UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

“Aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya *(Hylocereus megalanthus)* variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha**”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Henry Alexander Fuentes Flores

ASESOR:

Dr. Isaac Nolberto Aliaga Barrera

ORCID iD: 0000-0002-1478-1886

San Vicente de Cañete, 2026, Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

"Aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya *(Hylocereus megalanthus)* variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Henry Alexander Fuentes Flores

APROBADA POR:

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: COTRINA CABELLO Guillermo Gomer FAU 20491363402 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22/06/2026 21:49:29-0500

Dr. Guillermo Gomer Cotrina Cabello
Presidente

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: FLORES REYES Janett Margarita FAU 20491363402 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30/06/2026 09:19:06-0500

Mg. Janett Margarita Flores Reyes
Secretario

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: CABRERA VIGIL CARLOS EUSEBIO FIR 21462815 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22/06/2026 21:19:28-0500

Dr. Carlos Eusebio Cabrera Vigil
Vocal

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: ALIAGA BARRERA ISAAC NOLBERTO FIR 19901102 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22/06/2026 19:25:28-0500

Dr. Isaac Nolberto Aliaga Barrera
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

Ley de Creación N° 29488
Licenciada según Resolución del Consejo Directivo N° 116-2018-SUNEDU/CD
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Código: F-M02.02-VRI-029 **Fecha de Aprobación:** 26/09/2025	**Versión:** 02

Código N° 006-2026

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE SIMILITUD Y ORIGINALIDAD

Yo, Betsabé León Ttacca, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, declaro que se ha realizado la verificación de similitud mediante el programa informático correspondiente, respecto al siguiente trabajo académico:

Título:
"Aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha"

Autor (es):

Henry Alexander Fuentes Flores

Para optar el grado académico y/o título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

El proceso de verificación de similitud determinó un porcentaje de 15%, cuyo resultado se encuentra respaldado en el reporte automatizado que se adjunta. En atención a ello, y conforme a lo establecido en el Reglamento de Similitud y Originalidad de la Universidad Nacional de Cañete, se deja constancia que el trabajo académico presentado cumple con los principios de integridad científica, así como con las disposiciones normativas vigentes en materia de citación y referenciación.
Asimismo, se adjunta el recibo digital correspondiente, a fin de garantizar la trazabilidad del proceso.

ORIGINALIDAD	SIMILITUD
85%	15%

FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por: LEON TTACCA Betsabe FAU 20401383402 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 15/05/2026 09:16:13-0500

Cañete, 14 de mayo del 2026

Firma

Se adjunta:

- Resumen del reporte automatizado de similitud
- Recibo Digital

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada".

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

En el distrito de San Luis, provincia de Cañete, en el Auditorio del Pabellón Multiusos del Campus Universitario del Local Académico SL05, siendo las 14:30 horas del día jueves 28 de mayo de 2026, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador y el asesor, designados mediante DECRETO N.º 048-2024-UI/FCA/UNDC.

Presidente	:	Dr. Guillermo Gomer Cotrina Cabello
Secretario	:	Mg. Janett Margarita Flores Reyes
Vocal	:	Dr. Carlos Eusebio Cabrera Vigil
Asesor	:	Dr. Isaac Nolberto Aliaga Barrera

Para el acto de sustentación de la tesis titulada: "Aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya *(Hylocereus megalanthus)* variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha"; presentado por el Bachiller (es) Henry Alexander Fuentes Flores; para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Después de concluido el acto de sustentación y luego de que el sustentante dio respuesta a las preguntas respectivas, el Jurado Evaluador calificó la sustentación o defensa de la investigación según los siguientes criterios, y promediando las notas del jurado se obtuvo:

Criterio	Desaprobado (menor de 14)	Regular (14 -15)	Bueno (16-17)	Muy bueno (18-19)	Excelente (20)	Puntaje
Claridad de la exposición			X			17
Dominio del tema			X			17
Capacidad de respuesta			X			17
Argumentación académica			X			17
Promedio						17

**** Para el caso de sustentación de dos personas se debe incorporar dos cuadros, uno para cada uno.**

Para obtener la nota final de todo el proceso de investigación, se procedió a calcular la nota final:

Nota del Informe (valor 50%)	Nota de Sustentación (valor 50%)	Nota Final
16	17	17

(*) Cálculo: (Nota Informe * 0.50) + (Nota de Defensa * 0.50) = Nota final
En el caso de existir dos sustentantes, se deberá incluir una columna adicional a la izquierda, consignando los nombres de cada uno, a fin de realizar la calificación de manera individual.

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

Y, establece como calificación FINAL: 17 (DIECISIETE)

- Aprobado, con nota Regular ( ), Bueno (X), Muy Bueno ( ), Excelente ( )
- Desaprobado ( )

Por tanto, el graduado(s) se encuentra expedito(s) (X), impedido(s) ( ) para realizar los trámites que corresponden a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

****Si fuera el caso, que de los dos sustentantes uno fuera aprobado y otro desaprobado, se tendrá que diferenciar quien queda expedito y quien impedido de seguir los trámites.**

Siendo las 3.14 horas, se dio por concluido el acto de sustentación.

Mg. Janett Margarita Flores Reyes **Secretario**	Dr. Guillermo Gomer Cotrina Cabello **Presidente**	Dr. Carlos Eusebio Cabrera Vigil **Vocal**	Dr. Isaac Nolberto Aliaga Barrera **Asesor**

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

DEDICATORIA

A dios, que siempre ha estado a mi lado, por ser mi guía y por ayudarme a culminar con éxito esta hermosa etapa de mi vida, por su majestuosa bondad y fortaleza que me brindo dándome salud, y tranquilidad en mi corazón.

A mis padres, las personas más increíbles del mundo que me dio Dios, la cual estuvieron en cada etapa de mi vida, son mi motivación diaria que me permitió concluir con mi tesis, Gracias papá y mamá, son lo más valioso para mí.

A mis hermanos, Dennis, Giovani y Cinthia que me permitieron ayudar sin dudarlo por creer en mí sueños y metas, por ayudarme en cada etapa académico, por sus palabras motivadoras, son las personas más preciadas para mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y guía en cada etapa de mi vida. Gracias a su amor y bendiciones, fue posible alcanzar este logro. Asimismo, por darme la perseverancia para superar los desafíos y la determinación para alcanzar esta meta tan anhelada.

A mis padres y hermanos, pilares fundamentales en mi vida, cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo constante me han acompañado a lo largo de este arduo camino. Su confianza en mí ha sido un motor inagotable para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por ser mi refugio y mi mayor inspiración.

A mi asesor, Dr. **Aliaga Barrera Isaac**, por su paciencia, orientación y dedicación en el desarrollo de esta investigación. Su guía y compromiso han sido fundamentales para la culminación de este proyecto, transmitiéndome conocimientos valiosos que han fortalecido mi formación profesional.

Al Dr. **Carlos Cabrera**, por su motivación y sus sabias palabras, que me impulsaron a seguir adelante sin rendirme, recordándome que el éxito se alcanza con disciplina y constancia.

A la **Universidad Nacional de Cañete**, institución que me abrió las puertas del conocimiento y me brindó las herramientas necesarias para mi desarrollo académico y profesional. A cada uno de los docentes que, con su entrega y vocación, me han transmitido saberes que serán la base de mi ejercicio profesional. Sus enseñanzas no solo enriquecieron mi aprendizaje, sino que también dejaron en mí una huella imborrable.

A mis amigos, quienes con su compañía, aliento y palabras de motivación hicieron que este proceso fuera más llevadero. Su apoyo y amistad han sido un bálsamo en los momentos de incertidumbre, y cada una de sus muestras de afecto quedará grabada en mi corazón.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a que este sueño se haga realidad, brindándome apoyo, motivación y confianza. A ustedes, mi más profundo y eterno agradecimiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA 6

AGRADECIMIENTO 7

RESUMEN 14

ABSTRACT 15

INTRODUCCIÓN 16

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.1 Descripción de la realidad problemática 17

1.2 Formulación del problema 18

1.2.1 Problema general 18

1.2.2 Problemas específicos 18

1.3 Objetivos 18

1.3.1 Objetivo general 18

1.3.2 Objetivos específicos 18

1.4 Justificación 18

1.5 Delimitación de la investigación 19

1.5.1 Delimitación teórica 19

1.5.2 Delimitación temporal 20

1.5.3 Delimitación espacial 20

II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO 21

2.1 Bases teóricas 21

2.1.1 Origen 21

2.1.2 Aspectos del cultivo 21

2.1.3 Cualidades nutricionales 21

2.1.4 Clasificación taxonómica 22

2.1.5 Requerimientos edafoclimáticos 22
2.1.6 Morfología y fisiología del cultivo 23
2.1.7 Sistemas de propagación sexual 24
2.1.8 Sistema de propagación asexual 25
2.1.9 Enraizadores 25
2.1.10 Enraizador quimico 25
2.1.11 Extracto de algas (Ecklonia máxima) 26
2.1.12 Extracto de algas (Ascophyllum nodosum) 26
2.1.13 Teoría de las auxinas en el enraizamiento 26
2.1.14 Raíces adventicias 26
2.1.15 Teoría del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) 27
2.2 Antecedentes 27
A. Antecedentes nacionales 27
B. Antecedentes internacionales 29
2.3 Definición de términos básicos 31
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 34
3.1 Hipótesis 34
3.1.1 Hipótesis general 34
3.1.2 Hipótesis específicas 34
3.2 Definición conceptual de las variables 34
3.2.1 Variable independiente: Aplicación de enraizadores 34
3.2.2 Variable dependiente: Desarrollo radicular 34
3.2.3 Variable dependiente: Desarrollo vegetativo 35
3.3 Operacionalización de las variables 36
IV. DISEÑO METODOLÓGICO 37

4.1 Tipo de investigación 37
4.1.1 Enfoque y nivel de investigación 37
4.2 Diseño de investigación 37
4.2.1 Descripción del campo experimental 38
4.2.2 Descripción de la experimentación 39
4.2.3 Corte longitudinal 40
4.3 Método de investigación 40
4.4 Población y muestra 40
4.5 Lugar de estudio 42
4.5.1 Ubicación 42
4.6 Procedimiento de la investigación 42
4.6.1 Preparación de sitio de ensayo 42
4.6.2 Preparación de sustrato y llenado de fundas 43
4.6.3 Marcación y distribución de las bolsas 44
4.6.4 Selección de cladodios y desaviado 45
4.6.5 Aplicación de enraizadores 47
4.6.6 Plantado y mantenimiento 48
4.6.7 Evaluación de la investigación en etapas 49
4.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos 52
4.8 Análisis y procesamiento de datos 53
4.8.1 Verificación de Supuestos 53
4.8.2 Análisis de Varianza 54
4.8.3 Prueba post hoc de Tukey HSD 54
V. RESULTADOS 56
5.1 Resultados descriptivos 56

5.2 Resultados inferenciales 58
5.2.1 Desarrollo radicular 58
5.2.2 Longitud de raíz primaria 59
5.2.3 Peso fresco y peso seco de la masa radicular 59
5.2.4 Desarrollo vegetativo 61
5.2.5 Longitud del brote principal 61
5.2.6 Peso fresco y peso seco del brote 62
5.3 Comparación general entre tratamientos 63
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 64
VII. CONCLUSIONES 71
VIII. RECOMENDACIONES 72
IX. REFERENCIAS 73
X. ANEXO 78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la pitahaya (Hylocereus spp). 22

