulan la producción de etileno. Las principales funciones de las auxinas incluyen la dominancia apical, la estimulación de raíces laterales y adventicias, así como la regulación del desarrollo de flores, yemas y frutos (Guerrón & Espinosa, 2014).

#### **2.2.14.3. Ácido Indolbutírico**

El ácido indolbutírico (AIB) es una fitohormona que pertenece al grupo de las auxinas. Su función principal en las plantas es la regulación del crecimiento. Aunque se puede encontrar de forma natural, su mayor uso en la agricultura se debe a que su forma sintética sea más efectiva. Una de las características que lo hace tan valioso es su resistencia

a la oxidación, lo que significa que no se degrada fácilmente al estar expuesto a la luz, enzimas u otros compuestos (Azcón & Talón, 2013).

Es considerada como la fitohormona más destacada para uso general, ya que no presenta toxicidad para las plantas y resulta altamente eficaz en la inducción del enraizamiento en una amplia variedad de especies vegetales. Este compuesto hormonal, muy utilizado en el enraizamiento de esquejes, ha demostrado su capacidad para promover la rizogénesis y la formación de nuevas raíces en diversas especies (Angulo, 2015).

El ácido indolbutírico (IBA) se presenta como un sólido cristalino en condiciones estándar de temperatura y presión (25 °C y 1 atm), con un color que varía del blanco al amarillo claro. Se descompone antes de alcanzar el punto de ebullición. Clasificado como un regulador del crecimiento vegetal perteneciente a la familia de las auxinas, forma parte de numerosos productos comerciales diseñados para facilitar el enraizamiento de estacas de plantas hortícolas y frutales (Angulo, 2015).

A nivel mundial, se han publicado resultados de experimentos que utilizan este compuesto para el enraizamiento de esquejes. Comúnmente disponible para uso doméstico, el IBA se presenta en forma de polvo blanco y en diversas concentraciones, que pueden oscilar entre 100 ppm y 1000 ppm o más. Su composición es predominantemente IBA, con un 99% de pureza, y la concentración óptima varía dependiendo de la especie. Debido a falta de información respecto a la efectividad de las auxinas y su concentración, se recomienda realizar ensayos de enraizamiento con diferentes estacas usando diversas concentraciones, además de emplear algunas sin auxinas como controles (Medina, 2014)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Método de investigación**

Esta investigación fue de tipo aplicado y experimental, enfocada en identificar la relación causa-efecto entre diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) y el enraizamiento de pitahaya amarilla en vivero. Se manipuló la dosis de AIB (variable independiente) y se observó su efecto en el enraizamiento y crecimiento de los cladodios (variable dependiente). Los resultados se compararon con un grupo control que no recibió AIB, permitiendo evaluar la eficacia del tratamiento.

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

La investigación fue de tipo cuantitativo y se basó en un enfoque experimental y explicativo, buscando entender la relación entre diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) y el enraizamiento de pitahaya amarilla en vivero. El diseño experimental permitió manipular intencionalmente la variable independiente (dosis de AIB) para observar su impacto sobre la variable dependiente (enraizamiento y crecimiento), todo en un entorno controlado. El objetivo principal fue identificar cómo estas dosis influyen en el desarrollo de los cladodios de pitahaya. en Pucallpa.

#### **3.3. Población y muestra**

##### **3.3.1. Población**

La investigación abarcó un total de 320 cladodios de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.), cada uno con una altura de 30 cm. Estos fueron distribuidos en 20 unidades experimentales, con un promedio de 16 cladodios establecidos por unidad.

### **3.3.2. Muestra**

La selección de la muestra se realizó de forma uniforme para cada una de las unidades experimentales. Se evaluaron 4 cladodios en cada una de las 20 unidades experimentales, eligiendo específicamente las 4 plantas centrales de cada unidad. De esta forma, se obtuvo una muestra total de 80 cladodios, garantizando su representatividad respecto a la población total.

### **3.4. Componentes en estudio**

La investigación se centró en evaluar el efecto de distintas dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el proceso de enraizamiento de los cladodios de pitahaya amarilla. Los principales componentes analizados fueron los cladodios y las diferentes concentraciones de AIB aplicadas, buscando determinar la dosis más efectiva para promover el desarrollo radicular bajo condiciones controladas de vivero en Pucallpa.

### **3.5. Tratamientos en estudio**

La presente investigación abarca cinco tratamientos, cada uno diseñado para evaluar diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de los cladodios de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). Estos tratamientos fueron elegidos para identificar la dosis óptima que favorezca el desarrollo radicular. Las dosis de AIB aplicadas se establecieron con el objetivo de maximizar la efectividad del enraizamiento, buscando así mejorar el rendimiento de los cladodios en condiciones de vivero. Los tratamientos incluyen:

**Tabla 3***Tratamientos en estudio para el enraizamiento de pitahaya*

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	<b>Testigo = T1</b>	Testigo (sin AIB)
<b>2</b>	Dosis 1 = <b>T2</b>	Ácido Indolbutírico a 2000 ppm
<b>3</b>	Dosis 2 = <b>T3</b>	Ácido Indolbutírico a 3000 ppm
<b>4</b>	Dosis 3 = <b>T4</b>	Ácido Indolbutírico a 4000 ppm
<b>5</b>	Dosis 4 = <b>T5</b>	Ácido Indolbutírico a 5000 ppm

**3.6. Diseño experimental**

La investigación se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo, centrado en el análisis de variables numéricas y la recolección de datos mediante técnicas estadísticas para validar la hipótesis formulada (Hernández et al., 2014). Se utilizó un Diseño Experimental Completo al Azar (DCA) con cinco tratamientos: cuatro dosis de ácido indolbutírico (AIB) y un testigo, replicados cuatro veces, lo que resultó en 20 unidades experimentales. Este diseño permitió un análisis detallado del impacto de las dosis de AIB en el enraizamiento de los cladodios de pitahaya y la manipulación de las variables independientes para observar diferentes respuestas de la variable dependiente.

**Formula matemática:**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

**Donde:**

**Y<sub>ij</sub>**: Variable de respuesta correspondiente a la ij-ésima unidad experimental.

**μ**: influencia de la media global.

**T<sub>i</sub>**: Influencia del i-esimo tratamiento.

**Eij:** Influencia del error experimental relacionado con la i-ésima unidad experimental.

### 3.7. Análisis de la varianza

Los distintos componentes de variabilidad fueron analizados mediante la técnica de análisis de varianza (ANOVA). La significancia estadística se evaluó utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, estableciendo un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$  y considerando los grados de libertad pertinentes.

**Tabla 4**

*Esquema del análisis de la variancia de la investigación*

<b>Fuentes de Variabilidad</b>	<b>Grados de libertad</b>
<b>Tratamiento</b>	$5 - 1 = 4$
<b>Error</b>	$(5 - 1) (4 - 1) = 12$
<b>Total</b>	$(5 \times 4) - 1 = 19$



**Tabla 5***Tamaño y características del estudio.*

<b>DIMENSIÓN TOTAL DEL VIVERO</b>	
<b>Largo total</b>	5.00 m
<b>Ancho total</b>	5.00 m
<b>Espacio total</b>	25 m <sup>2</sup>
<b>Número de tratamientos (T)</b>	5
<b>Repeticiones por tratamiento (R)</b>	4
<b>Población total de plantas</b>	320
<b>DIMENSIONES LAS UNIDADES EXPERIMENTALES (U/E)</b>	
<b>Largo total</b>	0.70 cm
<b>Ancho total</b>	0.50 cm
<b>Espacio total por U/E</b>	35 cm <sup>2</sup>
<b>Total, de U/E</b>	20
<b>Cantidad de plantas/UE</b>	16
<b>Cantidad de plantas netas (Evaluadas)</b>	4
<b>Separación entre planta</b>	0.20 m

### **3.8. Ejecución del experimento**

#### **3.8.1. Lugar y periodo del estudio**

La investigación se realizó en el laboratorio de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, situado en el distrito de Callería, en la provincia de Coronel Portillo, en la región de Ucayali. Este laboratorio se localiza específicamente en el kilómetro 6.200 de la carretera Federico Basadre (Figura 2). En los meses de, enero, febrero y marzo del 2024, un total de 90 días.

- Coordenadas Geográficas:

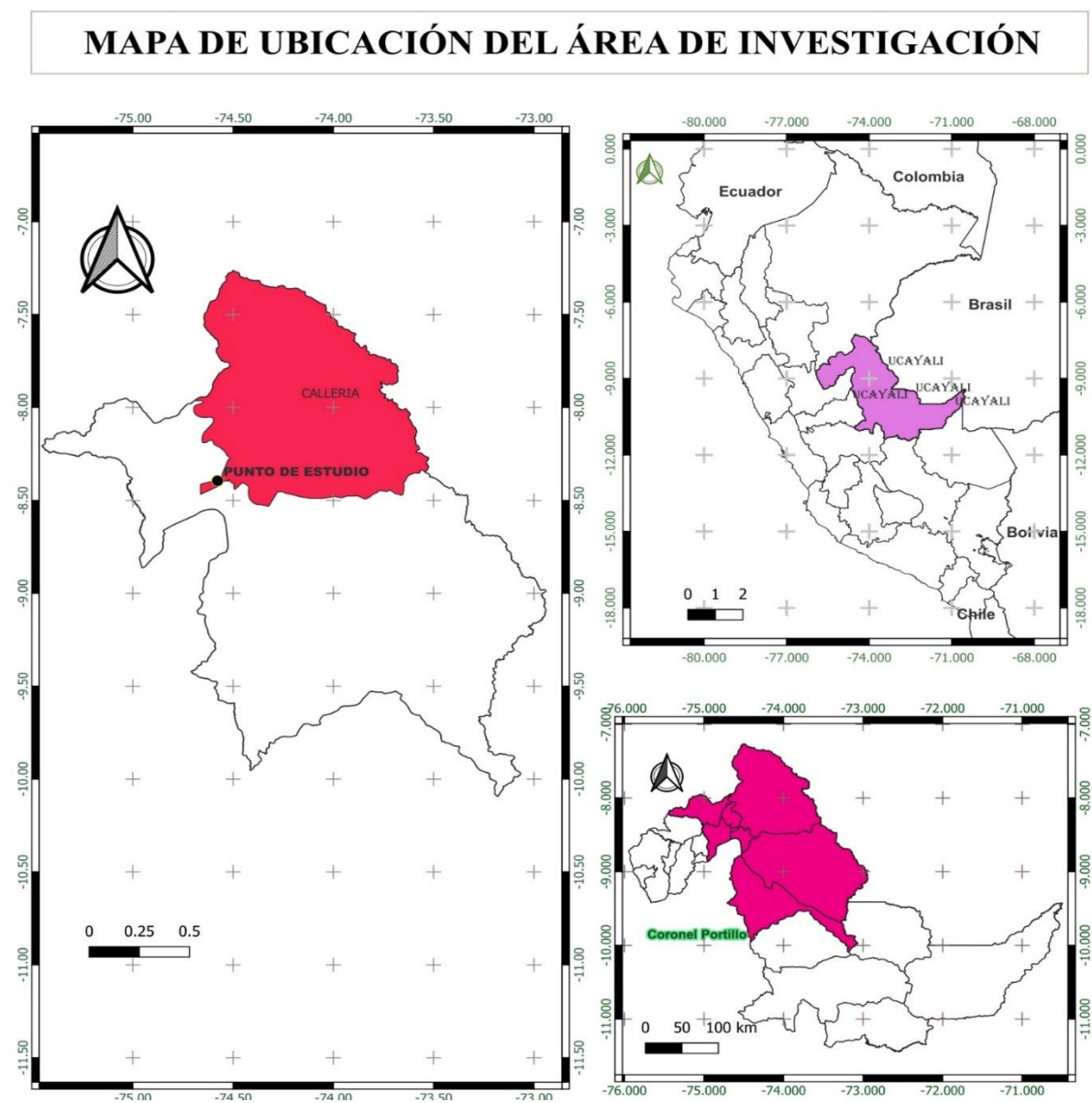
**Latitud:** 08°23'40" S

**Longitud:** 74°34'40" O

**Altitud:** 156 msnm

## Figura 2

*Ubicación del área de estudio*



### 3.8.2. Condiciones ecológicas y climáticas

La investigación se realizó durante enero, febrero y marzo del 2024 en el distrito de Callería, donde el clima se caracteriza por su calidez y alta humedad. Durante este período, la temperatura promedio anual fue de 26.9 °C, con variaciones menores entre las temperaturas máximas de 30.5 °C y mínimas de 17.4 °C. Los meses de julio, agosto y septiembre destacan por tener la mayor radiación solar en la región. La precipitación media anual se sitúa en 1773 mm, con un marcado descenso de lluvias entre junio y agosto, según datos recopilados durante los últimos 25 años (Aybar et al., 2017).

**Tabla 6**

*Condiciones climáticas durante el período de estudio*

Parámetros evaluados	Periodo de investigación		
	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura Máxima	31 °C	31°C	31°C
Temperatura mínima	22°C	22.8°C	22°C
Humedad relativa	87%	87%	86%
Precipitación (mm)	170	140	160
Horas luz	11.55	11.47	11.43
Viento (km/h)	3.0	3.2	3.0
Días de lluvia	7	5	6

**Fuente:** Estación meteorológica de la Universidad Nacional De Ucayali

### 3.8.3. Proceso experimental

#### 3.8.3.1. Construcción del vivero

Para la instalación del vivero, se seleccionó un sitio estratégico que ofreciera fácil acceso al agua y que tuviera un suelo adecuado en términos de su geografía.

Se priorizó un lugar con mayor exposición a la luz solar para asegurar un óptimo desarrollo de las plantas. La estructura final del vivero tuvo una extensión de 5.00 metros de ancho total y 5.00 metros de largo total, con una altura de 2.00 metros. Se cubrió con malla raschel, permitiendo un 65% de transmisión de luz. Se colocó un total de 320 bolsas de 8 x12 pulgadas, cada una con sustratos homogéneos.

### **3.8.3.2. Preparación del sustrato**

Se seleccionaron sustratos locales, priorizando aquellos fácilmente disponibles en la ciudad de estudio, para asegurar una logística eficiente y sostenible. La mezcla utilizada consistió en tierra agrícola, arena y cascarilla de arroz en proporciones iguales (1:1:1), garantizando un adecuado balance entre drenaje y retención de humedad. Los materiales fueron tamizados antes de ser combinados y embolsados, optimizando las condiciones para el enraizamiento de los cladodios de pitahaya.

### **3.8.3.3. Llenando de bolsas**

Se prepararon 320 bolsas de polietileno de 8x12 pulgadas, llenándolas con dos tercios de sustrato para asegurar un adecuado espacio de plantación. Al colocar los cladodios, se completó el llenado de cada bolsa hasta el borde, optimizando así el entorno de crecimiento. Las bolsas, que incluían 64 unidades para cada tratamiento, fueron organizadas siguiendo el diseño estadístico, garantizando la correcta disposición de los tratamientos y repeticiones en el vivero.

### **3.8.3.4. Adquisición y preparación de los cladodios de pitahaya**

Los cladodios se recolectaron de plantas saludables en una finca en Cuispes, Amazonas, seleccionadas por su sanidad y vigor. Se utilizaron cladodios de 30 cm de la parte media de las plantas madre de 8 años, evitando los que tenían brotes. El corte se

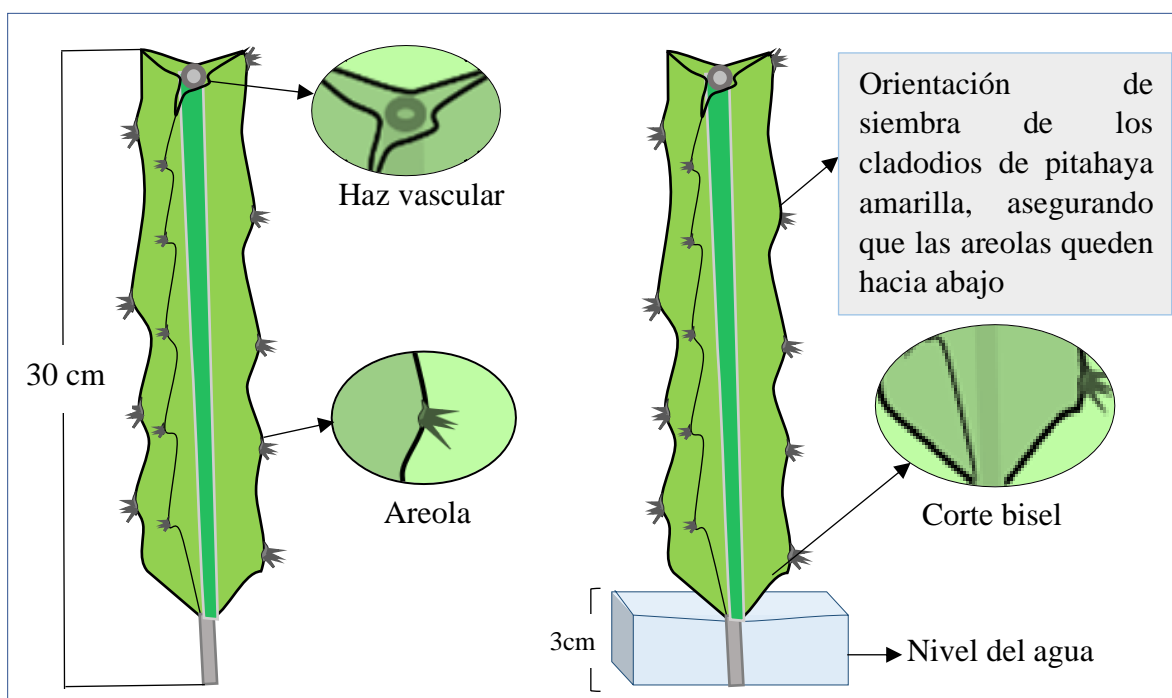
realizó con un machete desinfectado y, tras el corte, se aplicó una solución al 5% de hipoclorito de sodio para desinfectar las heridas.

### 3.8.3.5. Curado de los cladodios

Tras el traslado de los cladodios al sitio de estudio, se realizaron diversos procedimientos para favorecer el enraizamiento. En primer lugar, se efectuó un corte en bisel en forma de "V" con un cuchillo desinfectado con hipoclorito de sodio al 5%, dejando expuestos 3 cm del haz vascular. Luego, se permitió que los cladodios cicatrizaran durante un día antes de sumergirlos en agua por un periodo de 10 días, asegurando que solo la parte del haz vascular quedara cubierta (Figura3).

**Figura 3**

*Tratamiento de los cladodios de pitahaya y orientación de la siembra.*



*Nota:* Elaboración propia

#### **3.8.3.6. Aplicación de ácido indolbutírico**

Tras el adecuado proceso de preparación y desinfección, los cladodios de pitahaya amarilla se trasladaron al área designada para la aplicación de tratamientos. Allí, se prepararon soluciones de ácido indolbutírico (AIB) a concentraciones de 2000, 3000, 4000 y 5000 ppm, disueltas en alcohol al 96%. Las bases de los cladodios se sumergieron en estas soluciones a una profundidad de 3 cm durante 5 segundos, lo que buscó optimizar el enraizamiento. Posteriormente, los esquejes fueron sembrados en bolsas de polietileno con sustrato.

#### **3.8.3.7. Siembra de cladodios**

La siembra de los cladodios se realizó de manera individual en bolsas de polietileno, asegurando que las areolas y espinas quedaran hacia abajo. Después de un curado de 10 días y la preparación de los sustratos, se efectuó el trasplante, manteniendo una distribución equilibrada de los cladodios para cada tratamiento en estudio, lo que favoreció su desarrollo radicular y crecimiento.

#### **3.8.3.8. Control de malezas**

Transcurridos 10 días después de plantar los cladodios en las bolsas, se llevó a cabo un control manual de las malezas en los espacios entre las bolsas como dentro de ellas. Esta actividad se llevó a cabo para asegurar un ambiente limpio y libre de malezas, lo que promueve un crecimiento óptimo de los cladodios de pitahaya al reducir la competencia por nutrientes, agua y luz.

#### **3.8.3.9. Riego**

Antes de la siembra se humedeció el sustrato y durante el proceso de enraizamiento, se aplicó agua a los sustratos de las bolsas 3 veces por semana, utilizando una

manguera. Este riego se realizó con el objetivo de mantener un nivel adecuado de humedad en los sustratos, ajustándose según las condiciones climáticas para asegurar un ambiente propicio para el desarrollo de los cladodios.

### 3.8.3.10. Evaluación y toma de datos

Al finalizar un período de 90 días (3 meses) después de la siembra de los cladodios de pitahaya, se realizó un análisis integral. Este proceso abarcó la evaluación del porcentaje de estacas que lograron enraizar, el conteo de los brotes nuevos que surgieron, así como la medición de la longitud de los brotes y raíces. Además, se determinó el peso de las raíces, asegurando una revisión detallada del crecimiento y desarrollo de los cladodios.

### 3.8.4. Variables evaluadas

**Tabla 7**

*Variables respuesta evaluadas*

<b>Enraizamiento</b>	<b>Crecimiento radicular</b>	<b>Crecimiento vegetativo</b>
Porcentaje de enraizamiento (%)	Número de raíces	Número de brotes
	Longitud de raíz (cm)	Longitud de brotes (cm)
	Volumen de raíz (cm <sup>3</sup> )	Porcentaje de cladodios con brotes (%)

*Nota: Elaboración propia*

#### 3.8.4.1. Enraizamiento

##### a. Porcentaje de enraizamiento (%)

Pasado los 90 días de la siembra, se realizó registro de los cladodios que habían logrado brotar. Esta medición fue esencial para calcular el porcentaje de enraizamiento, el cual se define como la proporción de cladodios que desarrollaron brotes

exitosamente respecto al total plantado al inicio. Para este cálculo, se utilizó una fórmula específica.

$$PE(\%) = \frac{\text{Número de esquejes con raíz}}{\text{Total de esquejes sembrados}} \times 100$$

#### **3.8.4.2. Crecimiento radicular**

##### **a. Número de raíces.**

Al término del experimento, que se extendió por 90 días, se seleccionaron cinco plantas representativas de cada tratamiento para un análisis detallado. Durante esta evaluación, se contabilizó la cantidad de raíces presentes en cada cladodio de pitahaya, lo que permitió examinar los efectos de los distintos tratamientos en el desarrollo radicular.

##### **b. Longitud de raíces**

Una vez elegidas las plantas, se midió con precisión la longitud de cada raíz utilizando un calibrador, registrando los valores en centímetros. Esta medición se realizó 90 días después de la siembra, aplicándose a las mismas plantas que se contaron previamente. Se midió desde la base del cuello radicular hasta la cofia de cada raíz, tras un lavado cuidadoso con agua, lo que garantizó datos precisos para comparar el crecimiento radicular entre tratamientos.

##### **c. Volumen de raíces**

La evaluación del volumen radicular se llevó a cabo después de 90 días de crecimiento, utilizando las mismas muestras seleccionadas en evaluaciones anteriores. Se utilizó una probeta de un litro, que se llenó con agua hasta los 900 ml, dejando espacio para sumergir las raíces. Al introducir cada raíz en la probeta, se registró el cambio en el nivel del

agua, lo que permitió medir el volumen desplazado por las raíces y obtener datos precisos sobre el volumen radicular de pitahaya durante el estudio.

### **3.8.4.3. Crecimiento vegetativo**

#### **a. Número de brotes**

Al finalizar el experimento, se realizó una observación directa para contar el número de brotes en cada cladodio seleccionado aleatoriamente de las unidades experimentales. Este registro proporcionó información valiosa acerca de la capacidad de brotación de las plantas en función de las distintas condiciones de tratamiento.

#### **b. Longitud de brotes**

Al finalizar el trabajo de campo, se tomó la medida de la longitud de los brotes empezando de la base hasta el extremo en cinco cladodios seleccionados aleatoriamente de cada tratamiento. Se utilizó una cinta métrica para garantizar mediciones precisas, permitiendo un análisis exhaustivo del desarrollo de los brotes bajo diversas condiciones de estudio.

#### **c. Porcentaje de cladodios con brotes**

Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los cladodios que generaron nuevos brotes en cada uno de los tratamientos. Se registró tanto el número de cladodios con brotes en cada tratamiento. Después, se procedió a calcular el porcentaje de cladodios con brotes en relación con el total evaluado, utilizando una regla de tres simple, lo que brindó una medida cuantitativa de la capacidad de brotación en las diversas condiciones experimentales.

$$PB(\%) = \frac{\text{Cantidad de cladodios con brotes}}{\text{Total de cladodios plantados}} \times 100$$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

En la presente investigación, se realizó un análisis para determinar el efecto de diferentes dosis de AIB en el enraizamiento de la pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.) bajo condiciones de vivero en Pucallpa. Se establecieron cinco tratamientos que incluyeron diferentes concentraciones de ácido indolbutírico: T1 (control), T2 (2000 ppm), T3 (3000 ppm), T4 (4000 ppm) y T5 (5000 ppm). A continuación, se presentan los resultados:

#### 4.1. Enraizamiento

##### 4.1.1. Porcentaje de enraizamiento (%)

Después de los 3 meses del estudio, se realizó la evaluación del porcentaje de enraizamiento de los cladodios. Los datos recopilados en campo permitieron efectuar un análisis de varianza (Tabla 8), utilizando la prueba de Tukey con un nivel de  $\alpha=0.05$ .

**Tabla 8**

*ANOVA de varianza para porcentaje de enraizamiento*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo corregido</b>	753.906 <sup>a</sup>	4	188.477	20.679	.000
<b>Intersección</b>	162000.000	1	162000.000	17773.714	.000
<b>Tratamiento</b>	753.906	4	188.477	20.679	.000
<b>Error</b>	136.719	15	9.115		
<b>Total</b>	162890.625	20			
<b>Total, corregido</b>	414.023	19			

CV= 7.61 %

R<sup>2</sup> = 0.806

El análisis estadístico realizado evidenció diferencias significativas en el porcentaje de enraizamiento entre los distintos tratamientos, destacándose una dosis de AIB con un rendimiento superior. Este hallazgo resalta la importancia de una selección adecuada la dosis de este fitorregulador para maximizar el enraizamiento en la pitahaya. Además, la consistencia de los resultados se refleja en un coeficiente de variación de 7.61% y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.806, lo que sugiere una alta fiabilidad en los datos obtenidos.