Tabla 2. Características del área experimental. 38

Tabla 3. Descripción de la experimentación. 39

Tabla 4. Estructura de la tabla ANOVA aplicada. 54

Tabla 5. Medias de las variables de desarrollo radicular por tratamiento y período. Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$). 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área experimental. 42
Figura 2. Etapas de construcción del tinglado. 43
Figura 3. Procedimiento de preparación de sustrato. 44
Figura 4. Marcación y distribución de las unidades experimentales 44
Figura 5. Proceso de preparación de cladodios de pitahaya para propagación. 45
Figura 6. Enraizadores utilizados en el experimento. 47
Figura 7. Plantado y brotación de cladodios de pitahaya. 48
Figura 8. Evaluación del crecimiento de los brotes a los 40, 80 y 120 días 49
Figura 9. Aplicación vía drench en los tratamientos T2 - T3. 50
Figura 10. Evaluación del crecimiento y biomasa radicular en cladodios de pitahaya. 50
Figura 11. Distribución de los valores observados por tratamiento para las variables de desarrollo radicular y vegetativo de Hylocereus megalanthus var. America Beauty. 56
Figura 12. Medias de las variables de desarrollo radicular y vegetativo de Hylocereus megalanthus var. American Beauty bajo cuatro tratamientos de enraizadores evaluados a los 40, 80 y 120 días después del plantado (dds) en condiciones de vivero. 57
Figura 13. Croquis de distribución del área experimental. 80
Figura 14. Comparación del desarrollo de los cladodios entre el tratamiento testigo (T0) y tratamientos – 40 días. 81
Figura 15. Comparación del desarrollo de los cladodios entre el tratamiento testigo (T0) y tratamientos - 80 días. 83
Figura 16. Comparación del desarrollo de los cladodios entre el tratamiento testigo (T0) y tratamientos - 120 días 86

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes enraizadores en la propagación de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en condiciones de vivero en Alto Larán, provincia de Chincha. En cuanto a materiales y métodos, se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones: T0 (testigo sin aplicación), T1 (Root-Hor a 1.25 mL/L aplicado por inmersión), T2 (Kelpak a 5 mL/L aplicado por inmersión y riego cada 15 días) y T3 (Algax a 10 mL/L aplicado por inmersión y riego cada 15 días). Las evaluaciones se realizaron a los 40, 80 y 120 días después del plantado, considerando variables de desarrollo radicular (longitud, peso fresco y seco de raíz) y desarrollo vegetativo (longitud y biomasa del brote).

Los resultados evidenciaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.01$) en todas las variables evaluadas. En la fase inicial (40 días), el tratamiento T1 promovió un mayor desarrollo radicular; sin embargo, a partir de los 80 días, los tratamientos T2 y T3 (bioestimulantes a base de algas) superaron al enraizador químico. El tratamiento T3 (*Ascophyllum nodosum* a 10 mL/L) presentó los mayores valores en desarrollo radicular y vegetativo. A los 120 días, T3 superó al testigo en longitud de raíz (99.6%), peso fresco de raíz (179.0%), peso seco de raíz (186.6%), longitud de brote (91.7%), peso fresco de brote (194.0%) y peso seco de brote (188.4%).

Se concluyó que la aplicación de enraizadores influye significativamente en la propagación de la pitahaya, siendo *Ascophyllum nodosum* a 10 mL/L la alternativa más eficiente para mejorar el desarrollo radicular y vegetativo en condiciones de vivero.

***Palabras clave*:** desarrollo radicular, *Ascophyllum nodosum*, propagación vegetativa, biostimulante, pitahaya.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different rooting agents on the propagation of pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) cv. American Beauty under nursery conditions in Alto Larán, Chincha province. Regarding materials and methods, a completely randomized design was used with four treatments and three replications: T0 (control without application), T1 (Root-Hor at 1.25 mL/L applied by immersion), T2 (Kelpak at 5 mL/L applied by immersion and irrigation every 15 days), and T3 (Algax at 10 mL/L applied by immersion and irrigation every 15 days). Evaluations were carried out at 40, 80, and 120 days after planting, considering root development variables (root length, fresh and dry root weight) and vegetative growth variables (shoot length and biomass).

The results showed highly significant differences among treatments ($p < 0.01$) for all evaluated variables. During the initial stage (40 days), treatment T1 promoted greater root development; however, from 80 days onward, treatments T2 and T3 (seaweed-based biostimulants) outperformed the chemical rooting agent. Treatment T3 (*Ascophyllum nodosum* at 10 mL/L) showed the highest values in both root and vegetative development. At 120 days, T3 exceeded the control in root length (99.6%), fresh root weight (179.0%), dry root weight (186.6%), shoot length (91.7%), fresh shoot weight (194.0%), and dry shoot weight (+188.4%).

It was concluded that the application of rooting agents significantly influences pitahaya propagation, with Ascophyllum nodosum at 10 mL/L being the most efficient alternative to improve root and vegetative development under nursery conditions.

***Keywords*:** root development, *Ascophyllum nodosum,* vegetative propagation, biostimulants, dragón fruit.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el cultivo de la pitahaya (*Hylocereus spp.*) ha ganado popularidad a nivel mundial debido a su alto valor nutricional y atractivo comercial. Su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas ha impulsado una creciente demanda en mercados internacionales, convirtiéndola en una alternativa viable para la diversificación agrícola, especialmente en regiones tropicales y subtropicales (Barrios *et al., 2023*). No obstante, a pesar de su rentabilidad, la producción de pitahaya enfrenta diversos desafíos, particularmente en su propagación y desarrollo inicial (Siregar *et al., 2021*).

Uno de los principales problemas en la propagación de la pitahaya mediante esquejes radica en el limitado desarrollo radicular, lo que afecta la supervivencia de las plantas y, en consecuencia, la productividad del cultivo. El uso de enraizadores, tanto sintéticos como naturales, ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar el establecimiento de esquejes en diversas especies agrícolas, optimizando el tiempo de crecimiento y favoreciendo un sistema radicular más desarrollado y robusto. Sin embargo, en el caso específico de la pitahaya, la información sobre la efectividad de estos productos sigue siendo limitada (Rehman *et al., 2022*).

En Perú, el cultivo de pitahaya, comúnmente denominado fruta del dragón, ha experimentado una notable expansión en regiones como Lambayeque, Piura, Lima e Ica, consolidándose como un sector productivo emergente (Fluctuante, 2024). Sin embargo, la falta de conocimiento sobre el uso adecuado de enraizadores y las técnicas óptimas de propagación representa una barrera para el crecimiento sostenible y la competitividad en los mercados nacional e internacional. La aplicación de reguladores de crecimiento en la propagación de pitahaya podría no solo incrementar la tasa de éxito en el enraizamiento, sino también mejorar la rentabilidad del cultivo y reducir las pérdidas de esquejes.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo analizar el efecto de la aplicación de enraizadores en la propagación de la pitahaya variedad *American Beauty*. Además, se evaluará el impacto de estos productos en el desarrollo radicular y vegetativo de los esquejes, generando información clave para optimizar las prácticas agrícolas en la propagación de este cultivo. Con ello, se busca contribuir al fortalecimiento del sector agrícola mediante la promoción de técnicas innovadoras y sostenibles.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La pitahaya (*Hylocereus spp*.) es un cultivo de creciente importancia debido a su alto valor nutricional y su demanda en los mercados nacionales e internacionales, lo que la posiciona como una alternativa para la diversificación agrícola (Siregar *et al*., 2021).

A nivel mundial, la demanda de frutas exóticas ha incrementado significativamente, generando presión sobre los sistemas productivos para mantener niveles adecuados de productividad y sostenibilidad (Pandey *et al*., 2022). No obstante, uno de las principales limitantes es la propagación eficiente del cultivo, ya que los métodos convencionales presentan dificultades en el enraizamiento, especialmente en zonas áridas y semiáridas, donde el uso inadecuado de enraizadores puede generar impactos negativos (Raffo *et al*., 2021). Asimismo, las técnicas tradicionales no cumplen completamente con los estándares de calidad requeridos para mercados de exportación (Barrios *et al*., 2023; Enciso *et al.*, 2022).

En el Perú, el cultivo de pitahaya ha mostrado un crecimiento sostenido en regiones como Lambayeque, Piura, Lima e Ica; sin embargo, persisten limitaciones en la propagación debido al escaso conocimiento sobre el uso adecuado de enraizadores y técnicas de manejo, lo que genera alta mortalidad de esquejes y bajo desarrollo radicular. Esta situación afecta la productividad y reduce la competitividad del sector en los mercados internacionales (López-medina *et al*., 2023). Por ello, el uso de enraizadores químicos y naturales surge como una alternativa prometedora para mejorar la eficiencia productiva y contribuir al desarrollo sostenible del sector agrícola nacional (Rehman *et al*., 2022).

En la provincia de Chincha, distrito de Alto Larán, la propagación de pitahaya presenta deficiencias en la formación del sistema radicular y crecimiento vegetativo de los cladodios en vivero, debido al uso empírico de técnicas y al desconocimiento en la aplicación de enraizadores. Esto ocasiona una elevada mortalidad de esquejes y una baja calidad de plantones, afectando el establecimiento del cultivo y la rentabilidad de los productores. En este contexto, surge la necesidad de evaluar alternativas que optimicen el enraizamiento y mejoren el desarrollo inicial del cultivo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo influye la aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye la aplicación de enraizadores en el desarrollo radicular de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha?
- ¿Cómo influye la aplicación de enraizadores en el desarrollo vegetativo de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la aplicación de enraizadores en el desarrollo radicular de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.
- Determinar la influencia de la aplicación de enraizadores en el desarrollo vegetativo de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.

1.4 Justificación

La presente investigación se justifica teóricamente porque permitirá ampliar el conocimiento sobre el efecto de enraizadores químicos y naturales en la propagación de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*), especialmente en el desarrollo radicular y vegetativo de los cladodios. El estudio se sustenta en el uso de fitohormonas como el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido

naftalenoacético (ANA), las cuales han demostrado efectividad en la estimulación radicular en diversos cultivos de interés agrícola.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación propone un diseño experimental orientado a evaluar el efecto de diferentes enraizadores sobre el desarrollo de los esquejes de pitahaya bajo condiciones controladas de vivero. Asimismo, se establecerán procedimientos estandarizados y análisis estadísticos que permitirán obtener resultados confiables y replicables, contribuyendo como referencia para futuras investigaciones relacionadas con técnicas de propagación vegetal.

En el aspecto práctico, el estudio busca mejorar la tasa de éxito en el enraizamiento y el desarrollo inicial de los cladodios, reduciendo la mortalidad de esquejes y favoreciendo la obtención de plantones de mejor calidad. Esto permitirá a los productores contar con alternativas técnicas para optimizar el establecimiento del cultivo y mejorar la eficiencia en la propagación de pitahaya.