**Tabla 9**

*Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para porcentaje de enraizamiento*

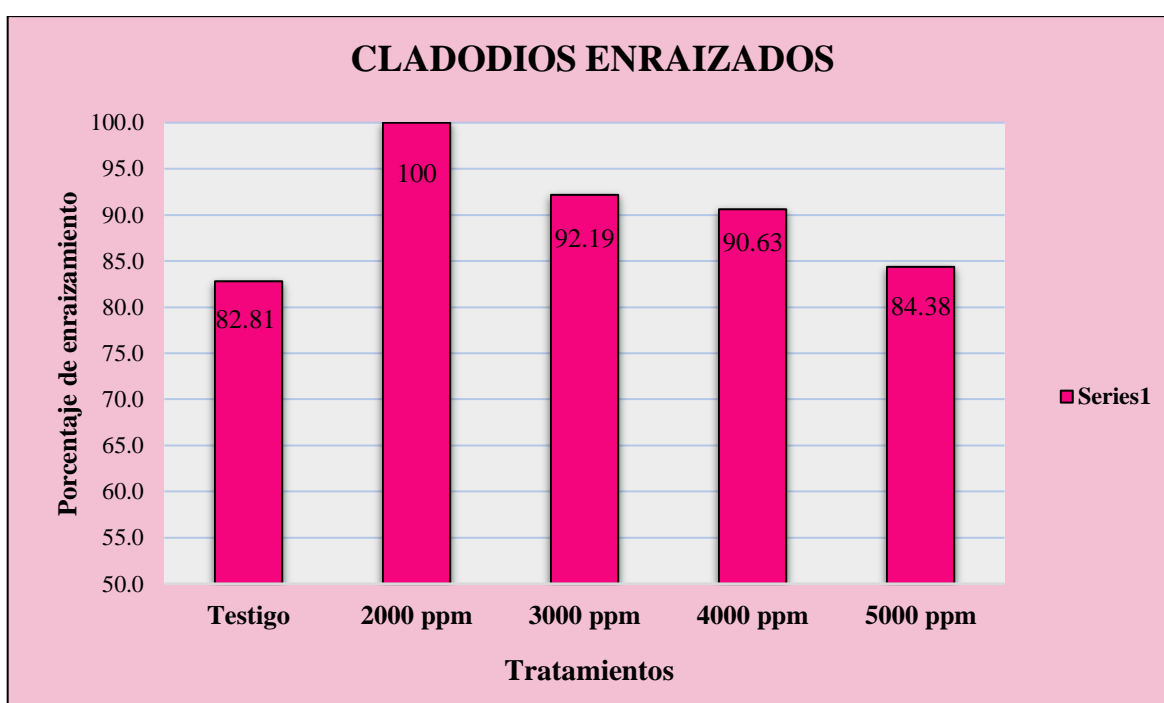
Tratamiento	Descripción	Subconjunto			
		1	2	3	4
<b>T2</b>	AIB a 2000 ppm	100 <sup>a</sup>			
<b>T3</b>	AIB a 3000 ppm		92.19 <sup>b</sup>		
<b>T4</b>	AIB a 4000 ppm		90.63 <sup>b</sup>	90.63 <sup>bc</sup>	
<b>T5</b>	AIB a 5000 ppm			84.38 <sup>c</sup>	84.38 <sup>cd</sup>
<b>T1</b>	Testigo (sin AIB)				82.81 <sup>d</sup>
<b>Sig.</b>		1.00	.946	.0672	.946

En la Tabla 9 y la Figura 4 se presentan los resultados correspondientes a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) sobre el porcentaje de enraizamiento de los cladodios de pitahaya. El tratamiento T2, que consistió en la aplicación de AIB a una dosis de 2000 ppm, mostró el mayor porcentaje de enraizamiento, alcanzando un promedio del 100%, lo que lo diferencia significativamente de los demás tratamientos. Por otro lado, los tratamientos T3 y T4, con AIB a 3000 ppm y 4000 ppm respectivamente, presentaron porcentajes de enraizamiento de 92.19% y 90.63%, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En cuanto al tratamiento T5, que utilizó AIB a 5000 ppm, obtuvo un porcentaje de 84.38%, evidenciando

diferencias significativas con los tratamientos T2, T3 y T4, aunque no se distinguió de manera significativa del tratamiento T1 (control sin AIB), que registró el porcentaje más bajo de enraizamiento, con un promedio de 82.81%. Estos hallazgos sugieren que, si bien el T2 demostró el mejor rendimiento, las diferencias entre los tratamientos que emplearon dosis más altas de AIB no siempre resultaron significativas.

#### Figura 4

*porcentaje promedio de enraizamiento de cladodios de pitahaya amarilla*



## 4.2. Crecimiento radicular

### 4.2.1. Número de raíces

Al finalizar el estudio, a los 90 días (3 meses), se realizó un análisis de la cantidad de raíces generadas por los cladodios de pitahaya. Los datos recolectados en el campo facilitaron la ejecución de un análisis de varianza (Tabla 10), lo que permitió evaluar la presencia de

diferencias significativas entre los tratamientos aplicados mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

**Tabla 10**

*ANOVA para número de raíces.*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo corregido</b>	10.277 <sup>a</sup>	4	2.569	123.324	.000
<b>Intersección</b>	4231.141	1	4231.141	203094.744	.000
<b>Tratamiento</b>	10.277	4	2.569	123.324	.000
<b>Error</b>	.312	15	.021		
<b>Total</b>	4241.730	20			
<b>Total, corregido</b>	10.590	19			

**CV**= 5.14%

**R<sup>2</sup>** = 0.963

El análisis de varianza realizado para el número de raíces reveló diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que al menos una de las dosis de AIB empleadas en la propagación de la pitahaya favoreció un mayor desarrollo radicular. Este resultado subraya la importancia de una selección adecuada de la dosis para mejorar el crecimiento de las raíces en esta especie. Asimismo, se observó un coeficiente de variación de 5.14%, lo que refleja una notable consistencia en los datos obtenidos, respaldada por un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.963, que confirma la fiabilidad de los resultados.

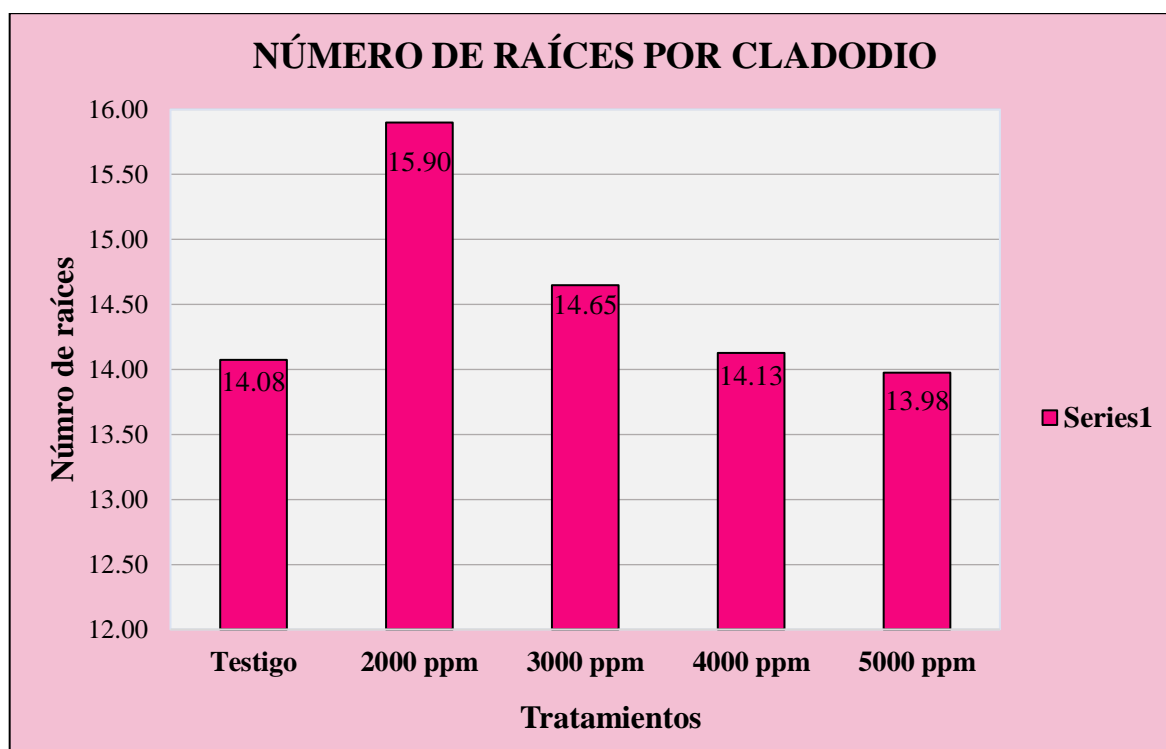
**Tabla 11***Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para número de raíces*

Tratamiento	Descripción	Subconjunto		
		1	2	3
<b>T2</b>	AIB a 2000 ppm	15.90 <sup>a</sup>		
<b>T3</b>	AIB a 3000 ppm		14.65 <sup>b</sup>	
<b>T4</b>	AIB a 4000 ppm			14.13 <sup>c</sup>
<b>T1</b>	Testigo (sin AIB)			14.08 <sup>c</sup>
<b>T5</b>	AIB a 5000 ppm			13.98 <sup>c</sup>
<b>Sig.</b>		1.00	1.00	.596

La Tabla 11 y la Figura 5 ilustran los resultados de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el número de raíces que se desarrollaron en los cladodios de pitahaya. El tratamiento T2, que consistió en la aplicación de AIB a una concentración de 2000 ppm, obtuvo el mayor promedio de raíces con 15.90, mostrando una diferencia significativa en comparación con el tratamiento T3, que registró un promedio de 14.65 raíces. Por otro lado, los tratamientos T4 (4000 ppm), T1 (sin AIB) y T5 (5000 ppm) presentaron promedios similares de 14.13, 14.08 y 13.98 raíces, sin diferencias significativas entre ellos. Estos resultados indican que el uso de AIB a 2000 ppm promovió un mayor desarrollo radicular en los cladodios de pitahaya en comparación con dosis más altas y el tratamiento sin regulador.

**Figura 5**

*Promedio de número de raíces a los 90 días.*



#### 4.2.2. Longitud de raíz (cm)

Después de 90 días (3 meses) de estudio, se analizó la longitud de raíz producida por los cladodios de pitahaya. Los datos recopilados en campo permitieron llevar a cabo un análisis de varianza (Tabla 12), con el objetivo de identificar diferencias significativas entre los tratamientos, utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

**Tabla 12***ANVA para longitud de raíz*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo corregido</b>	64.828 <sup>a</sup>	4	16.207	102.830	.000
<b>Intersección</b>	20109.848	1	20109.848	127593.810	.000
<b>Tratamiento</b>	64.828	4	16.207	102.830	.000
<b>Error</b>	2.364	15	.158		
<b>Total</b>	20177.040	20			
<b>Total, corregido</b>	67.192	19			

CV= 7.8 %

R<sup>2</sup>= 0.955

Los resultados del análisis de varianza en relación con la longitud de raíz indicaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo que sugiere que al menos una de las dosis de AIB utilizados en la propagación de pitahaya favoreció un mayor desarrollo de la raíz a lo largo del estudio. Este resultado destaca la relevancia de seleccionar adecuadamente la dosis correcta para optimizar el crecimiento radicular en esta planta. Además, se registró un coeficiente de variación del 7.8%, indicando una notable consistencia en los datos obtenidos, apoyada por un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0.955, lo que confirma la fiabilidad de los resultados.

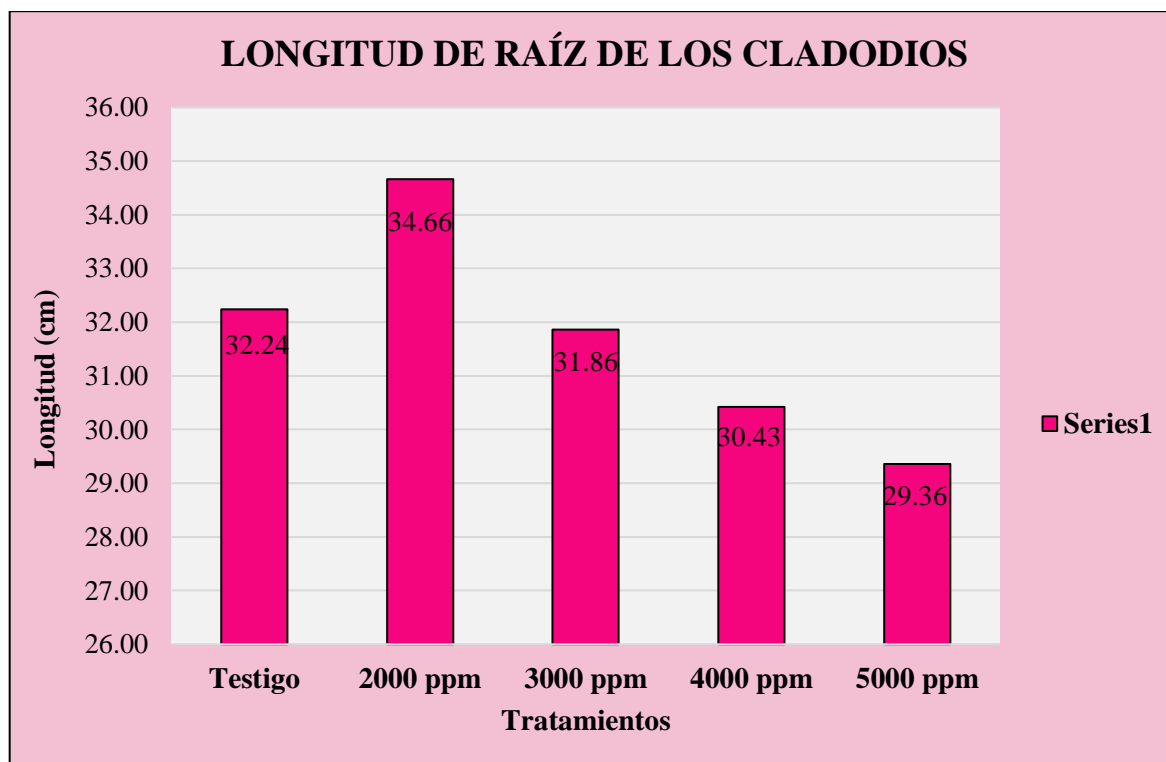
**Tabla 13***Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para longitud de raíz*

Tratamiento	Descripción	Subconjunto			
		1	2	3	4
<b>T2</b>	AIB a 2000 ppm	34.66 <sup>a</sup>			
<b>T1</b>	Testigo (sin AIB)		32.24 <sup>b</sup>		
<b>T3</b>	AIB a 3000 ppm		31.86 <sup>b</sup>		
<b>T4</b>	AIB a 4000 ppm			30.43 <sup>c</sup>	
<b>T5</b>	AIB a 5000 ppm				29.36 <sup>d</sup>
<b>Sig.</b>		1.00	.669	1.00	1.00

La Tabla 13 y la figura 6 detallan los resultados de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en relación con la longitud de raíces formadas por los cladodios de pitahaya. El tratamiento T2, que consistió en la aplicación de AIB a una concentración de 2000 ppm, obtuvo la mayor longitud promedio de raíces con 34.66 cm, destacándose sobre los demás tratamientos. Los tratamientos T1 (sin AIB) y T3 (AIB a 3000 ppm) mostraron promedios similares de 32.24 cm y 31.86 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. En cambio, el tratamiento T4, con AIB a 4000 ppm, registró un promedio de 30.43 cm, mientras que el tratamiento T5, con AIB a 5000 ppm, obtuvo la menor longitud promedio de 29.36 cm. Estos resultados sugieren que el uso de AIB a 2000 ppm favorece un mayor desarrollo de la longitud de las raíces en los cladodios de pitahaya, aunque la diferencia entre el T2 y los tratamientos sin AIB y con dosis más altas no fue siempre estadísticamente significativa.

**Figura 6**

*Promedio de longitud de raíz a los 90 días.*



#### 4.2.3. Volumen de raíces (cm<sup>3</sup>)

Al concluir el estudio, a los 90 días (3 meses), se llevó a cabo la evaluación del volumen de raíz de los cladodios de pitahaya. Los datos recopilados en campo permitieron realizar un análisis de varianza (Tabla 14) para identificar si existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, utilizando la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

**Tabla 14***ANOVA para volumen de raíces.*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo corregido</b>	.789 <sup>a</sup>	4	.197	93.908	.000
<b>Intersección</b>	915.981	1	915.981	435835.587	.000
<b>Tratamiento</b>	.789	4	.197	93.908	.000
<b>Error</b>	.032	15	.002		
<b>Total</b>	916.802	20			
<b>Total, corregido</b>	.821	19			

CV= 3.07 %

 $R^2 = 0.9512$ 

Luego de realizar el análisis de varianza para el volumen de raíz, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos con diferentes dosis de AIB, lo que sugiere que al menos una de las concentraciones aplicadas en la propagación de pitahaya favoreció un mayor desarrollo del volumen radicular durante el estudio. Estos resultados destacan la importancia de seleccionar adecuadamente la dosis de AIB para optimizar el crecimiento de las raíces en esta especie. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 3.07%, indicando una notable consistencia en los datos experimentales, respaldado por un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.951.

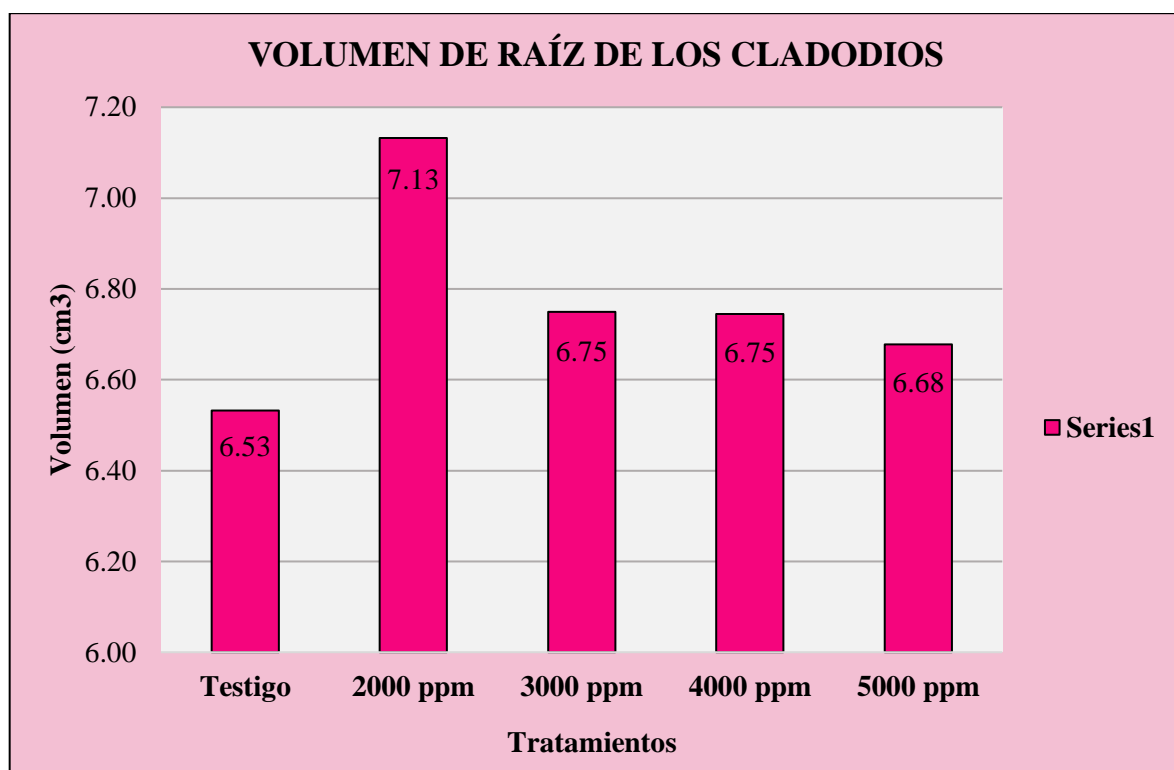
**Tabla 15***Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para volumen de raíces.*

Tratamiento	Descripción	Subconjunto		
		1	2	3
<b>T2</b>	AIB a 2000 ppm	7.13 <sup>a</sup>		
<b>T3</b>	AIB a 3000 ppm		6.75 <sup>b</sup>	
<b>T4</b>	AIB a 4000 ppm		6.75 <sup>b</sup>	
<b>T5</b>	AIB a 5000 ppm		6.68 <sup>b</sup>	
<b>T1</b>	Testigo (sin AIB)			6.53 <sup>c</sup>
<b>Sig.</b>		1.00	0.22	1.00

Los resultados de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) sobre el volumen de raíces se muestran en la Tabla 15 y la Figura 7. El tratamiento T2, que aplicó AIB a 2000 ppm, logró el mayor volumen promedio de raíces con 7.13 cm<sup>3</sup>, destacándose de manera significativa frente a los otros tratamientos. En contraste, las dosis de 3000 ppm (T3) y 4000 ppm (T4) mostraron un volumen promedio de raíces de 6.75 cm<sup>3</sup>, sin diferencias significativas entre ellas ni con el tratamiento T5, que alcanzó un promedio de 6.68 cm<sup>3</sup>. El tratamiento T1, que no utilizó AIB, obtuvo el menor promedio de volumen radicular con 6.53 cm<sup>3</sup>, diferenciándose significativamente de los tratamientos que sí utilizaron AIB. Estos resultados resaltan que la aplicación de AIB a 2000 ppm promueve un volumen radicular superior en comparación con las dosis más altas, aunque las diferencias entre las concentraciones de 3000 ppm, 4000 ppm y 5000 ppm no fueron significativas. Esto sugiere que la dosis más baja de AIB puede ser más eficiente para maximizar el desarrollo radicular en esta especie.

**Figura 7**

*Promedio de volumen de raíz a los 90 días.*



### 4.3. Crecimiento vegetativo

#### 4.3.1. Número de brotes

El conteo de brotes en los cladodios de pitahaya se efectuó al finalizar el estudio, tras 90 días (3 meses). Los datos obtenidos en campo permitieron llevar a cabo un análisis de varianza (Tabla 16) con el objetivo de identificar diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Para la comparación estadística entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

**Tabla 16***ANOVA para número de brotes*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo corregido</b>	1.540 <sup>a</sup>	4	.385	44.423	.000
<b>Intersección</b>	198.450	1	198.450	22898.077	.000
<b>Tratamiento</b>	1.540	4	.385	44.423	.000
<b>Error</b>	.130	15	.009		
<b>Total</b>	200.120	20			
<b>Total, corregido</b>	1.670	19			

CV= 4.39 %

 $R^2 = 0.901$ 

El análisis de varianza realizado para el número de brotes mostró diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que al menos una de las dosis de AIB utilizadas en la propagación de pitahaya promovió una mayor cantidad de brotes durante el tiempo de estudio. Este hallazgo resalta la importancia de elegir una dosis adecuada de AIB para mejorar el crecimiento vegetativo en la propagación de esta especie. Además, se observó un coeficiente de variabilidad del 4.39%, lo que sugiere una alta consistencia en los datos obtenidos, respaldada por un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.901.

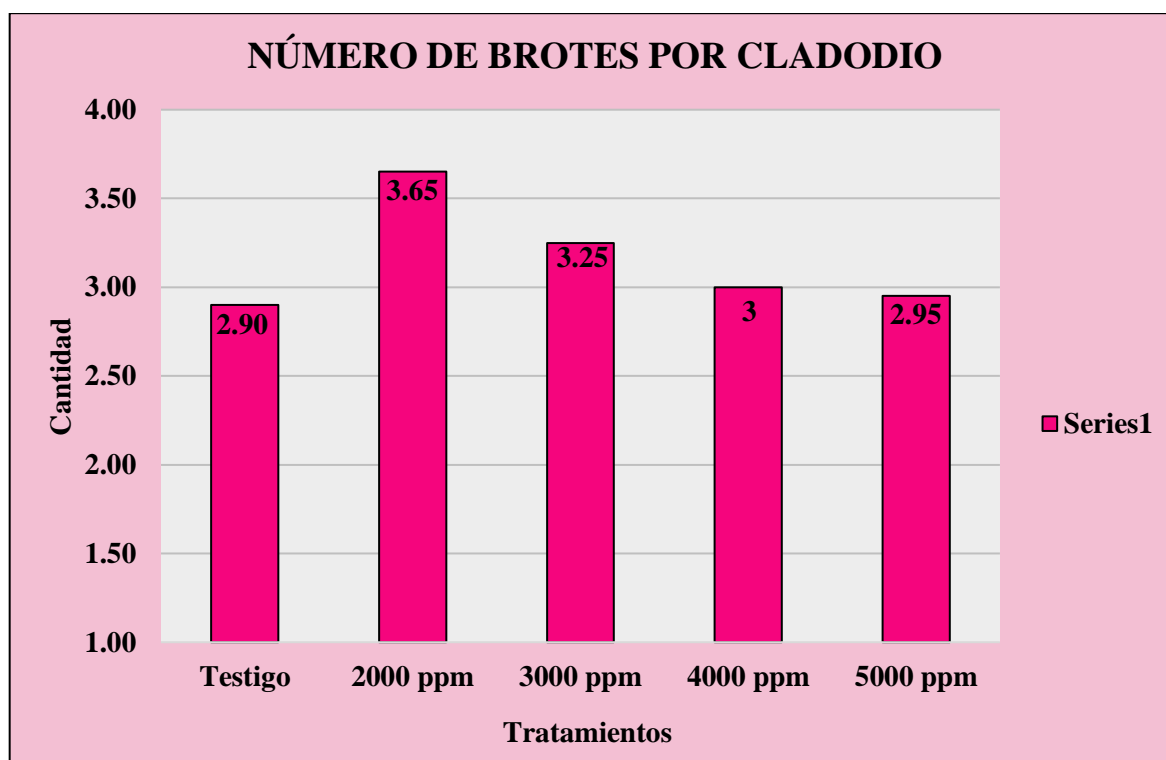
**Tabla 17***Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para número de brotes.*

Tratamiento	Descripción	Subconjunto		
		1	2	3
<b>T2</b>	AIB a 2000 ppm	3.65 <sup>a</sup>		
<b>T3</b>	AIB a 3000 ppm		3.25 <sup>b</sup>	
<b>T4</b>	AIB a 4000 ppm			3.00 <sup>c</sup>
<b>T5</b>	AIB a 5000 ppm			2.95 <sup>c</sup>
<b>T1</b>	Testigo (sin AIB)			2.90 <sup>c</sup>
<b>Sig.</b>		1.00	1.00	.567

En la Tabla 17 y la Figura 8 se detallan los resultados de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) relacionados con el número de brotes en los cladodios de pitahaya, revelando diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T2, que aplicó AIB a una dosis de 2000 ppm, mostró el mayor promedio de brotes con 3.65, destacándose significativamente sobre los demás. En contraste, los tratamientos T3 (3000 ppm de AIB), T4 (4000 ppm de AIB), T5 (5000 ppm de AIB) y el tratamiento T1 (sin AIB) registraron promedios de 3.25, 3.00, 2.95 y 2.90 brotes, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos, lo que sugiere que dosis más altas de AIB no lograron un incremento notable en la brotación respecto al control. Estos hallazgos enfatizan la relevancia de seleccionar una dosificación óptima de AIB, ya que una dosis de 2000 ppm parece ser la más efectiva para estimular la brotación, favoreciendo así un crecimiento vegetativo más vigoroso y un potencial productivo superior en la propagación de la pitahaya.