Finalmente, desde el enfoque económico, el uso adecuado de enraizadores puede incrementar la productividad y disminuir las pérdidas ocasionadas por fallas en el establecimiento del cultivo, contribuyendo a mejorar la rentabilidad y competitividad de los productores de pitahaya en el mercado agrícola.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación teórica

El estudio se enmarcó dentro del área de la fisiología vegetal y la propagación asexual de cultivos frutales. Se basó en la investigación del efecto de enraizadores, tanto químicos como naturales, sobre el desarrollo radicular y vegetativo de la pitahaya (*Hylocereus megalanthus*), variedad *American Beauty*. El estudio se sustentó en teorías relacionadas con la acción de las fitohormonas, como el ácido indolbutírico (AIB), y biostimulantes derivados de extractos de algas marinas, tales como *Ascophyllum nodosum* y *Ecklonia maxima*, los cuales influyen en el enraizamiento de esquejes y la formación de nuevos tejidos. Estas bases teóricas permitieron analizar la respuesta fisiológica de la planta frente a los tratamientos aplicados durante el proceso de propagación.

1.5.2 Delimitación temporal

El experimento se realizó durante un periodo de 120 días de evaluación, comprendiendo tres cortes de medición efectuados a los 40, 80 y 120 días después del plantado de los cladodios. El desarrollo completo del estudio, incluyendo la instalación del ensayo, la toma de datos, los análisis estadísticos y la interpretación de resultados, se llevó a cabo entre octubre de 2024 y septiembre de 2025.

1.5.3 Delimitación espacial

La investigación se realizó en la empresa Vivero Agrosur Fuentes, ubicada en el distrito de Alto Larán, provincia de Chincha, región Ica – Perú. El lugar de ejecución presentó condiciones edafoclimáticas e infraestructuras adecuadas para el desarrollo del experimento, lo cual permitió evaluar rigurosamente el comportamiento de los esquejes tratados con diferentes enraizadores.

II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Origen

La pitahaya (*Hylocereus spp*.), también conocida como fruta del dragón, es una planta perteneciente a la familia Cactaceae, ampliamente valorada por su capacidad de adaptación y sus múltiples beneficios nutricionales y comerciales. Este cactus tropical es originario de las regiones de América Central y Sudamérica, especialmente en países como México, Guatemala y Costa Rica, donde se ha cultivado desde tiempos precolombinos (Cruz *et al.,* 2015).

2.1.2 Aspectos del cultivo

Pitahaya es un cultivo perenne denominado como una especie rastrera con cuantiosas ramas que les permite alcanzar aproximadamente dos metros de largo, las raíces que posee dos funciones, la primaria en absorción y la raíces secundarias ayudan a sostener la planta, presenta un tallo de color verde donde se encuentra espinas o también llamados hojas modificadas (cladodios) en donde nacen las flores hermafroditas de color amarillos o rosados, los ciclos florales se estima de 5 a 6 ciclos, en algunas especies se requiere la intervención de la polinización cruzada, la forma de los frutos depende las variedades, pueden ser de globosas de color rosado, rojo o amarillo (Llerena, 2020). La pitahaya considerada una planta de producción precoz debido a que sus primeros frutos se puede obtener al primer o segundo año del trasplante, en función si se utiliza de plantas enraizadas de esquejes obtenidas de plantas productoras, su vida vegetativa es muy prolongada siendo superior a los diez años (Vega *et al.*, 2021).

2.1.3 Cualidades nutricionales

Entre sus cualidades nutricionales, la pitahaya presenta una alta concentración de betacianinas, compuestos antioxidantes que le otorgan su característico color rojo o amarillo y que contribuyen a la prevención de enfermedades crónicas, tales como enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Las betacianinas, además de proporcionar beneficios para la salud, incrementan el valor comercial de la fruta al posicionarla en el mercado de alimentos funcionales y nutracéuticos, un sector en rápido crecimiento debido a la demanda de productos naturales y saludables. Estas propiedades antioxidantes, sumadas a su alto contenido de vitamina C, fibra, calcio y fósforo, hacen de la pitahaya un alimento completo y muy atractivo en dietas saludables (Vega Cevallos *et al.,* 2023).

2.1.4 Clasificación taxonómica

La pitahaya pertenece a la familia Cactaceae, subdividiéndose en dos géneros "*Selenicereus*" y "*Hylocereus*". Las variedades más comerciales son del género *Hylocereus* la cual se conoce alrededor de 16 especies (Coello & Hernàndez, 2016).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la pitahaya (Hylocereus spp).

Nombre científico	***Hylocereus spp.***
Reino	Plantae
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Familia	Cactaceae – cactácea
Tribu	Hylocereeae
Género	*Hylocereus*
Especie	*H. setaceus (Salm-Dyck ex De Candolle), H. extensus (Salm- Dyck ex De Candolle), H. stenopterus (Weber) Br. and R. H. calcaratus (Weber) Br. and R. H. undatus (Haw.) Br. and R. H. escuintlensis (Kimn.), H. tricae (Hunt) H. minutiflorus Br. and R. H. megalanthus (Schum. ex Vaupel), H. ocamponis (Salm-Dyck) Br. and R. H. guatemalensis (Eich.) Br. and R. H. purpusii H. costaricensis (Weber) Br. and R. H. trigonus (Haw.) Safford H. triangularis (L.) Br. and R H. monacanthus*

Nota**.** (Verona *et al.*, 2020)**.**

2.1.5 Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo de pitahaya se adapta a climas cálidos subhúmedos y también en climas secos. Las temperaturas que requiere el cultivo oscilan de 16ºC – 25ºC, no toleran temperaturas bajas. Sin embargo, este cultivo requiere de luz solar adecuada para desarrollar sus procesos fisiológicos. Por consiguiente, la buena iluminación ayuda a la activación de las yemas florales, al ser una planta rustica se adapta a distintos tipos de suelos desde los secos y pedregosos, pero se desarrollan en con mayor vigorosidad en suelos franco-arenosos, con buena materia orgánica y con pH ligeramente ácido entre (5,5 – 6.5), son sensibles al encharcamiento. En los primeros años de

siembra requieren cantidad de agua para su adaptabilidad al campo definitivo, los años subsiguientes se debe mantener riegos adecuados, en la entapa de floración se debe regar evitando riegos en sequía, generando baja floración para la campaña (IICA, 2018).

2.1.6 Morfología y fisiología del cultivo

2.1.6.1 Raíz

Las cactáceas presentan raíces monosuculentas, en el caso de las pitayas, se clasifican en dos tipos: las raíces primarias, que se encuentran en el suelo, y las secundarias o adventicias, que se desarrollan fuera del suelo, aunque ocasionalmente pueden tener contacto con él. Las raíces primarias se extienden a lo largo del nivel del suelo, alcanzando profundidades de entre 5 y 25 cm, y su área de expansión es aproximadamente de 30 cm de diámetro. Por otro lado, las raíces secundarias surgen en su lugar de origen tras un período prolongado de sequía, y su función principal es anclar la planta al tutor, además de absorber nutrientes y agua del entorno. Cuando el suelo se seca, las raíces laterales más delgadas tienden a morir, mientras que las raíces más gruesas forman una capa de peridermis, que se asemeja al corcho. La capacidad de conducción de agua de estas raíces puede disminuir hasta diez veces en comparación con el suelo seco, lo que ayuda a minimizar la pérdida de agua de los tejidos de la planta al suelo. La mayoría de los primordios que dan origen a las raíces se encuentran debajo del peridermis, lo que permite que se desarrollen rápidamente cuando el suelo vuelve a estar húmedo, aumentando así la absorción de agua y nutrientes (Coello & Hernàndez, 2016).

2.1.6.2 Tallos

Los tallos de la pitahaya, suculentos y de forma triangular, pueden alcanzar una longitud de hasta seis metros y están cubiertos de espinas cortas que protegen a la planta de posibles herbívoros. Estos tallos, además de almacenar agua y nutrientes, juegan un papel crucial en la propagación vegetativa, permitiendo que los esquejes de tallo sean utilizados para una propagación asexual efectiva y rápida. La estructura carnosa y segmentada del tallo, sumada a sus capacidades de almacenamiento de agua, permite que la planta sobreviva en climas áridos y con precipitaciones irregulares (Vargas & López, 2020).

2.1.6.3 Flor

Un aspecto notable de la pitahaya es su floración nocturna. Durante la noche, la planta abre grandes flores blancas de aproximadamente 30 cm de largo, que exudan una fragancia intensa, atrayendo a murciélagos y otros polinizadores nocturnos, como polillas y algunas especies de abejas. Estas flores son esenciales para la reproducción de la planta, ya que el proceso de polinización cruzada facilita el desarrollo de frutos más grandes y de mejor calidad. Las flores de la pitahaya son efímeras, permanecen abiertas solo durante la noche y se marchitan al amanecer, lo que requiere que la polinización ocurra en un período corto, maximizando la eficacia de los polinizadores nocturnos (Cevallos Mancias, 2022; Vargas & López, 2020).

2.1.6.4 Fruto

El fruto de la pitahaya, conocido como fruta del dragón, es elipsoidal y exótico, y se caracteriza por su alto contenido de agua, fibra, vitaminas como la vitamina C, y antioxidantes como las betacianinas y polifenoles. Estos compuestos antioxidantes, además de otorgarle propiedades nutracéuticas, le dan un color vibrante que lo hace atractivo en los mercados de frutas exóticas y alimentos funcionales. Este alto valor nutricional ha incrementado su demanda en los mercados internacionales, contribuyendo al desarrollo económico en las regiones donde se cultiva y promoviendo su comercialización como un alimento saludable y de alto valor agregado (Vargas & López, 2020).

2.1.7 Sistemas de propagación sexual

La reproducción sexual, que se realiza a través de semillas, implica una mayor variabilidad genética en las plantas resultantes. Esto puede ser beneficioso en términos de adaptación y resistencia a ciertas condiciones ambientales, además su variabilidad genética permite seleccionar genotipos con características específicas, como el rendimiento, la apariencia externa, la coloración de la parte interna de la pulpa y la capacidad de adaptación a distintos climas, pero a nivel comercial, representa una desventaja. Debido a que las plantas desarrolladas a partir de semillas tardan entre cinco y siete años en alcanzar la madurez y producir frutos, este método es menos eficiente para los agricultores que buscan un retorno de inversión más rápido. Además, la variabilidad genética en las plantas generadas a partir de semillas puede llevar a diferencias en el

tamaño, sabor y calidad de los frutos, lo cual no es ideal para mercados que requieren uniformidad en el producto (Verona *et al.*, 2020).

2.1.8 Sistema de propagación asexual

La propagación vegetativa es la técnica principal en la pitahaya, utilizando tallos (esquejes o cladodios). En su habita natural, la planta se propaga de forma espontánea mediante la separación de tallos, mientras que, en el cultivo, se realiza por trasplante directo al suelo o en bolsas con sustrato hasta que desarrollan nuevos tallos (Suárez, 2011).

Cuando los esquejes miden entre uno y dos metros de longitud, las plantas pueden comenzar a dar fruto al cabo de uno o dos años, según la época de plantación. Su ciclo productivo es extenso, ya que los esquejes producen raíces que facilitan la regeneración y pueden formar nuevas plantas. Sin embargo, si crecen sobre tutores vivos, su vida útil está condicionada a la durabilidad del tutor, menos que se remplace a tiempo (Ortega *et al*., 2018*)*.

2.1.9 Enraizadores

El uso de enraizadores es una práctica esencial en la propagación de la pitahaya, ya que contribuye significativamente al desarrollo de un sistema radicular vigoroso en los esquejes, lo que aumenta sus probabilidades de éxito al ser trasplantados en el campo. Los enraizadores permiten una rápida formación de raíces secundarias y mejoran la absorción de agua y nutrientes, lo cual es particularmente importante en suelos de baja fertilidad o con acceso limitado al agua. Al asegurar un sistema radicular fuerte, los enraizadores también favorecen una adaptación más eficiente de la planta al ambiente, lo que es crucial para el cultivo comercial de la pitahaya en zonas áridas o semiáridas (Montesinos *et al.,* 2015).

2.1.10 Enraizador quimico

El ácido indol-3-butírico (IBA) es la auxina natural preferida en horticultura y silvicultura para la propagación de plantas, debido a su estabilidad y eficacia en la inducción de raíces en esquejes de tallo. Por su parte, el ácido α-naftilacético (NAA) es esencial para la división y expansión celular, facilitando la formación de raíces adventicias. Este efecto de estimulación en las raíces permite una mayor absorción de nutrientes desde etapas tempranas, lo cual mejora la estabilidad y crecimiento de la planta a largo plazo (Sun *et al*., 2023).

2.1.11 Extracto de algas (Ecklonia máxima)

Los productos, formulados a partir de algas *Ecklonia máxima*, aporta una alta concentración de hormonas vegetales con funciones fisiológicas, como citoquininas, auxinas, giberelinas, ácido abscísico y etileno. Se ha comprobado que fomenta el enraizamiento, la floración y la fructificación en condiciones normales y bajo estrés climático, activando genes y rutas metabólicas específicas de las plantas (García *et al.*, 2022).

2.1.12 Extracto de algas (Ascophyllum nodosum)

El extracto de *Ascophyllum nodosum*, un alga parda, es clasificado como regulador del crecimiento vegetal, cuyos efectos sobre el desarrollo de las plantas dependen de su concentración, método de aplicación y tipo de planta. Este extracto es rico en macro y micronutrientes, aminoácidos, citoquininas, auxinas y ácido abscísico. En particular, componentes como auxinas, triptófano (precursor de auxinas), y micronutrientes como el boro y el zinc, son elementos clave para favorecer la formación de raíces adventicias en esquejes de tallo. Además, ayuda a mejorar la resistencia de las plantas a condiciones de estrés hídrico y aumenta su capacidad de adaptación al medio ambiente, lo cual es particularmente beneficioso en el cultivo de pitahaya, que frecuentemente se realiza en climas cálidos y de baja disponibilidad (Gomes *et al.*, 2018).

2.1.13 Teoría de las auxinas en el enraizamiento

Específicamente el ácido indolbutírico (IBA) y el ácido naftalenacético (NAA), son cruciales para la formación de raíces adventicias en esquejes. Las auxinas inducen divisiones celulares en la zona de corte del tallo, lo que facilita la generación de raíces secundarias, mejorando la longitud y peso de las mismas. Esto es especialmente relevante en el cultivo de pitahaya, donde la aplicación de IBA en esquejes ha demostrado optimizar el proceso de enraizamiento, promoviendo una rápida absorción de nutrientes desde las primeras etapas de crecimiento

2.1.14 Raíces adventicias

Es un proceso clave que depende de la activación de rutas hormonales y genéticas específicas. Las auxinas, aplicadas externamente como IBA o NAA, inducen cambios en la expresión de genes que regulan la división y elongación celular en el área de corte. Este proceso de rizogénesis resulta esencial en la propagación asexual de plantas como la pitahaya, ya que

garantiza un crecimiento uniforme y la conservación de características deseables en el cultivo comercial (Pandey *et al.,* 2022).

2.1.15 Teoría del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM)

Este metabolismo permite a la planta realizar la fijación de carbono por la noche, lo cual reduce la pérdida de agua en condiciones de sequía. Una de las características que permite a la pitahaya adaptarse a condiciones de sequía es su metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), que le permite conservar agua al cerrar sus estomas durante el día y realizar la absorción de dióxido de carbono en la noche. Este proceso minimiza la pérdida de agua y le permite sobrevivir en climas áridos con poca disponibilidad hídrica. La eficiencia en el uso del agua que brinda el metabolismo CAM ha permitido que la pitahaya sea cultivada con éxito en áreas donde el riego es limitado o incluso en suelos salinos, donde otras plantas tendrían dificultades para prosperar (Andrade *et al.,* 2019).

2.2 Antecedentes

A. Antecedentes nacionales

Gomez (2023) desarrolló la siguiente investigación sobre el efecto de diferentes dosis de Root-Hor, tamaño de esquejes y tipos de sustratos en la propagación vegetativa de pitahaya *Hylocereus spp.* variedad Physical Graffiti en condiciones controladas en la Irrigación Majes, Arequipa. La metodología incluyó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2x3, evaluando 18 tratamientos con tres repeticiones cada uno. Se analizaron tres dosis de Root-Hor (0%, 0.5% y 1%), dos tamaños de esquejes (20 y 40 cm) y tres sustratos: arena, arena (1:1), y vermicompost. Los resultados mostraron que la combinación de esquejes de 20 cm, con dosis de Root-Hor al 0.5% y el sustrato de arena (1:1) promovió el mayor crecimiento radicular, alcanzando longitudes promedio de 15.8 cm, mientras que la mayor biomasa de esquejes fue alcanzada con esquejes de 40 cm en el mismo sustrato. En conclusión, el uso de Root-Hor al 0.5% con sustrato arena optimiza el enraizamiento y el crecimiento de esquejes, siendo una alternativa eficiente para la propagación de pitahaya en áreas semiáridas.

Vargas (2023) realizó un estudio cuyo objetivo fue evaluar la efectividad de dos enraizantes comerciales en esquejes de pitahaya mediante hidroponía. Utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar, el estudio incluyó cuatro tratamientos: un control, Rapid-Root (AIB),

Root-Hor (ANA) y una combinación de ambos productos. Se llevaron a cabo evaluaciones a los 60 y 90 días después de la instalación (ddi), midiendo variables como número y longitud de raíces, número de brotes y tamaño de esquejes. Los resultados mostraron que Root-Hor (ANA) en el tratamiento T2 produjo un incremento significativo en la longitud de raíces, alcanzando 36.20 cm, mientras que en las otras variables no se observaron diferencias estadísticas significativas, aunque sí numéricas. La investigación concluye que el uso de Root-Hor en un sistema hidropónico de raíces flotantes es adecuado para favorecer el enraizamiento y el crecimiento de esquejes de pitahaya, destacando su potencial para optimizar la producción de esta especie en condiciones controladas.

Carhuatocto (2022) investigó la propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper* aplicando dos concentraciones del regulador de crecimiento Root Hor (1% y 2%) en la propagación de tres tipos de material vegetativo (chusquines, esquejes y culmos). Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 3Ax3B, evaluando variables como prendimiento, número de brotes, número de hojas y crecimiento en altura en 27 unidades experimentales. Los resultados mostraron que los chusquines tratados con Root Hor al 2% alcanzaron el mayor prendimiento y desarrollo, con 53.3 cm en crecimiento de altura y 232 hojas en promedio. En conclusión, la concentración del 2% de Root Hor favoreció significativamente el enraizamiento y el crecimiento de *D. asper*, sugiriendo su uso en la propagación de esta especie bajo condiciones controladas para incrementar la supervivencia y el vigor de las plantas jóvenes

Durán (2022) realizó una investigación en las aplicaciones de bioestimulantes en el desarrollo vegetativo de la granada (*Punica granatum L.*) en condiciones de vivero en CIFO UNHEVAL – Huánuco, con el objetivo de determinar el crecimiento radicular y foliar de la granada. La metodología empleada fue un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cinco tratamientos: *Trichoderma sp*, Radiflex, Aminoterra, Ryzovol y un control sin bioestimulantes, aplicados al sustrato cada 15 días. Se evaluaron variables de desarrollo radicular (número, longitud y peso de raíces) y foliar (número de hojas, longitud y diámetro de ramas y hojas). Los resultados indicaron que el tratamiento con Radiflex (*Ecklonia máxima*) obtuvo mayor significancia en desarrollo radicular.

Alegre (2024) realizo la investigación en el uso de diferentes dosis de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) sobre el desarrollo de las plántulas de café (*Coffea arabica*) cv. Cuscatleco bajo condiciones de vivero en la UNALM. El diseño experimental empleada fue un

diseño completamente al azar (DBCA) con los tratamientos de T1: control, T2: plantas con Algax 5 ml/l, T3: plantas con Algax 7.5 ml/l y T4: plantas con Algax 10 ml/l. Se avaluaron los parámetros: altura, diámetro, longitud de raíz, número de hojas. Las aplicaciones fueron con un intervalo cada 15 días. Sim embargo, la dosis de 10m/l mostro un aumento significativo de los parámetros evaluados.

Rodriguez (2022) en la investigación realizada de dos tipos de sustratos con tres dosis de Root-hor en el enraizamiento y brotación de estacas de *Persea americana* (Palto). Aplico un diseño completamente al azar con arreglo factorial con 8 tratamientos y cuatro repeticiones, teniendo en cuenta las dosis de Root-hor (2500, 5000, 7500 ppm) con un sustrato de (arena y tierra agrícola). Como resultado la dosis de 7 500 pmm de Roo-hor se obtuvieron alta masa radícula en ambos tipos de sustratos.

B. Antecedentes internacionales

Pandey *et al*. (2022) en la investigación del efecto de AIB y ANA en el enraizamiento de esquejes de fruta del dragón (*Hylocereus undatus*) (Haworth) Britton & Rose en el Departamento de Horticultura, BBAU, Lucknow con el fin de estandarizar el tipo y la concentración de reguladores de crecimiento para el enraizamiento y la tasa de éxito en esquejes de tallo. Aplicando el diseño de bloques aleatorios con nueve tratamientos y tres réplicas. La investigación mostro que los esquejes de tallo de pitahaya tratados con AIB, ANA y sus combinaciones obtuvieron una la longitud de la raíz más larga (21,33 cm), el número promedio de raíces por esqueje (41,76), además el diámetro del esqueje de raíz (1,38 mm), el peso fresco del esqueje de raíz (2,22 g) y el peso seco del esqueje de raíz (0,59 g) la cual se registraron como máximos en los esquejes tratados con AIB 4000 ppm. Se determina que las acciones estimuladoras de la auxina exógena (AIB) genera la formación de nuevas puntas de raíz en los esquejes de tallo.

Justino *et al.* (2024) evaluaron el efecto del AIB en diferentes longitudes de cladodios de *Hylocereus guatemalensis*. Emplearon un diseño factorial 5x2, con cinco longitudes de cladodios (5, 10, 15, 20 y 25 cm) con presencia o ausencia de AIB. Tras 60 días, se midieron el número de brotes, longitud de raíces y biomasa seca de raíces. Los resultados indicaron que el uso de AIB incrementó significativamente el desarrollo radicular y la biomasa, particularmente en cladodios más largos. Concluyeron que el AIB es efectivo para mejorar el enraizamiento y desarrollo de esta especie, especialmente en cladodios mayores, lo cual optimiza su propagación.