**Figura 8**

*Promedio de número de brotes a los 90 días*



#### 4.3.2. Longitud de brotes (cm)

Al concluir el estudio, tras 90 días (3 meses), se midió la longitud de los brotes de los cladodios de pitahaya. Los datos recogidos en campo fueron analizados mediante un análisis de varianza (Tabla 18), con el fin de detectar diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, empleando la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para las comparaciones estadísticas.

**Tabla 18***ANOVA para longitud de brotes.*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo corregido</b>	163.407 <sup>a</sup>	4	40.852	63.530	.000
<b>Intersección</b>	105082.954	1	105082.954	163417.161	.000
<b>Tratamiento</b>	163.407	4	40.852	63.530	.000
<b>Error</b>	9.646	15	.643		
<b>Total</b>	105256.007	20			
<b>Total, corregido</b>	173.052	19			

CV= 4.16%

 $R^2 = 0.929$ 

El análisis de varianza realizado para la longitud de los brotes mostró diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que ciertas dosis de AIB contribuyeron de manera más efectiva al crecimiento de los brotes en la propagación de pitahaya. Estos resultados destacan la importancia de ajustar adecuadamente la dosis de AIB para maximizar el desarrollo vegetativo de esta especie. Además, se observó un coeficiente de variabilidad del 4.16%, lo cual refleja una alta precisión y consistencia en los datos obtenidos, reforzada por un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.929, que demuestra la solidez del modelo aplicado en la interpretación de los resultados.

**Tabla 19**

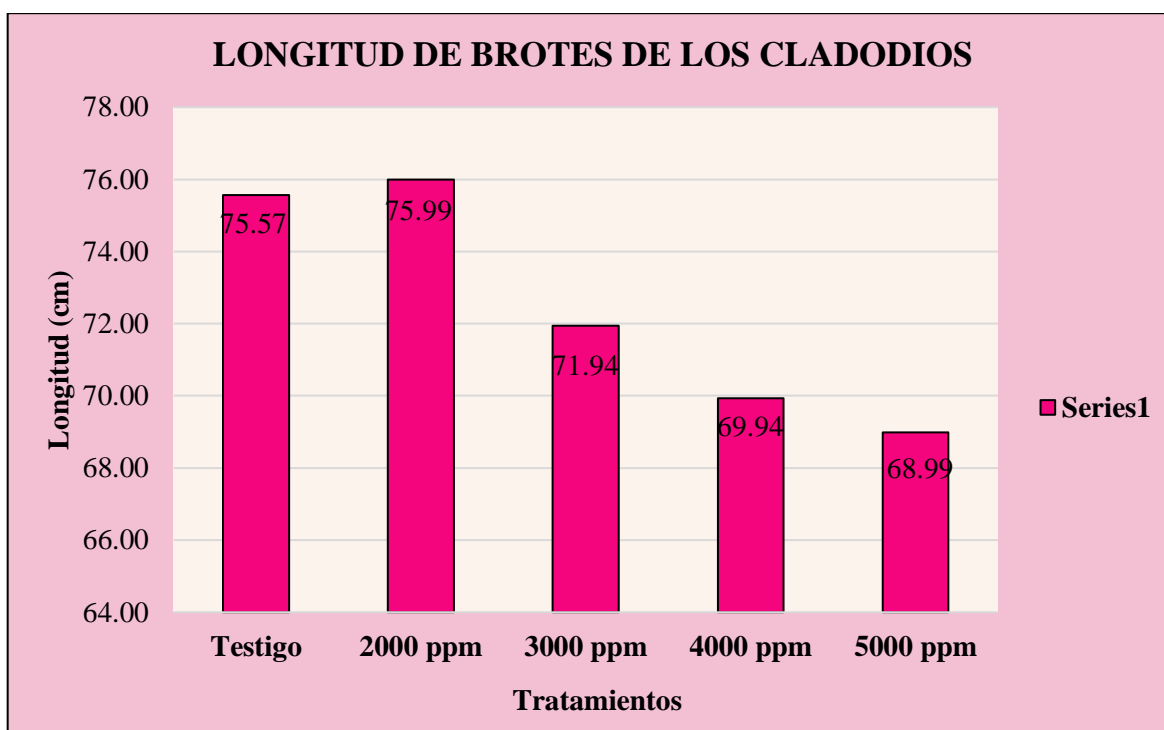
*Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para longitud de brotes.*

Tratamiento	Descripción	Subconjunto		
		1	2	3
<b>T2</b>	AIB a 2000 ppm	75.99 <sup>a</sup>		
<b>T1</b>	Testigo (sin AIB)	75.57 <sup>a</sup>		
<b>T3</b>	AIB a 3000 ppm		71.94 <sup>b</sup>	
<b>T4</b>	AIB a 4000 ppm			69.99 <sup>c</sup>
<b>T5</b>	AIB a 5000 ppm			68.94 <sup>c</sup>
<b>Sig.</b>		1.00	1.00	.28

En la Tabla 19 y la Figura 9 se exponen los resultados de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) sobre la longitud de los brotes en los cladodios de pitahaya, destacando las diferencias en el rendimiento de cada tratamiento. El tratamiento T2, con AIB a 2000 ppm, alcanzó la mayor longitud promedio de brotes con 75.99 cm, seguido muy de cerca por T1 (sin AIB) con 75.57 cm, sin diferencias significativas entre ambos, lo que sugiere que tanto la dosis más baja de AIB como la ausencia de este fitorregulador favorecieron un crecimiento óptimo. En contraste, T3 (3000 ppm de AIB) mostró una longitud promedio de 71.94 cm, significativamente menor que T2 y T1, pero superior a las dosis más altas. Los tratamientos T4 y T5, con 4000 y 5000 ppm respectivamente, registraron las menores longitudes, con 69.99 cm y 68.94 cm, sin diferencias significativas entre sí pero notoriamente inferiores a T2 y T1. Esto resalta que el uso de 2000 ppm de AIB, o incluso la ausencia de este, puede ser más eficaz para promover un mayor crecimiento en la longitud de los brotes de pitahaya, enfatizando la necesidad de ajustar adecuadamente las concentraciones de AIB para optimizar el desarrollo vegetativo de los cladodios.

**Figura 9**

*Promedio de longitud de brotes a los 90 días.*



#### 4.3.3. Porcentaje de cladodios con brotes

Al finalizar el estudio a los 90 días, se evaluó el porcentaje de cladodios de pitahaya que desarrollaron brotes. Los datos obtenidos en campo fueron sometidos a un análisis de varianza (Tabla 20), con el propósito de identificar posibles diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, empleando la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para realizar las comparaciones estadísticas pertinentes.

**Tabla 20***ANOVA para porcentaje de cladodios con brotes.*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Modelo corregido</b>	1062.500 <sup>a</sup>	4	265.625	58.286	.000
<b>Intersección</b>	154220.703	1	154220.703	33840.429	.000
<b>Tratamiento</b>	1062.500	4	265.625	58.286	.000
<b>Error</b>	68.359	15	4.557		
<b>Total</b>	155351.563	20			
<b>Total, corregido</b>	1130.859	19			

CV= 8.79%

 $R^2 = 0.923$ 

El análisis de varianza del porcentaje de cladodios de pitahaya que desarrollaron brotes mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Esto indica que al menos una de las dosis de AIB empleadas favoreció un mayor porcentaje de brotación durante el período de estudio. Este resultado resalta la importancia de seleccionar la dosis adecuada para mejorar la emisión de brotes en esta especie. Adicionalmente, se registró un coeficiente de variabilidad del 8.79%, lo que refleja una notable uniformidad en los datos obtenidos, apoyado por un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.923.

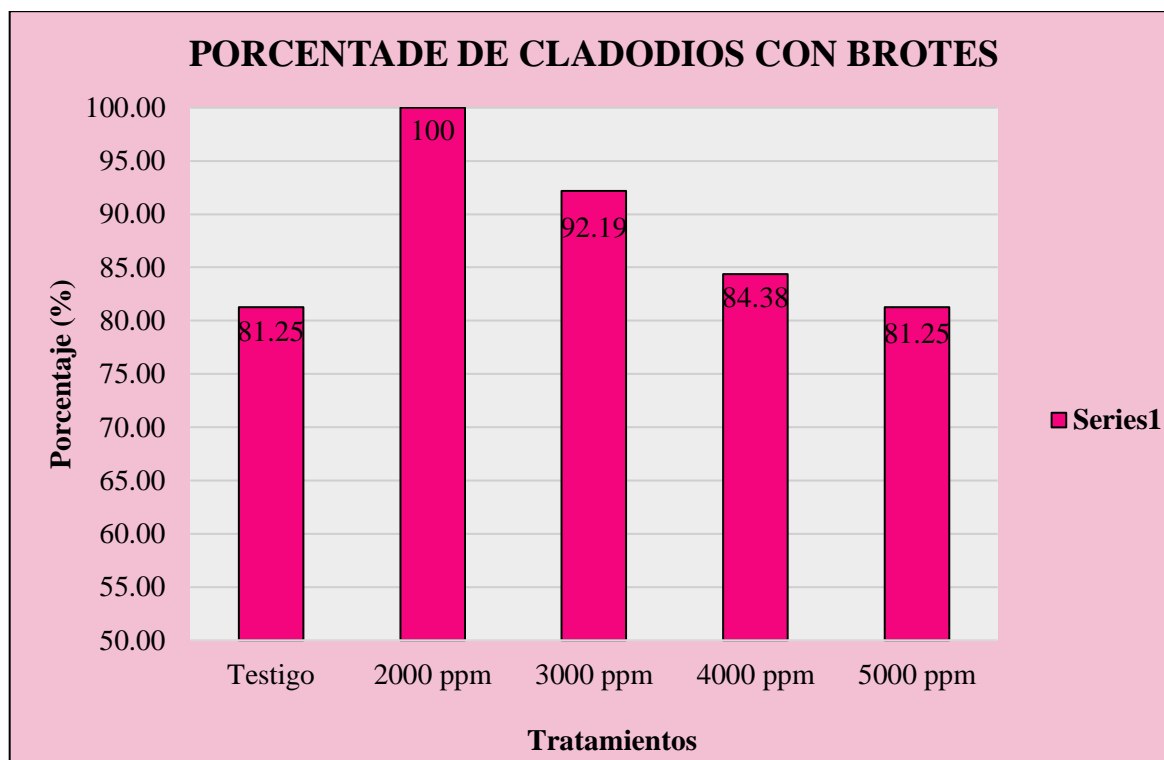
**Tabla 21***Evaluación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para porcentaje de cladodios con brotes*

Tratamiento	Descripción	Subconjunto		
		1	2	3
<b>T2</b>	AIB a 2000 ppm	100 <sup>a</sup>		
<b>T3</b>	AIB a 3000 ppm		92.19 <sup>b</sup>	
<b>T4</b>	AIB a 4000 ppm			84.38 <sup>c</sup>
<b>T5</b>	AIB a 5000 ppm			81.25 <sup>c</sup>
<b>T1</b>	Testigo (sin AIB)			81.25 <sup>c</sup>
<b>Sig.</b>		.944	1.00	.474

En la Tabla 21 y la Figura 10 se detallan los resultados correspondientes a la prueba de significancia de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) aplicada al porcentaje de brotación de los cladodios de pitahaya. El tratamiento T2, que utilizó AIB a una dosis de 2000 ppm, alcanzó el mayor porcentaje de brotes, con un 100%, destacándose significativamente sobre los demás tratamientos. El tratamiento T3, con 3000 ppm de AIB, registró un 92.19%, siendo estadísticamente inferior a T2 pero superior a los tratamientos restantes. Por otro lado, los tratamientos T4 (4000 ppm), T5 (5000 ppm) y el T1 (sin AIB) mostraron porcentajes de brotación muy similares, con valores de 84.38% y 81.25% respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Estos resultados sugieren que la aplicación de AIB a una dosis de 2000 ppm es la más efectiva para aumentar el porcentaje de brotación en los cladodios de pitahaya, mientras que las dosis más altas, el efecto no mejora de manera significativa.

**Figura 10**

*Porcentaje de cladodios de pitihaya con brotes a los 90 días.*



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Enraizamiento

El porcentaje de enraizamiento del 100 % observado en el tratamiento T2, que utilizó ácido indolbutírico (AIB) a 2000 ppm, destaca la eficacia de esta dosis en la promoción del enraizamiento de cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero. Este hallazgo coincide con el estudio de Ortiz (2022), que reportó resultados similares al combinar enraizantes ácidos naftalenacéticos con cladodios, sugiriendo que tanto el AIB como los enraizantes alternativos pueden actuar de manera efectiva para optimizar la formación de raíces. La eficacia del AIB a esta concentración puede explicarse por su capacidad para estimular la división celular y la elongación en la región del cambium, procesos cruciales para la formación de raíces, lo que resalta la importancia de la optimización de las concentraciones de fitorreguladores, ya que dosis superiores no lograron los niveles de enraizamiento deseados.

A diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, Montejo (2020) alcanzó un 89.57 % de enraizamiento utilizando una combinación de broza y ácido indolbutírico. Esta diferencia puede atribuirse a la interacción entre los componentes utilizados, ya que la broza introdujo variables que limitaron la eficacia del AIB, como la competencia por nutrientes. De igual manera, Taípe (2022) documentó un 86.67 % de enraizamiento al emplear té de compost y extracto de sábila. En este caso, aunque el té de compost enriquece el sustrato, es posible que no proporcione el estímulo específico necesario para maximizar el enraizamiento, en comparación con el efecto directo del AIB. En contraste, Vélez y

Zambrano (2022) reportaron un 17 % de enraizamiento al utilizar varetas de 0.80 m y Trichotic como enraizante, lo que sugiere que factores como la longitud de las varetas pudieron haber dificultado la absorción de agua y nutrientes. Además, el uso de Trichotic, aunque prometedor, no ofrece el mismo nivel de estímulo en el desarrollo de raíces que el AIB, lo que resulta en una efectividad notablemente inferior a la observada en este estudio.

## **5.2. Crecimiento radicular**

### **5.2.1. Número de raíces**

El tratamiento T2, que aplicó ácido indolbutírico (AIB) a una concentración de 2000 ppm, resultó en un promedio de 15.9 raíces, lo que sugiere que esta dosis representa un equilibrio óptimo para el número de raíces de los cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero. Sin embargo, este resultado es inferior al de Ortiz (2022), quien reportó un promedio de 38 raíces al usar enraizante ácido naftalenacético en cladodios de 100 cm. Esta diferencia se debe al tamaño mayor de los cladodios de Ortiz, que facilitan una mejor absorción de nutrientes. De manera similar, Gómez (2023) obtuvo 80.5 raíces con esquejes de pitahaya variedad Physical Graffiti sumergidos en Root-hor® al 0.5% en una mezcla de arena y vermicompost, lo que puede explicarse por la combinación de un medio enriquecido y un enraizante efectivo. Estas comparaciones resaltan la variabilidad en los resultados de enraizamiento según las estrategias utilizadas y subrayan la necesidad de seguir investigando para optimizar el enraizamiento en diversas especies.

Al comparar los resultados obtenidos con investigaciones anteriores que reportan promedios inferiores en el número de raíces, se observa que Rodríguez (2019) documentó un promedio de 8 raíces utilizando 3000 mg/L de AIB con tierra negra y turba, sugiriendo

que el medio de cultivo pudo haber limitado el enraizamiento. Del mismo modo, Alcarazo (2021) reportó 6.33 raíces por planta con 2000 ppm de Root-Hor, lo que indica que su eficacia puede estar restringida por el tipo de sustrato. Garbanzo et al. (2021) lograron un promedio de 6.20 raíces usando soluciones naturales de lenteja, sugiriendo que los productos orgánicos no son efectivos como las formulaciones sintéticas. Por último, Taípe (2022) reportó un promedio de 8.17 raíces al emplear té de compost y extracto de sábila, indicando que aunque los métodos orgánicos son prometedores, pueden no alcanzar la efectividad de dosis específicas de AIB.

### **5.2.2. Longitud de raíz**

La longitud de raíz de 34.66 cm observada en el tratamiento T2, que utilizó ácido indolbutírico (AIB) a 2000 ppm, destaca la efectividad de esta dosis en la promoción de la longitud de raíces de los cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero. Sin embargo, este resultado se compara con los hallazgos de Carrera (2023), quien, utilizando 75 ml de EM en un litro de agua, logró una longitud promedio de raíz de 45.00 cm a los 120 días. Esta diferencia se atribuye a la sinergia entre el EM y el sustrato, que puede haber favorecido el desarrollo radicular. Por su parte, Vargas (2023) reportó 36.2 cm al emplear un sustrato de tierra agrícola y estiércol de cuy en proporción 1:1, lo que sugiere que la elección del sustrato tiene un impacto significativo en el crecimiento radicular. Adicionalmente, Ortiz (2022) documentó una longitud de 38.37 cm al utilizar enraizante ácido naftalenacético en combinación con cladodios de 100 centímetros y un periodo de desaviado de cuatro días, lo que indica que otros enraizantes pueden ofrecer ventajas dependiendo de las condiciones de cultivo y el manejo post-cosecha.

En contraste, los resultados obtenidos en este estudio en términos de longitud de raíz superan significativamente los reportados por otros investigadores. Por ejemplo, Rodríguez (2019) documentó una longitud promedio de 14.2 cm al utilizar una combinación de tierra negra y turba, lo que sugiere que las condiciones del sustrato pueden haber limitado el desarrollo radicular. De manera similar, Alcarazo (2021) logró una longitud de 26 cm con Root Hor a 2000 ppm, que, aunque mejor que los resultados de Rodríguez, sigue siendo inferior a los obtenidos en este estudio, indicando que la formulación y la aplicación de enraizantes pueden ser determinantes en la eficacia del enraizamiento. Además, Garbanzo et al. (2021) y Montejo (2020) reportaron longitudes de 14.20 cm y 16.8 cm, respectivamente, utilizando soluciones naturales y tierra negra, lo que refleja la variabilidad en los métodos de cultivo y la calidad de los sustratos empleados. En cuanto a Taípe (2022), que obtuvo un promedio de 9.35 cm utilizando té de compost y extracto de sábila, y Gómez (2023), quien reportó un crecimiento de 15.8 cm al sumergir esquejes en una solución de Root Hor®, sus resultados están relacionados con las características específicas de las especies vegetales utilizadas y las concentraciones de enraizantes, así como la naturaleza de los sustratos aplicados. Por último, Navarrete (2023) documentó 21.27 cm con una solución de Steiner al 75%, lo que resalta la importancia de explorar diversas formulaciones para maximizar el desarrollo radicular.

### **5.2.3. Volumen de raíz**

El volumen de raíz de 7.13 cm<sup>3</sup> observado en el tratamiento T2, que utilizó ácido indolbutírico (AIB) a 2000 ppm, subraya la efectividad de esta dosis en la promoción del desarrollo radicular de los cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero. Sin embargo, este resultado se compara de manera interesante con los hallazgos de Navarrete

(2023) en Montecillo, México, en el cual se analizó el impacto de cinco soluciones nutritivas bajo diversas condiciones controladas de invernadero, reportando un promedio de 71.67 ml con una solución de Steiner al 75%. Este contraste resalta la diferencia en los métodos y condiciones experimentales, lo que puede influir significativamente en el volumen radicular obtenido. La notable diferencia en los volúmenes puede atribuirse a la efectividad de la formulación de la solución nutritiva de Steiner, que puede haber proporcionado un ambiente más favorable para el crecimiento radicular en comparación con las condiciones de cultivo empleadas en este estudio.

### **5.3. Crecimiento vegetativo**

#### **5.3.1. Número de brotes**

El número de brotes, que alcanzó un promedio de 3.65 unidades en el tratamiento T2 con ácido indolbutírico (AIB) a 2000 ppm, evidencia la eficacia de esta dosis en el desarrollo vegetativo de los cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero. Sin embargo, al comparar estos resultados con otros estudios, se observa que Rodríguez (2019) reportó un promedio de 9 brotes en Milpuc, Amazonas, empleando una combinación de 4000 mg/L de AIB, mezcladas con tierra y turba. Esta discrepancia se atribuye a la mayor concentración de AIB aplicada en su investigación, sugiriendo que incrementos en la dosis pueden potenciar el desarrollo vegetativo. Asimismo, Montejo (2020) logró un promedio notable de 22.5 brotes al emplear una mezcla de broza y citoquinina, resaltando la sinergia entre fitorreguladores y sustratos en la estimulación de la brotación. Por otro lado, en el estudio de Navarrete (2023), se evaluaron cinco soluciones nutritivas bajo condiciones de invernadero, alcanzando 21.2 brotes con una solución de Steiner al 75%. Estos hallazgos indican que las formulaciones nutritivas son igualmente relevantes en el crecimiento vegetativo, sugiriendo

que, aunque el AIB a 2000 ppm es efectivo, la combinación de sustratos y nutrientes específicos podría mejorar aún más la producción de brotes.

Los resultados obtenidos en este estudio reflejan una notable superioridad en comparación con el estudio de Ortiz (2022), que registró un promedio de solo 2 brotes utilizando ácido naftalenacético (ANA). La diferencia en los resultados se debe a la variabilidad en la respuesta de los cladodios a distintos tipos de fitorreguladores, donde el AIB parece ofrecer una mejor estimulación del desarrollo de brotes en comparación con el ANA. Además, el uso de AIB a una concentración de 2000 ppm proporcionó un entorno hormonal más equilibrado, favoreciendo el brotamiento sin los posibles efectos inhibitorios que pueden surgir con otras formulaciones y periodos de desavío más prolongados. De manera similar, Taípe (2022) alcanzó un promedio de apenas 1.47 brotes en Huancavelica, empleando té de compost y extracto de sábila, lo que indica que estos tratamientos pueden no haber sido lo suficientemente eficaces para estimular un mayor crecimiento. Además, Vélez y Zambrano (2022), en su estudio realizado en Calceta, Ecuador, lograron un promedio de 2 brotes utilizando varetas de 0.50 m y Citokyn como enraizante, lo que resalta la posibilidad de que la longitud de las varetas y la concentración del enraizante no hayan sido óptimas para maximizar la brotación.

### **5.3.2. Longitud de brotes**

La longitud de brotes obtenida en este estudio, con un promedio de 75.99 cm en el tratamiento T2 que utilizó ácido indolbutírico (AIB) a 2000 ppm, resalta la eficacia de esta dosis en el fomento del desarrollo vegetativo de los cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero. Al contrastar estos resultados con los de otras investigaciones, se observan diferencias notables. Por ejemplo, Rodríguez (2019) alcanzó un promedio de 33.44

cm al aplicar 3000 mg/L de AIB, lo cual, aunque demuestra un crecimiento significativo, sigue siendo inferior a los 75.99 cm obtenidos en este estudio. Esto sugiere que la concentración más baja de 2000 ppm de AIB utilizada aquí proporcionó un equilibrio óptimo entre la promoción del crecimiento y la prevención de efectos inhibitorios que a veces ocurren a concentraciones más altas. De manera similar, Alcarazo (2021) reportó una longitud de brotes de 47.44 cm empleando Root Hor a 2000 ppm, un resultado que, aunque supera al de Rodríguez, sigue siendo menor que el de este estudio. Esto podría indicar diferencias en la formulación y la efectividad de los enraizantes, sugiriendo que el AIB a 2000 ppm favorece un mejor balance hormonal en el proceso de elongación de brotes. Por otro lado, Montejo (2020) reportó una longitud de brotes de solo 0.23 m al utilizar giberelina, lo cual sugiere que el AIB, al ser un regulador de enraizamiento más específico, puede resultar más eficaz que otros reguladores de crecimiento para este tipo de propagación. Estos contrastes subrayan la importancia de ajustar la concentración de AIB para maximizar el desarrollo de brotes en cladodios de pitahaya.

### **5.3.3. Porcentaje de cladodios con brotes**

El porcentaje de cladodios con brotes, con un promedio de 100 % en el tratamiento T2 que utilizó AIB a 2000 ppm, demuestra la alta eficacia de esta dosis en la promoción del desarrollo vegetativo de los cladodios de pitahaya amarilla en condiciones de vivero. Este resultado destaca la capacidad del AIB para inducir un entorno hormonal favorable que estimula la brotación en los cladodios. De manera similar, Ortiz (2022) reportó un 100 % de brotación al utilizar ácido naftalenacético (ANA) en combinación con cladodios de 100 cm de longitud y un periodo de desavío de cuatro días, lo cual resalta que ambos fitorreguladores, aunque diferentes, pueden lograr resultados óptimos cuando se aplican bajo condiciones

controladas. La coincidencia en los resultados sugiere que la efectividad de los reguladores de crecimiento en la brotación está influenciada tanto por la concentración de los mismos como por el manejo adecuado de los cladodios y las condiciones ambientales específicas del vivero.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

Con base en los resultados alcanzados en esta investigación y en relación con los objetivos planteados, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- El estudio determinó que las dosis de ácido indolbutírico (AIB) tienen un efecto notable en el enraizamiento de los cladodios de pitahaya amarilla en vivero. La dosis de 2000 ppm fue la más efectiva, logrando el mejor enraizamiento, aunque otras concentraciones también influenciaron positivamente este proceso.
- Se determinó que la dosis de 2000 ppm de ácido indolbutírico (AIB) fue la más efectiva para promover el enraizamiento de los cladodios de pitahaya amarilla, alcanzando un 100% de enraizamiento, con una diferencia significativa respecto a otras dosis. Esto la posiciona como la mejor opción para optimizar el enraizamiento de pitahaya amarilla bajo las condiciones del vivero en Pucallpa.
- El tratamiento T2, con una concentración de 2000 ppm de AIB, mostró un efecto positivo en el crecimiento radicular y vegetativo de los cladodios de pitahaya amarilla bajo condiciones de vivero en Pucallpa. Este tratamiento logró los mejores resultados, con un promedio de 15.90 raíces, una longitud de raíces de 34.66 cm y un volumen de raíces de 7.13 cm<sup>3</sup>. Asimismo, alcanzó el mayor número de brotes (3.65), la mayor longitud de brotes (75.99 cm) y un porcentaje de brotación del 100%. Estos resultados evidencian que la dosis de 2000 ppm de AIB no solo optimiza el enraizamiento, sino que también favorece el desarrollo vegetativo de los cladodios, posicionándola como la opción más eficiente para la propagación de pitahaya amarilla en vivero.