Freitas *et al.* (2021) en su estudio sobre el enraizamiento de estacas de pitahaya, investigaron el impacto de un bioestimulante a base de extracto de algas y del ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento y la brotación de estacas de las especies *Hylocereus undatus* y *Hylocereus polyrhizus*. Se evaluaron cuatro tratamientos: AIB, extracto de algas, una combinación de ambos y un grupo de control. La metodología incluyó la aplicación de los tratamientos a estacas plantadas en un sustrato de arena y Plantmax, y tras 80 días se midieron la cantidad, volumen y peso de las raíces y brotes. Los resultados revelaron que el extracto de algas, solo o combinado con AIB, favoreció el enraizamiento y brotación en ambas especies. Se concluyó que el extracto de algas representa una alternativa prometedora o un complemento al AIB en la propagación de estas cactáceas.

Ali *et al.* (2022) realizaron un estudio donde se llevó a cabo bajo condiciones de campo abierto en Telangana, India en el cultivo de Pitahaya con el objetivo de evaluar el impacto de varias concentraciones de ácido indolbutírico (IBA) y diferentes longitudes de esquejes en el enraizamiento y crecimiento de brotes de pitaya Se realizo un diseño factorial completamente aleatorizado con quince tratamientos y tres repeticiones. Las concentraciones de IBA aplicadas fueron (0, 4000, 5000, 6000 y 7000 ppm), mientras que las longitudes de esquejes fueron de 10, 15 y 20 cm. Los resultados mostraron que él IBA a 7000 ppm y una longitud de esqueje de 20 cm promovieron un mayor enraizamiento y crecimiento de brotes, destacándose en variables como longitud de brote, número de brotes nuevos, y porcentaje de supervivencia de esquejes enraizados. Se concluye que el uso de IBA en altas concentraciones y esquejes más largos optimiza el rendimiento en la propagación de pitaya, sugiriendo su eficacia en sistemas comerciales de producción.

Barrios *et al.* (2023) realizaron un estudio sobre el crecimiento de dos variedades de pitahaya (*Hylocereus monacanthus* y *Hylocereus ocamponis*) con aplicaciones de *Ascophyllum nodosum* en diferentes dosis (0, 1.0 y 2.0 L/ha). El objetivo fue evaluar el impacto del alga en el crecimiento y desarrollo de las plantas, específicamente en la altura, diámetro del tallo, longitud y diámetro de brotes, y la acumulación de calor. La investigación se llevó a cabo en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, empleando un diseño de bloques al azar con seis tratamientos. Los resultados indicaron que la aplicación de la dosis más alta de *Ascophyllum nodosum* generó un incremento en la altura de la planta (7%) y en el diámetro del tallo (16%) en comparación con las plantas sin aplicación. Además, ambas variedades mostraron una mayor

longitud de brotes (19%) cuando se utilizó la dosis más elevada del extracto. Las conclusiones sugieren que el uso de *Ascophyllum nodosum* en altas dosis favorece significativamente el desarrollo de características morfológicas clave en pitahaya.

Furtuoso y Laconski (2023) estudiaron el impacto del uso de extractos de algas marinas en el tratamiento de semillas de pitaya variedad BRS Granada del Cerrado. El objetivo fue analizar cómo el biofertilizante a base de *Ascophyllum nodosum* y *Ecklonia maxima*, aplicado en distintas dosis, influye en variables de germinación y crecimiento de las plántulas. La investigación se llevó a cabo en la Facultad del Centro de Paraná y consistió en dos ensayos: uno en laboratorio y otro en invernadero. Los tratamientos aplicados incluyeron dosis de 2, 4 y 6 ml/kg tanto de *A. nodosum* sola como en combinación con *E. maxima*. Los resultados mostraron que, en el primer ensayo, el tratamiento con *A. nodosum* a 4 ml/kg aumentó significativamente la masa fresca y seca de las plántulas, mientras que la combinación de ambas algas a 6 ml/kg favoreció la calidad de plántulas normales y redujo la proporción de plántulas anormales y muertas. En el segundo ensayo, las dosis de algas no impactaron en la germinación ni en la altura de las plántulas, sugiriendo que la efectividad de los biofertilizantes de algas puede depender del contexto experimental.

2.3 Definición de términos básicos

Enraizadores: Sustancias químicas o biológicas que promueven el desarrollo de raíces en plantas al estimular la división y elongación celular en los tejidos radiculares. Estas sustancias suelen contener hormonas vegetales como auxinas, que facilitan el establecimiento de esquejes y optimizan el crecimiento inicial de las plantas (Sun *et al.,* 2023).

Propagación: Proceso biológico mediante el cual se multiplica una planta, ya sea por métodos sexuales (semillas) o asexuales (esquejes, injertos, acodos, entre otros), con el fin de obtener nuevos individuos genéticamente idénticos o con características deseadas para el cultivo (Ali *et al.,* 2022).

Pitahaya: Cultivar de pitahaya caracterizado por sus frutos de coloración rosada brillante, pulpa dulce y blanca con pequeñas semillas negras, reconocido por su alto valor comercial y nutricional. Este cultivar es ampliamente adaptado a climas tropicales y subtropicales, lo que lo hace ideal para la producción intensiva (Siregar *et al.*, 2021).

Auxinas: Hormonas vegetales que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, influyendo especialmente en la formación de raíces adventicias en esquejes (Barquero & Madrigal, 2010).

Esquejes: Segmentos de tallo o raíz utilizados para la propagación asexual, aprovechando las auxinas naturales o exógenas para formar una nueva planta (Coello & Hernàndez, 2016).

Propagación sexual: Método de reproducción mediante semillas, menos empleado en pitahaya debido a la variabilidad genética y el tiempo requerido para la producción (Coello & Hernàndez, 2016).

Propagación asexual: Técnica de reproducción común en pitahaya mediante esquejes, la cual mantiene las características genéticas de la planta madre y reduce el tiempo de producción (Coello & Hernàndez, 2016).

Sistema radicular: Conjunto de raíces de la planta, esencial para la absorción de agua y nutrientes; en la pitahaya, es crucial para su adaptación a suelos de baja fertilidad (Ali *et al*., 2022).

Ácido indolbutírico (AIB): Auxina sintética usada como enraizador, especialmente eficaz en la formación de raíces adventicias en esquejes de pitahaya (López Medina *et al.*, 2023).

Metabolismo CAM: Estrategia de adaptación en plantas como la pitahaya para reducir la pérdida de agua mediante la absorción de CO_2 durante la noche (López Medina *et al*., 2023).

Tallo: Parte suculenta y espinosa de la pitahaya, capaz de almacenar agua y nutrientes, lo cual permite la adaptación de la planta a condiciones áridas (Siregar *et al.,* 2021).

Fitohormonas: Sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, que incluyen auxinas y citoquininas, esenciales para el desarrollo y la propagación (López Medina *et al*., 2023).

Betacianinas: pigmentos antioxidantes presentes en la pitahaya, responsables de sus propiedades nutracéuticas y beneficiosas para la salud(Vega Cevallos *et al.,* 2023).

Cladodios: Estructuras fotosintéticas en los cactus, como los esquejes de pitahaya, esenciales para la reproducción asexual de la planta (Coello & Hernàndez, 2016).

Cactáceas: Familia de plantas suculentas a la que pertenece la pitahaya, caracterizadas por su resistencia a condiciones de sequía y su metabolismo CAM (Andrade *et al.,* 2019).

Polinización nocturna: Proceso de fertilización en pitahaya facilitado por polinizadores como murciélagos, que ocurre durante la noche cuando las flores están abiertas (Coello & Hernàndez, 2016).

Bioactivos: Compuestos presentes en la pitahaya que tienen efectos beneficiosos para la salud humana, promoviendo su uso en el mercado nutracéutico (Vega Cevallos *et al.,* 2023).

Antocianinas: Otro tipo de antioxidante encontrado en la pitahaya, que le proporciona su color y aporta beneficios para la salud (Verona *et al.,* 2020).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

La aplicación de enraizadores influye significativamente en la propagación de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.

3.1.2 Hipótesis específicas

La aplicación de enraizadores influye significativamente en el desarrollo radicular de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.

La aplicación de enraizadores influye significativamente en el desarrollo vegetativo de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.

3.2 Definición conceptual de las variables

3.2.1 Variable independiente: Aplicación de enraizadores

La aplicación de enraizadores consiste en el uso de sustancias de origen sintético o natural con capacidad de estimular la formación de raíces adventicias y favorecer el crecimiento inicial de las plantas. Dentro de los enraizadores sintéticos se encuentra *Root Hor*, un producto formulado a base de auxinas que inducen la división y elongación celular. En el caso de los enraizadores naturales, se emplean extractos de algas marinas como *Ecklonia maxima* y *Ascophyllum nodosum*, que contienen fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas), aminoácidos, polisacáridos y minerales. Estos compuestos actúan como bioestimulantes, mejorando la rizogénesis, el desarrollo vegetativo y la tolerancia de la planta frente a condiciones de estrés ambiental (Taiz *et al*., 2015).

3.2.2 Variable dependiente: Desarrollo radicular

El desarrollo radicular se define como el crecimiento y diferenciación del sistema de raíces en las plantas. Se expresa a través de parámetros como la longitud, el número de raíces, la biomasa fresca y la biomasa seca. Este componente es fundamental para la absorción de agua y nutrientes, así como para el anclaje de la planta en el sustrato, constituyendo un indicador clave del éxito en el establecimiento y propagación (Davies *et al*., 2018).

3.2.3 Variable dependiente: Desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo comprende el crecimiento de la parte aérea de la planta, que incluye tallos, brotes y cladodios. Se evalúa mediante indicadores como la longitud de los brotes, el número de cladodios emitidos y la acumulación de biomasa fresca y seca. Este proceso está estrechamente relacionado con la capacidad fotosintética, la vigorosidad y la supervivencia de la planta, factores esenciales para garantizar un adecuado desarrollo y productividad futura (Lee & Chang, 2022).

3.3 Operacionalización de las variables

Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	INDICADORES	ÍNDICE
Variable 01			Testigo	T0: control	T0: 0 ml/L
Aplicación de enraizadores	Sustancias químicas o naturales aplicadas para estimular el desarrollo de raíces en plantas. Según Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy (2015), los enraizadores promueven el crecimiento radicular mediante la activación de procesos hormonales y celulares.	Enraizadores aplicados mediante inmersión o riego, diferenciando entre Root-Hor, Kelpak y Algax según sus métodos específicos de aplicación.	Enraizador químico Root-Hor	T1: Tiempo de inmersión, efectividad en el desarrollo radicular.	T1: (1.25ml/L.)
			Enraizador natural Kelpak	T2: Dosificación (5 mL/L), frecuencia de aplicación (cada 15 días).	T2: (5ml/L)
			Enraizador natural Algax	T3: Dosificación (10 mL/L), frecuencia de aplicación (cada 15 días).	T3: (10 ml/L)
Variable 02					
Propagación de la Pitahaya	Proceso de multiplicación de plantas mediante esquejes, evaluando factores como el desarrollo de raíces y brotes. Según (Davies, 2018) la propagación permite generar nuevos individuos a partir de fragmentos vegetativos.	Evaluación del porcentaje de enraizamiento, longitud de raíces, número de brotes y altura promedio de las plantas a lo largo del experimento.	Desarrollo radicular	Longitud de raíz	cm
				Peso fresco de la masa radícula	g
				Peso seco de la masa radicular	g
			Desarrollo vegetativo	Longitud de brote	cm
				Peso fresco del brote	g
				Peso seco del brote	g

Nota. *Elaboración propia* (2024)

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que su finalidad es generar conocimientos prácticos que contribuyan directamente al mejoramiento de los procesos agrícolas, específicamente en la propagación de la pitahaya (*Hylocereus megalanthus)* variedad American Beauty. Este tipo de estudio no solo se enfoca en comprender el fenómeno investigado, sino también en proporcionar soluciones específicas que puedan implementarse de manera inmediata en entornos productivos, como es el caso de los viveros agrícolas. Según (Hernández Sampieri *et al*., 2018), la investigación aplicada se caracteriza por resolver problemas concretos, generando resultados que pueden traducirse en beneficios tangibles para sectores productivos o sociales, en este caso, la optimización del uso de enraizadores para mejorar la producción agrícola.

4.1.1 Enfoque y nivel de investigación

El enfoque utilizado es cuantitativo, ya que se basó en la recolección de datos numéricos, medibles y verificables que permiten evaluar objetivamente la efectividad de los enraizadores empleados en el desarrollo de raíces y el crecimiento general de las plantas de pitahaya. Este enfoque fue adecuado para analizar patrones y relaciones entre variables, garantizando precisión en los resultados obtenidos. Además, el nivel de investigación fue descriptivo-correlacional, dado que, en primera instancia, se describieron las características y comportamientos observados en los tratamientos aplicados, como el desarrollo radicular y el crecimiento vegetativo. Posteriormente, se estableció una correlación entre las variables independientes (los diferentes enraizadores aplicados) y la variable dependiente (propagación de la pitahaya). Según (Hernández Sampieri *et al.*, 2018), el enfoque descriptivo-correlacional permite identificar asociaciones entre variables, proporcionando información clave para la toma de decisiones en contextos específicos, como la agricultura.

4.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación adoptado es experimental, caracterizado por la manipulación directa de las variables independientes para observar su impacto en la variable dependiente, utilizando grupos experimentales y de control. En este caso, los enraizadores Root-Hor, Kelpak y

Algax fueron aplicados a los esquejes de pitahaya en condiciones controladas para evaluar su efectividad en comparación con un grupo que no recibió tratamiento. Este diseño fue ideal para investigaciones agrícolas, ya que permitió controlar ciertos factores externos y analizar de forma precisa el efecto de los tratamientos en estudio. Según Montgomery, (2019) los diseños experimentales son adecuados en situaciones donde no es posible asignar completamente al azar las unidades experimentales, pero se pueden establecer grupos comparables que garanticen la validez de los resultados.

El modelo matemático lineal del diseño experimental fue el siguiente:

$$Yij = \mu + \beta i + \epsilon ji$$

Donde:

Yij: Observación de la unidad experimental j en el tratamiento i

μ: Media general del experimento.

βi: Efecto del tratamiento

ϵij: Error aleatorio asociado de la observación j con el tratamiento i

4.2.1 Descripción del campo experimental

La Tabla 2 presenta las características del campo experimental, incluyendo las medidas correspondientes a cada espacio utilizado. Por otro lado, la Figura 1 muestra una vista más detallada y dinámica de la distribución de los tratamientos en el área experimental.

Tabla 2.

Características del área experimental.

Descripción	Valor
Dimensión del área experimental	7 m x 14 m (98 m2)
Números de unidades experimentales	12
Números de tratamientos	4
Números de repeticiones por tratamiento	3
Número de unidades experimentales por repetición	4

Disposición de las unidades experimentales	Camas de cultivo
Distancia entres camas	1,4 m
Longitud de las camas	2 m
Distancia de plantas dentro de la cama	1 m
Separación entre unidades experimentales	1 m
Separación entre bloques	1.2 m
Área de una unidad experimental	2.8 m2
Área total del experimento	98 m2

Nota. Elaboración propia.

4.2.2 Descripción de la experimentación

Comprende determinar el efecto de la aplicación de enraizadores en las características del desarrollo radicular y vegetativo en la pitahaya *(Hylocereus megalanthus)* variedad American Beauty, de acuerdo al siguiente:

Tabla 3.

Descripción de la experimentación.

Clave	Tratamientos	Dosis/L	Repeticiones
T0	Control	0	3
T1	Root-Hor	1.25 ml	3
T2	Kelpak	5 ml	3
T3	Algax	10 ml	3
	Total, de ensayo 4x3		12

Nota. Elaboración propia, (2024).

4.2.3 Corte longitudinal

El corte temporal de esta investigación fue Longitudinal, comprendiendo un periodo de 120 días, durante el cual se llevaron a cabo tres evaluaciones a los 40, 80 y 120 días posteriores a la plantación de los esquejes. Este tiempo permitió observar el proceso de enraizamiento y desarrollo vegetativo de la pitahaya bajo las condiciones experimentales. Según Gomez, (1984) , las evaluaciones periódicas en estudios agrícolas son esenciales para captar las variaciones en las etapas iniciales y posteriores del crecimiento, asegurando un análisis detallado del impacto de los tratamientos.

4.3 Método de investigación

El método de investigación empleado fue de tipo experimental, dado que se evaluó el efecto de la aplicación de distintos enraizadores sobre el desarrollo de cladodios de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*), mediante la manipulación de la variable independiente. Asimismo, el estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se obtuvieron y analizaron datos numéricos a partir de mediciones directas de variables agronómicas, tales como longitud de raíz, peso fresco y seco de la masa radicular, longitud del brote y biomasa vegetal.

El experimento se llevó a cabo en condiciones controladas de vivero, lo que permitió minimizar la influencia de factores externos y garantizar la uniformidad en las condiciones de crecimiento. Las evaluaciones se realizaron en diferentes momentos del periodo experimental, lo que permitió analizar la respuesta de las plantas a lo largo del tiempo.

4.4 Población y muestra

La población considerada en esta investigación estuvo compuesta por 480 plantas de pitahaya (*Hylocereus megalanthus* variedad American Beauty), distribuidas en cuatro tratamientos experimentales. Este enfoque aseguró que cada tratamiento estuviera representado de manera equilibrada, permitiendo una evaluación rigurosa de los efectos de los enraizadores en el desarrollo de las plantas.

Es importante señalar que cada tratamiento correspondió a un enraizador específico: Root-Hor (T1), un enraizador químico aplicado mediante inmersión; Kelpak (T2), un enraizador natural a base de *Ecklonia maxima*, aplicado tanto por inmersión como por riego; y Algax (T3) un enraizador natural derivado de *Ascophyllum nodosum*, también aplicado mediante inmersión y

riego. Cada tratamiento incluyó, además, un grupo control que no recibió la aplicación del enraizador correspondiente, lo que permitió establecer una línea base para comparar los efectos del tratamiento y así aislar los resultados específicos del enraizador.

La determinación de la muestra se realizó al azar considerando seis plantas por unidades experimentales, evaluadas en cada etapa 40,80 y 120, alcanzando un total de 216 plantas durante la investigación. En términos de diseño experimental, el estudio utiliza un Diseño Completamente al Azar (DCA), una metodología que, como sugiere Gomez, (1984), es especialmente adecuada en investigaciones agrícolas cuando las unidades experimentales son homogéneas. Este diseño aseguró que las diferencias observadas entre los tratamientos pudieran ser atribuidas exclusivamente a los efectos de los enraizadores, al minimizar la influencia de factores externos mediante la aleatorización de las unidades experimentales.

Para garantizar la validez estadística y la robustez de los resultados, cada tratamiento se replicó tres veces, logrando un total de 120 plantas por tratamientos (40 plantas por repetición). De esta manera, la distribución equitativa de las plantas permitió una comparación precisa entre los tratamientos y reforzó la confiabilidad de los datos obtenidos.

Además, cabe destacar que este diseño consideró tanto el desarrollo radicular como el vegetativo de las plantas como dimensiones clave para la evaluación. Los grupos control desempeñan un papel fundamental, ya que proporcionaron un punto de referencia para medir los cambios inducidos por los enraizadores. Como señala Montgomery (2019), los controles en estudios experimentales son esenciales para distinguir entre los efectos del tratamiento y las variaciones naturales del sistema.

En este sentido, la metodología empleada para definir la población y la muestra en esta investigación, junto con el uso de un DCA y la inclusión de grupos control, aseguró que los resultados obtenidos sean estadísticamente significativos y aplicables en contextos agrícolas. Este enfoque no solo fortaleció la validez interna del estudio, sino que también proporcionó una base sólida para futuras aplicaciones prácticas en la propagación de la pitahaya.

4.5 Lugar de estudio

4.5.1 Ubicación

El estudio se llevó a cabo en el vivero Agrosur Fuentes ubicado en la Región Ica, Provincia de Chincha, Distrito de Larán. Geográficamente, el lugar se encuentra a una altitud de 135.1 msnm, con coordenadas 13°25'21"S y 76°06'10"W.

Figura 1.

Ubicación del área experimental

.



Nota: Google Earth, 2025. https://earth.google.com

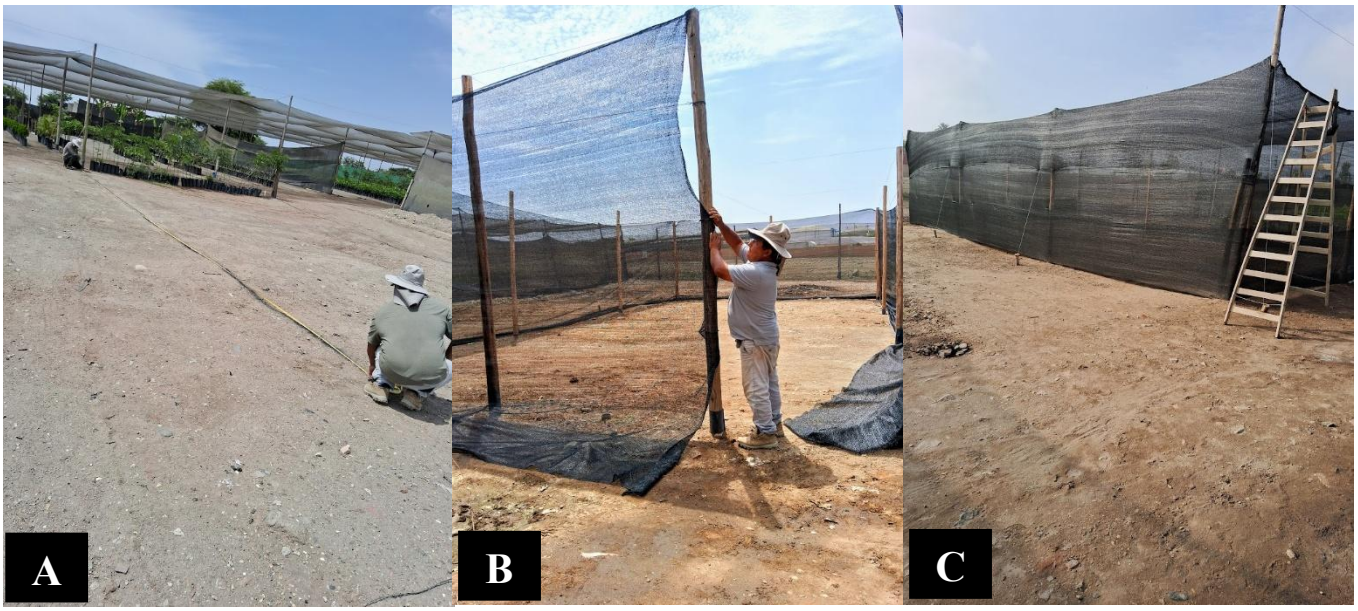
4.6 Procedimiento de la investigación

4.6.1 Preparación de sitio de ensayo

El procedimiento de esta investigación se desarrolló en etapas bien definidas para garantizar la rigurosidad y el control en cada fase experimental. En primer lugar, se seleccionó un área adecuada en el vivero Agrosur Fuentes, ubicado en la carretera de Alto Larán, provincia de Chincha. Este sitio fue cuidadosamente limpiado para eliminar residuos u obstáculos que puedan interferir con el desarrollo de las plantas. Además, se construyó un tinglado que proporcionará sombra durante todo el experimento, creando un entorno controlado que optimice las condiciones de crecimiento de los cladodios.