## **CAPÍTULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Aplicar ácido indolbutírico (AIB) a una concentración de 2000 ppm para optimizar el enraizamiento y el crecimiento vegetativo de los cladodios de pitahaya amarilla en vivero. Esta dosis ha demostrado ser la más efectiva, logrando un enraizamiento del 100% y un desarrollo superior en número, longitud y volumen de raíces, así como un mayor número y longitud de brotes, lo que puede traducirse en un establecimiento más rápido y vigoroso de las plantas.
- Realizar investigaciones adicionales que evalúen la interacción del AIB a 2000 ppm con otros factores como la nutrición del sustrato, las condiciones de humedad y temperatura, y el uso de otros reguladores de crecimiento.
- Explorar el uso de AIB a 2000 ppm en la propagación de otras especies frutales o plantas nativas de la región, con el objetivo de promover la reforestación y la recuperación de áreas degradadas.
- Extender la investigación hasta la fase de producción con el fin de evaluar de manera integral el efecto de las diferentes dosis de ácido indolbutírico (AIB). Esto permitirá analizar no solo el impacto inicial en el enraizamiento y desarrollo temprano, sino también su influencia en el rendimiento productivo y en la calidad del cultivo en etapas avanzadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Zaruma, G.E. (2015). Evaluación de tres enraizantes y dos tamaños de Cladodios en la propagación de pitahaya amarilla *Cereus Triangulares* (L.) Haw., En Yantzaza. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional De Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10031>
- Alcántara Cortés, J.S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J.D., & Sánchez Mora, R.M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Nova vol.17 no.32. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702019000200109](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109)
- Alcarazo Frias, DJ. (2021). Influencia de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de cladodios de “Pitahaya” (*Selenicereus megalanthus* K. Schum. ex Vaupel) en Nueva Cajamarca. [Tesis Ing. Agrario, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1517>
- Angulo Moreno, O.D. (2015). Propagación vegetativa de badea (*Pasiflora quadrangularis* L.) por medio de ramillas utilizando hormonas ANA y AIB en el cantón Buena Fe. [Tesis ingeniero agropecuario, Universidad técnica estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1550>
- Aybar, A., Pérez, M., & Gómez, R. (2017). *Clima y características meteorológicas del distrito de Callería en los últimos 25 años*. Municipalidad provincial de Coronel

Portillo. [https://municportillo.gob.pe/images/pdf/doc2018/pdu17-27/memoriad/dp\\_p5.pdf](https://municportillo.gob.pe/images/pdf/doc2018/pdu17-27/memoriad/dp_p5.pdf)

Azcón Bieto, J. & Talón, M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal (2.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana de España. [https://www.academia.edu/32043041/Fundamentos\\_de\\_Fisiologia\\_Vegetal\\_Azc%C3%B3n\\_Bieto\\_2ed](https://www.academia.edu/32043041/Fundamentos_de_Fisiologia_Vegetal_Azc%C3%B3n_Bieto_2ed)

Balaguera López, H. E., Morales, E. I., Almanza Merchán, P. J., & Balaguera L, 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 Ciencias Hortícolas, 4(1), 33–42. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1222](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1222)

Bedoya Paredes, J.A. (2024). Evaluación de diferentes sustratos para el enraizamiento de esquejes de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* var. amazónica) en la irrigación de Majes- Arequipa 2024. [Tesis Ing. Agrónomo y Agrícola, Universidad Católica de Santa María]. <https://hdl.handle.net/20.500.12920/14083>

Bellido Cabrera, A.H & Calderón Navarrete, P.M (2020). Proyecto de prefactibilidad de una planta procesadora de pitahaya. [ Tesis Ing. Agroindustrial y Agronegocios, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/11240>

Callupe Cardenas, F.N. (2023). Efecto del tiempo de inmersión de estacas de Camu Camu árbol (*Myrciaria sp.*) empleando dos fitoreguladores en cámara de sub irrigacion

instaladas en el IIAP – Pucallpa, 2020. [Tesis Ing. Agrónoma, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/6111>

Carrera Abanto, E.M. (2023). Efectos de microorganismos eficientes (em) en el enraizamiento y desarrollo vegetativo de cladodios de pitahaya (*Hylocereus undatus*). [Tesis Ing. Agroforestal, Universidad Científica del Sur]. <https://doi.org/10.21142/tl.2023.3139>

Castro Gámez, A.R. (2021). Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de sistemas de producción en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw) Britton and Rose) en el municipio de La Concepción - Masaya, Nicaragua, 2018. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4419>

Catalán Barrios, B.O. (2022). Evaluación de dos enraizadores para la propagación asexual de Pitahaya roja (*Hylocereus undatus*). [Tesis Ing. Agrícola, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/5432>

Corres Antonio, D. (2006). Efecto del fertirriego en la propagación sexual y asexual de la pitahaya (*hylocereus undatus*) bajo cultivo sin suelo. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo Integral Regional]. [http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER\\_CIIDIROAX/19](http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/19)

Delgado Gutiérrez, A.I. (2015). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de Pitahaya en la Parroquia Sangay, Cantón Palora, provincia de Morona Santiago y su comercialización en el distrito Metropolitano de Quito. [Tesis Ing.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9874>

Garay Arroyo, A., Sánchez, M.P., García Ponce, B. & Álvarez Buylla, E.R. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. Revista de Biología Experimental (REB), 33(1), 13-22.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/reb/v33n1/v33n1a3.pdf>

Garbanzo León, G., Vega Villalobos, E.V., Rodríguez Cisneros, J., Urbina Briceño, C., Lázaro Rojas, W., Alvarado Jara, K., Barrientos Bolaños, R., Duarte Ortiz, K., Mora Prendas, J., Trujillo Olivas, V. & Rojas Varela, J. (2021). Evaluación de tamaño de cladodios y bio-estimulantes de enraizamiento para la propagación de pitahaya. Agronomía Costarricense, 45(2): 29-40.

<https://doi.org/10.15517/rac.v45i2.47765>

García Orbe, R. (2022). Eficiencia del tiempo de inmersión de dos tipos de fitorreguladores en el enraizamiento de estaquillas de mandarina (*Citrus reticulata* var. Tango), en cámara de subirrigación. [Tesis Ing. Agronomo, Universidad Nacional de Ucayali].

<https://hdl.handle.net/20.500.14621/5947>

Gómez Cencia, L.E. (2023). Dosis de root-hor, tamaño de esquejes y sustratos en la propagación vegetativa de pitahaya (*hylocereus spp.*) variedad physical graffiti en condiciones controladas de la irrigación majes. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa]. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/16809>

Guanuche Maceira, S.J. & Holguin Moreira, M.S. (2021). Estudio del bioestimulante Biol enriquecido con microorganismo en tres dosis para el desarrollo radicular de pitahaya (*Hylocereus undatus*) Montecristi, 2020. [Tesis Ing. Agropecuaria, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/3337>

Guerrero Paredes, M.G. (2014). Estudio del manejo poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) procedente del cantón Pedro Vicente Maldonado de la provincia de Pichincha. [Tesis Ing. Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9105>

Guerrón Mallamas, A. & Espinosa Chuquin, E. (2014). Evaluación de diferentes tipos de estacas al enraizamiento con la utilización de dos tipos de auxinas (ANA e IBA) con tres dosis para la producción de plantas de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth), Tumbaco-Quito, Ecuador. [Tesis Ing. Agropecuario, Universidad Técnica Del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2637>

Hernández Alva, M., Romero Salas, L.F., Rojas Magaña, E., Zavala Rosa, W.S., García Balam, W.J., Gutiérrez Zepeda, J., Rodríguez Canto, A., Bautista Ramírez, D.N. & Reyes Rosales, R. (2018). Pitahaya- Plan de manejo agroecológico para su cultivo en la región de Hualachó-Maxcanú, Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. [https://www.researchgate.net/publication/324794511\\_PITAHAYA\\_PLAN\\_DE\\_MANEJO\\_AGROECOLOGICO\\_PARA\\_SU\\_CULTIVO\\_EN\\_LA\\_REGION\\_DE\\_HUALACHO-MAXCANU\\_YUCATAN](https://www.researchgate.net/publication/324794511_PITAHAYA_PLAN_DE_MANEJO_AGROECOLOGICO_PARA_SU_CULTIVO_EN_LA_REGION_DE_HUALACHO-MAXCANU_YUCATAN)

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M.D.P. (2014). Metodología de la investigación (6 ed.). McGraw-Hill Interamericana. [https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez\\_R\\_2014\\_Metodologia\\_d\\_e\\_la\\_Investigacion](https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez_R_2014_Metodologia_d_e_la_Investigacion)
- Huamani Mora, D. J. & Paucar Capia, P. E. (2018). Determinación del contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante del fruto liofilizado de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y pitahaya roja (*Hylocereus undatus*). [Tesis Química Farmacéutica, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8275>
- Infoagro. (2017). El cultivo de pitahaya. [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_pitahaya.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_pitahaya.asp)
- Kondo, T., Martínez, M., Medina, JA, Rebolledo Roa, A., Cardozo Burgos, C., Toro M., JC, Durán, A., Labrador, NR, Quintero, EM, Imbachi López, K., Delgado, A., Manrique Burbano, MB, Murcia Riaño, N., Rojas-Triviño, A., Orozco, ML, & Muñoz, D. (2013). *Manual técnico: Tecnología para el manejo de pitaya amarilla Selenicereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Moran en Colombia*. CORPOICA. 96 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34308>
- Lemus Díaz, P. G., Yadira Belmonte Izquierdo, & González Hernández, J. C. (2024). La importancia del metabolismo CAM en la familia Agavaceae. *Milenaria, Ciencia Y Arte*, (23), 39–42. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi23.375>

- Lima Rojas, J.M. (2023). Enraizamiento de estacas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) bajo diferentes concentraciones hormonales de AIB en cámara de sub irrigación en Pucallpa, 2023. [Tesis Ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/7151>
- López Medina, S. E., Mostacero León, J., Vásquez Boyer, C. A., Gil Rivero, A. E., Cruz Castillo, A. J. De La, Villena Zapata, L., Rafael Amaya, R., & Gonzáles Pacheco, A. J. (2023). Efecto del ácido indolbutírico en la propagación de *Hylocereus undatus* “pitahaya” bajo condiciones de invernadero. *Manglar*, 20(4), 341-346. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.039>
- López Turcios, O. & Guido Miranda, A. (2019). Evaluation of phosphorus and nitrogen dosages in strawberry pear (*Hylocereus undatus*) cultivation. *Agronomía mesoamericana*, 9(1): 66-71. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/24635>
- Manihuari Rioja, A.D. (2022). Influencia de sustratos, dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de estacas juveniles y producción de plantones de *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) en túneles de subirrigación. [Tesis Ing. Forestal, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/5576>
- Marcelo Bances, E. I. (2020). Formulación y nivel de aceptabilidad de una bebida elaborada a partir de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). [Tesis Ing. Agroindustrial y comercio exterior, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6952>

- Martínez Ruiz, E. R., Tijerina Chávez, L., Becerril Román, A. E., Rebolledo Martínez, A., Velasco Cruz, C., & del Ángel Pérez, A. L. (2017). Fenología y constante térmica de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose). *Revista Agroproductividad*, 10(9), 3-9. <https://core.ac.uk/reader/249320050>
- Medina Basurto, J.J. (2014). Estimulación del enclallado en estacas de manzano con IBA acidificado y falta de oxigenación. [Tesis Ingeniero agrónomo, Universidad Autónoma Antonio Narro]. <https://www.researchgate.net/publication/267750462>
- Méndez Hernández, C. & Coello Torres, A. (2016). El cultivo de la pitaya. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife – España. Recuperado de: [https://www.agrocabildo.org/publicaciones\\_detalle.asp?id=624](https://www.agrocabildo.org/publicaciones_detalle.asp?id=624)
- Monge Pérez, J. E., Oreamuno Fonseca, P., Vidal Vega Villalobos, E., Garbanzo León, G., & Jiménez, V. M. (2021). *Producción de pitahaya en Costa Rica* (Informe No. InfPita). Universidad de Costa Rica. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.20373.24807>
- Montejo Silvestre, M.E. (2020). Evaluación del efecto de sustratos y enraizadores en la propagación vegetativa de la pitahaya; Jacaltenango, Huehuetenango. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Rafael Landívar]. <https://hdl.handle.net/20.500.12032/134146>
- Montesinos Cruz, J.A., Rodríguez Larramendi, C., Ortiz Pérez, C.R., Fonseca Flores, M.A., Ruiz Herrera, G. & Guevara Hernández, C.F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus spp.*) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos tropicales*. 36(nº. esp.) 67–76. Recuperado en 20 de noviembre de 2024, de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000500007&Ing=es&tIng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500007&Ing=es&tIng=es)

Navarrete Torres, A.H. (2023). Evaluación de la propagación de pitahaya (*Hylocereus undatus*) bajo diferentes esquemas de nutrición. [Tesis maestro en ciencias, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas campus Montecillo].

<http://193.122.196.39:8080/handle/10521/5054>

Orrico Zalazar G. (2013). Respuesta de la pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* L.) a la aplicación complementaria de dos fertilizantes en tres dosis. [Tesis Ingeniero agrónomo, Universidad Central de Ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1041>

Ortiz Gahona, H.P. (2022). Evaluación de dos enraizantes y tres tiempos de desaviado en dos tamaños de cladodios en la propagación de pitahaya amarilla *Hylocereus megalanthus*. [Tesis Ingeniero agrónomo, Escuela Superior 887 Politécnica De Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17813>

Pinedo Borgo, S. (2022). Propagación de estacas juveniles de *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry (Ajo Sacha), por efecto de concentraciones de Ácido Indolbutírico y tipos de sustratos en cámara de sub irrigación, Atalaya – Ucayali – Perú. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de Ucayali].