Figura 2.

Etapas de construcción del tinglado.



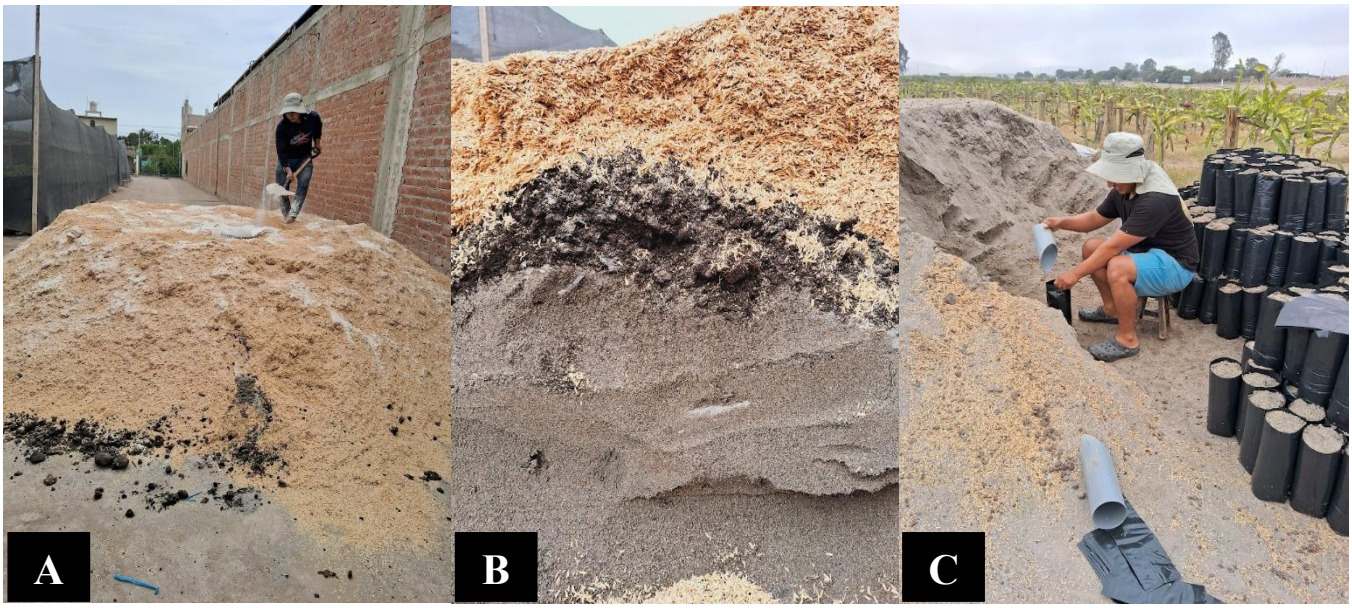
Nota. **A)** Medición y delimitación del área donde se instaló el tinglado, **B)** Colocación de la malla Rachell al 50%, sombra para la protección de las unidades experimentales, **C)** Estructura finalizada con la malla instalada, asegurando condiciones adecuadas para el experimento.

4.6.2 Preparación de sustrato y llenado de fundas

A continuación, se procedió a la preparación del sustrato, utilizando una mezcla específica compuesta por arena (50%), compost (30%), cascarilla de arroz (18%) y yeso agrícola (2%). Estos componentes fueron seleccionados por sus propiedades para retener humedad y distribuir nutrientes esenciales. La mezcla se preparó homogéneamente y se utilizó para llenar bolsas de polietileno de 10 cm de diámetro y 30 cm de longitud, que se emplearon como recipientes de siembra. Este sustrato garantizó un soporte adecuado para el desarrollo inicial de las plantas.

Figura 3.

Procedimiento de preparación de sustrato.



Nota. **A)** Homogeneización de los insumos, **B)** Mezcla del sustrato, donde se observan las diferentes capas de los componentes utilizados. **C)** Llenado de fundas.

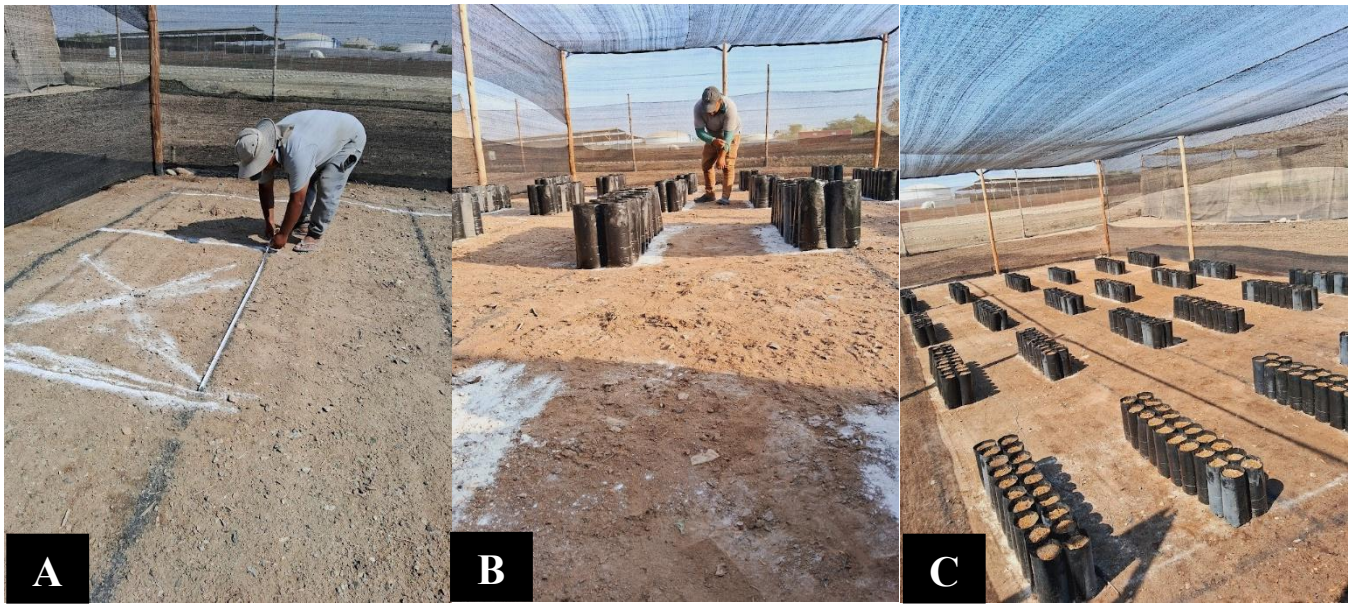
4.6.3 Marcación y distribución de las bolsas

Se inició el proceso con la marcación precisa de las unidades experimentales, asegurando una correcta distribución en el área de estudio. Posteriormente, se colocaron las bolsas llenas de sustrato, estas bolsas fueron trasladadas cuidadosamente al tinglado y ubicadas en sus respectivas áreas, siguiendo el croquis elaborado. Se mantuvo un orden equitativo en cuanto a medidas y distribución del espacio, asegurando homogeneidad en la disposición de las unidades experimentales.

Figura 4.

Marcación y distribución de las unidades experimentales

.



Nota. **A)**. Marcación del área experimental, **B)** Distribución de bolsas con sustrato en las unidades experimentales, asegurando un orden equitativo, **C)** Vista general del tinglado con las bolsas organizadas según el croquis experimental.

4.6.4 Selección de cladodios y desaviado

Posteriormente, se seleccionaron y prepararon los cladodios que fueron utilizados en el experimento. Los esquejes fueron seleccionados de plantas madre sanas con una medida de 40 cm de largo, asimismo asegurando su calidad fitosanitaria. Cada cladodio fue sometido a un proceso de desaviado, realizando un corte en bisel en la parte basal aproximadamente 4 cm para promover la formación de raíces. Seguidamente, fueron desinfectados con fungicidas específicos para eliminar posibles agentes patógenos y garantizar su sanidad. Una vez preparados, los cladodios fueron colocados en un área ventilada donde permanecieron durante diez días para completar el proceso de desaviado.

Figura 5.

Proceso de preparación de cladodios de pitahaya para propagación.


A
5 Mar 2023, 17:36
B
C
D
CLOROX
E
F
G
H
I

Nota. **A)** Selección de cladodios provenientes de plantas madre sanas, **B)** Elección de los esquejes más adecuados para la propagación, **C)** Medición de los esquejes, asegurando una longitud estándar de 40 cm, **D)** Herramientas utilizadas para el desaviado y preparación del material vegetal, **E)** Realización de un corte en "V" en la parte basal del cladodio para favorecer el enraizamiento, **F)** Medición del corte en "V", garantizando una profundidad de 4 cm, **(G-H)** Desinfección de los cladodios mediante inmersión en una solución desinfectante, **I)** Secado y cicatrización de los cladodios antes de ser plantado.

4.6.5 Aplicación de enraizadores

Acto seguido, se procedió a la aplicación de los enraizadores, etapa clave en este estudio. Cada tratamiento fue aplicado siguiendo un método específico: el enraizador químico Root-Hor fue administrado mediante inmersión de los cladodios durante cinco minutos, mientras que los enraizadores naturales, Kelpak y Algax, fueron aplicados mediante inmersión inicial y riego suplementario cada quince días. Este paso permitió observar el impacto diferencial de cada enraizador en el desarrollo radicular y vegetativo de las plantas.

Figura 6.

Enraizadores utilizados en el experimento.



Nota. **A)** Productos enraizadores empleados en el estudio: Root-Hor (químico), Kelpak y Algax (naturales). **B)** Distribución de los tratamientos en las unidades experimentales, identificadas como T1, T2 y T3, según el tipo de enraizador aplicado mediante inmersión.