<https://hdl.handle.net/20.500.14621/5238>

- Robles Sánchez, A.I. (2023). Efectos de sustratos en propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) variedad roja - Illanya – Abancay. [Tesis Ingeniero agrónomo, Universidad Tecnológica de Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.14512/630>
- Rodríguez Portocarrero, K. (2019). Efecto del ácido indolbutírico en la propagación vegetativa de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en diferentes sustratos bajo condiciones de vivero en Milpuc, Rodríguez de Mendoza. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1772>
- Sotomayor, A., Pitizaca, S., Sánchez, M., Burbano, A., Díaz, A., Nicolalde, J., Viera, W., Caicedo, C., & Vargas, Y. (2019). Evaluación físico-química de fruta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de desarrollo. *Enfoque UTE*, 10 (1), 89-96. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.386>
- Suárez Román, R.E. (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]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7991>
- Taípe Rojas, Y. (2022). “Efecto del té de fosfocompost combinados con extractos vegetales en la propagación de *Hylocereus undatus* Y *Selenicereus megalanthus*”. [Tesis Ing. Agropecuario, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/5399>

- Uribe, M., Ulloa, J., Delaveau, C., Sáez, K., Muñoz, F. & Cartes, P. (2012). Influencia de las auxinas sobre el enraizamiento in vitro de microtallos de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Gayana bot.* 69(1):105 - 112. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432012000100010>
- Vargas Giraldo, J.C. (2023). Propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) por medio hidropónico de raíces flotantes con dos enraizantes en la provincia de Camaná, departamento de Arequipa. [Tesis Ing. Agrónomo y Agrícola, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12657>
- Vargas Gutiérrez, K.A. & López Montañez, R. N. (2020). Guía técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1052>
- Vásquez Castillo, W., Aguilar, K., Vilaplana, R., Viteri, P., Viera, W., & Valencia Chamorro, S. (2016). Calidad del fruto y pérdidas postcosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en Ecuador. *Agronomía Colombiana*. 34(1):1081-1083. <https://www.researchgate.net/publication/312283554>
- Vélez Zambrano, L.J. & Zambrano Pino, G.M. (2022). Propagación asexual en pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) Y AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) en el valle del río Carrizal. [Tesis Ing. Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1710>

Verona Ruiz, A., Urcia Cerna, J. & Paucar Menacho, L.M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus spp.*): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*. *11(3)*: 439 – 453.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Tablas de datos evaluados**

**Tabla 30A**

**Porcentaje de enraizamiento a los 90 días con AIB**

<b>Tratamiento/ Repeticiones</b>	<b>T1= Testigo</b>	<b>T2 (AIB- 2000ppm)</b>	<b>T3 (AIB- 3000ppm)</b>	<b>T4 (AIB- 4000ppm)</b>	<b>T5 (AIB- 5000ppm)</b>
I	87.5	100	93.75	93.75	87.5
II	81.25	100	87.5	87.5	81.25
III	81.25	100	93.75	93.75	87.5
IV	81.25	100	93.75	87.5	81.25
Total	331.25	400	368.75	362.5	337.5
Promedio	82.81	100.00	92.19	90.63	84.38

**Tabla 31A**

**Número de raíces a los 90 días con AIB**

<b>Tratamiento/ Repeticiones</b>	<b>T1= Testigo</b>	<b>T2 (AIB- 2000ppm)</b>	<b>T3 (AIB- 3000ppm)</b>	<b>T4 (AIB- 4000ppm)</b>	<b>T5 (AIB- 5000ppm)</b>
<b>I</b>	14.10	16.00	14.70	14.10	14.00
<b>II</b>	14.00	16.20	14.60	14.00	14.00
<b>III</b>	14.00	15.80	14.60	14.20	14.10
<b>IV</b>	14.20	15.60	14.70	14.20	13.80
<b>Total</b>	<b>56.3</b>	<b>63.6</b>	<b>58.6</b>	<b>56.5</b>	<b>55.9</b>
<b>Promedio</b>	<b>14.08</b>	<b>15.90</b>	<b>14.65</b>	<b>14.13</b>	<b>13.98</b>

Tabla 32A

Longitud de raíz (cm) a los 90 días con AIB

Tratamiento/ Repeticiones	T1= Testigo	T2 (AIB- 2000ppm)	T3 (AIB- 3000ppm)	T4 (AIB- 4000ppm)	T5 (AIB- 5000ppm)
<b>I</b>	32.59	35.19	32.22	30.35	29.60
<b>II</b>	32.19	34.44	31.42	30.06	29.45
<b>III</b>	32.19	35.19	31.82	30.35	29.20
<b>IV</b>	31.99	33.83	31.99	30.94	29.18
<b>Total</b>	<b>128.97</b>	<b>138.65</b>	<b>127.46</b>	<b>121.71</b>	<b>117.43</b>
<b>Promedio</b>	<b>32.24</b>	<b>34.66</b>	<b>31.87</b>	<b>30.43</b>	<b>29.36</b>

Tabla 33A

Volumen de raíces cm<sup>3</sup> a los 90 días con AIB

Tratamiento/ Repeticiones	T1= Testigo	T2 (AIB- 2000ppm)	T3 (AIB- 3000ppm)	T4 (AIB- 4000ppm)	T5 (AIB- 5000ppm)
<b>I</b>	6.56	7.17	6.70	6.80	6.67
<b>II</b>	6.52	7.13	6.80	6.67	6.66
<b>III</b>	6.50	7.13	6.80	6.76	6.63
<b>IV</b>	6.55	7.10	6.70	6.75	6.75
<b>Total</b>	<b>26.13</b>	<b>28.53</b>	<b>27.00</b>	<b>26.97</b>	<b>26.71</b>
<b>Promedio</b>	<b>6.53</b>	<b>7.13</b>	<b>6.75</b>	<b>6.74</b>	<b>6.68</b>

Tabla 34A

Número de brotes cladodios a los 90 días con AIB

Tratamiento/ Repeticiones	T1= Testigo	T2 (AIB- 2000ppm)	T3 (AIB- 3000ppm)	T4 (AIB- 4000ppm)	T5 (AIB- 5000ppm)
I	3.00	3.60	3.20	3.00	3.00
II	3.00	3.60	3.40	3.00	3.00
III	2.80	3.80	3.20	3.00	2.80
IV	2.80	3.60	3.20	3.00	3.00
<b>Total</b>	<b>11.60</b>	<b>14.60</b>	<b>13.00</b>	<b>12.00</b>	<b>11.80</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.90</b>	<b>3.65</b>	<b>3.25</b>	<b>3.00</b>	<b>2.95</b>

Tabla 35A

Longitud de brotes a los 90 días con AIB

Tratamiento/ Repeticiones	T1= Testigo	T2 (AIB- 2000ppm)	T3 (AIB- 3000ppm)	T4 (AIB- 4000ppm)	T5 (AIB- 5000ppm)
I	76.40	75.50	72.28	70.15	69.67
II	73.64	76.50	72.39	69.56	69.74
III	76.80	76.22	71.68	69.87	68.50
IV	75.45	75.74	71.42	70.17	68.03
<b>Total</b>	<b>302.29</b>	<b>303.96</b>	<b>287.77</b>	<b>279.75</b>	<b>275.94</b>
<b>Promedio</b>	<b>75.57</b>	<b>75.99</b>	<b>71.94</b>	<b>69.94</b>	<b>68.99</b>

Tabla 36A

## Porcentaje de cladodios con brotes a los 90 días con AIB

<b>Tratamiento/ Repeticiones</b>	<b>T1= Testigo</b>	<b>T2 (AIB- 2000ppm)</b>	<b>T3 (AIB- 3000ppm)</b>	<b>T4 (AIB- 4000ppm)</b>	<b>T5 (AIB- 5000ppm)</b>
<b>I</b>	81.25	<b>100</b>	93.75	87.50	81.25
<b>II</b>	81.25	<b>100</b>	87.50	81.25	81.25
<b>III</b>	81.25	<b>100</b>	93.75	87.50	81.25
<b>IV</b>	81.25	<b>100</b>	93.75	81.25	81.25
<b>Total</b>	<b>325.00</b>	<b>400.00</b>	<b>368.75</b>	<b>337.50</b>	<b>325.00</b>
<b>Promedio</b>	<b>81.25</b>	<b>100.00</b>	<b>92.19</b>	<b>84.38</b>	<b>81.25</b>

## Anexo 2. Panel fotográfico del estudio

**Figura 1A**

*Construcción del vivero*



**Figura 2A**

*Nivelación del terreno en el vivero*



**Figura 3A**

*Preparación de cladodios de pitahaya*

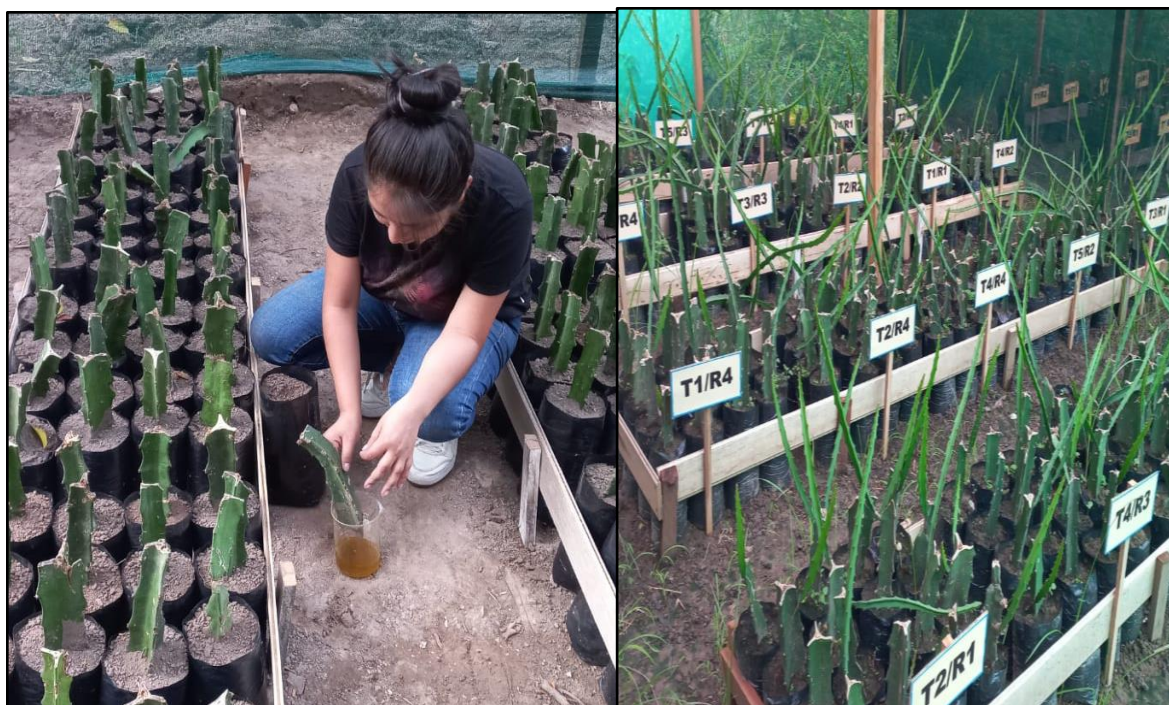
**Figura 4A**

*Preparación de los tratamientos*



**Figura 5A**

*Aplicación de los tratamientos y distribución de las unidades experimentales*

**Figura 6A**

*Evaluación de longitud de raíces*

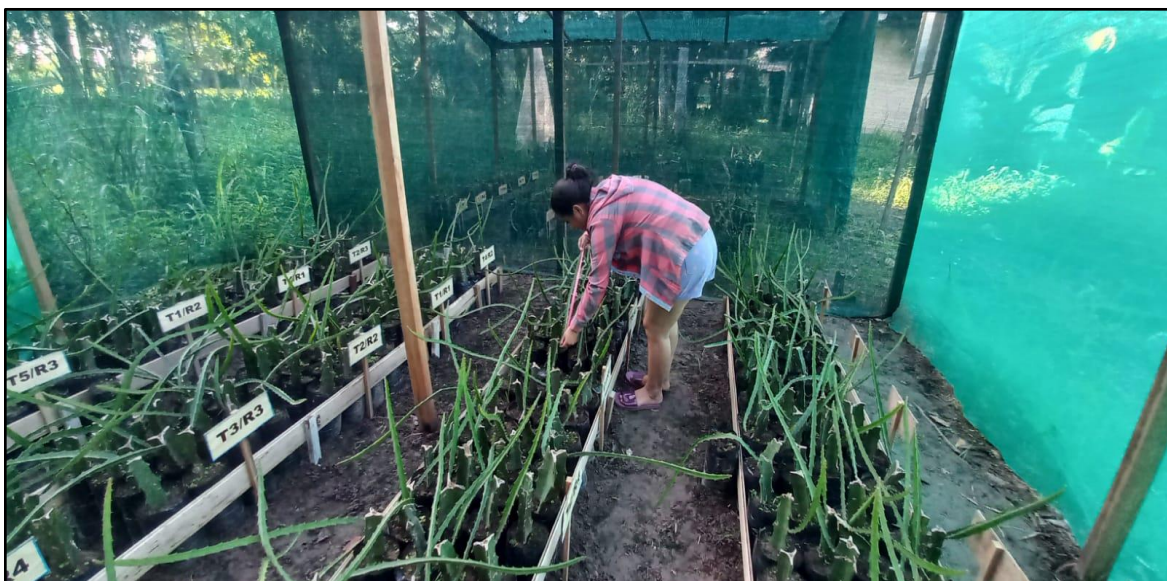


**Figura 7A**

*Evaluación del volumen de la raíz.*

**Figura 8A**

*Evaluación de la cantidad de cladodio.*



**Figura 9A***Evaluación de longitud de brotes***Figura 10A***Supervisión de jurados*