4.6.6 Plantado y mantenimiento

Una vez realizados los tratamientos, los cladodios fueron plantados en las bolsas de polietileno llenas con el sustrato preparado. Fueron enterrados a una profundidad de cinco centímetros, asegurando una correcta orientación para maximizar su capacidad de crecimiento. Durante el desarrollo del experimento, se realizaron labores de mantenimiento que incluirán riegos regulares para mantener la humedad óptima y el control manual de malezas tanto en las bolsas como en el área circundante. Estas prácticas garantizaron que las plantas crezcan en un entorno favorable y sin competencia.

Figura 7.

Plantado y brotación de cladodios de pitahaya.



Nota. **A)** Plantado de cladodios a 5 cm de profundidad para favorecer el enraizamiento, **B)** Distribución de las unidades experimentales tras el plantado, **C)** Aparición de los primeros brotes a los 14 días, **D)** Desarrollo de la brotación a los 22 días, evidenciando crecimiento activo.

4.6.7 Evaluación de la investigación en etapas

Para las evaluaciones se realizaron en periodo a los 40, 80 y 120 días después del plantado, se midieron los tamaños de los brotes correspondientes y se realizó una preselección al azar por tratamiento, considerando tres repeticiones por tratamiento, con seis plantas en cada una. Posteriormente, las plantas seleccionadas fueron agrupadas e identificadas para su traslado al laboratorio. Para la medición del peso fresco de la raíz y el brote, así como de su longitud, se utilizaron un flexómetro y una balanza electrónica. Por otro lado, para determinar el peso seco del brote y la raíz, las muestras fueron sometidas a secado en estufa a 115 °C durante 24 horas y posteriormente pesadas.

Figura 8.

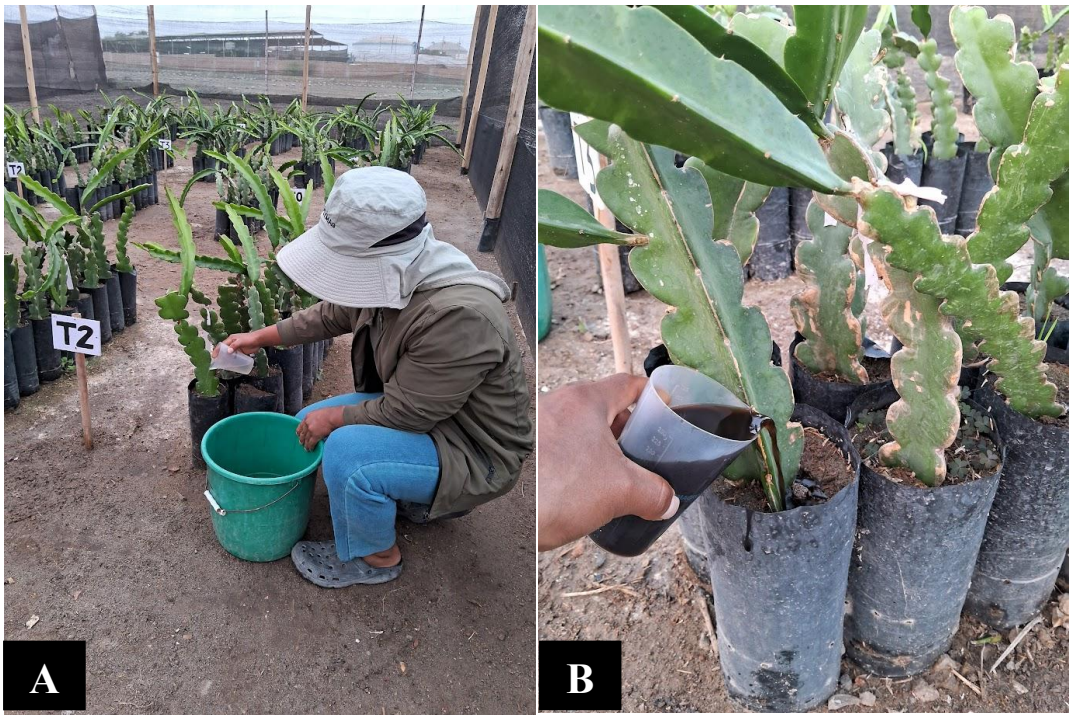
Evaluación del crecimiento de los brotes a los 40, 80 y 120 días



Nota. **A** y **C)** Vista general del experimento a los 40 y 80 días de evaluación. **B** y **D)** Medición sistemática de la longitud de los brotes

Figura 9.

Aplicación vía drench en los tratamientos T2 - T3.



Nota: **A)** Preparación de la solución de enraizador y aplicación directa al sustrato en el tratamiento T2. **B)** Aplicación precisa de la solución vía drench en la base del cladodio para asegurar una adecuada absorción radicular.

Figura 10.

Evaluación del crecimiento y biomasa radicular en cladodios de pitahaya.


A
B
C
sartorius
0.43 g
Tare
Cal
CF
Select Menu
Enter
D
sartorius
2.86 g
E
F
LabTech
115
G
sartorius
5.65 g
H

Nota. **A)** Medición de la longitud del brote en los cladodios evaluados. **B)** Cuantificación de la longitud del sistema radicular. **C)** Corte de las raíces para su posterior pesaje. **D)** Determinación del peso fresco de las raíces en balanza analítica. **E)** Estufa de secado programada a 115°C para la deshidratación de muestras. **F)** Colocación de las muestras en la estufa para la determinación de peso seco en la estufa tras 24 horas. **G)** Preparación para el pesado de brotes secos y raíces la cual son organizados y preparados para su evaluación en balanza analítica. **H)** Determinación del peso seco del brote utilizando una balanza electrónica de precisión.

4.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

Para la presente investigación, se empleó la revisión documental como técnica clave para la construcción del marco teórico y la identificación de las variables a analizar. Este proceso permitió recopilar información existente sobre el uso de enraizadores en cactáceas, incluyendo estudios previos, reportes técnicos y artículos científicos relevantes. Según Salkind (2021), la revisión documental facilitó el análisis crítico y sistemático de fuentes secundarias, proporcionando una base sólida para contextualizar el problema de estudio y justificar la elección de las variables.

Asimismo, se utilizó una ficha de recolección de datos diseñada específicamente para esta investigación, con campos destinados a registrar de forma ordenada y precisa las mediciones relacionadas con el crecimiento radicular (masa radicular y la longitud de raíces), el desarrollo de brotes y la altura promedio de las plantas. Estas fichas fueron empleadas durante los cortes evaluativos programados a los 40, 80 y 120 días, asegurando que los datos recolectados fueran consistentes y comparables entre los diferentes tratamientos (Salkind, 2021; Sampieri *et al.,* 2018).

Para las mediciones de longitud de raíces y altura de las plantas, se utilizaron reglas milimétricas y cintas métricas calibradas, las cuales permitieron obtener datos morfológicos con precisión, de acuerdo con las recomendaciones metodológicas para estudios fisiológicos en plantas (Barrios *et al.,* 2023).

Además, para obtener la biomasa fresca y seca de los esquejes, se utilizó una balanza electrónica de precisión para el peso fresco y una estufa de secado para la determinación del peso seco. Las muestras fueron deshidratadas siguiendo protocolos estandarizados en estudios agronómicos, donde la eliminación completa de humedad es indispensable para calcular correctamente la masa seca de los tejidos vegetales (Shipley & Vu, 2020).

Finalmente, la técnica de recolección de datos no solo permitió registrar los efectos de los enraizadores en las dimensiones analizadas, sino que también proporcionó una base empírica para realizar análisis estadísticos posteriores que validaron las hipótesis planteadas en el estudio. De este modo, la combinación de la revisión documental, la ficha de recolección de datos y el uso de instrumentos precisos garantizó un enfoque metodológico riguroso, alineado con los objetivos de la investigación.

4.8 Análisis y procesamiento de datos

La secuencia del análisis estadístico se resume en: (1) verificación de supuestos; normalidad mediante la prueba Shapiro-Wilk, y homocedasticidad mediante la prueba de Levene, (2) Análisis de Varianza (ANOVA), y (3) comparaciones múltiples por Tukey HSD. Este procedimiento garantizó la validez estadística de las inferencias realizadas sobre el efecto de los enraizadores en la propagación vegetativa de *Hylocereus megalanthus* variedad American Beauty.

El análisis estadístico se aplicó a las variables dependientes medidas en los cortes evaluativos a los 40, 80 y 120 días después del plantado:

- Desarrollo radicular: longitud de raíz primaria (cm), peso fresco de la masa radicular (g) y peso seco de la masa radicular (g).
- Desarrollo vegetativo: longitud del brote principal (cm), peso fresco del brote (g) y peso seco del brote (g).

4.8.1 Verificación de Supuestos

Previo al análisis de varianza, se verificaron los dos supuestos paramétricos fundamentales del ANOVA: normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas entre tratamientos.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk a cada grupo experimental, considerando que esta prueba es la más potente para muestras pequeñas ($n < 30$). Se realizaron 72 pruebas en total (4 tratamientos × 3 períodos × 6 respuestas). La hipótesis nula establecía que los datos provenían de una distribución normal (H_0: datos normales, $p > 0.05$).

La homocedasticidad de varianzas entre los tratamientos se evaluó mediante la prueba de Levene con center = mean, complementada con la prueba de Brown-Forsythe con center = median, más robusta ante posibles desviaciones residuales de la normalidad. Se aplicó una prueba por combinación variable × período (18 pruebas en total). La hipótesis nula establecía homocedasticidad entre los grupos (H_0: $\sigma2(T0) = \sigma2(T1) = \sigma2(T2) = \sigma2(T3)$, $p > 0.05$).

4.8.2 Análisis de Varianza

Una vez verificados los supuestos, se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) para cada combinación variable × período, con los datos originales o transformados según correspondía. La tabla ANOVA descompone la variación total observada en dos fuentes: el efecto del tratamiento (enraizador) y el error experimental (Tabla 4). Para cada variable se calcularon la suma de cuadrados (SC), los grados de libertad (gl), el cuadrado medio (CM), el estadístico F calculado y el p-valor. Se estableció que un efecto es estadísticamente significativo cuando $p \leq 0.05$ y altamente significativo cuando $p \leq 0.01$.

Tabla 4.

Estructura de la tabla ANOVA aplicada.

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calculado	p-valor
Tratamiento (Enraizador)	3	SC Trt	CM Trt	F Trt	p Trt
Error experimental	68	SC Error	CM Error	—	—
Total	71	SC Total	—	—	—

Nota. gl = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrado medio; t = 4 tratamientos; n = 72 observaciones.

4.8.3 Prueba post hoc de Tukey HSD

Dado que el ANOVA detectó diferencias significativas entre los cuatro tratamientos en todas las variables evaluadas, se procedió con la prueba de comparaciones múltiples HSD de Tukey (Honestly Significant Difference; Tukey, 1953) para identificar cuáles pares de tratamientos difieren estadísticamente entre sí.

El mínimo rango significativo (HSD) se calculó como:

$$HSD = q\alpha(k, dfe) \times \sqrt{(CMe / n)}$$

Donde $q\alpha\ (k, dfe)$ es el valor crítico de la distribución del rango estudentizado con $k = 4$ grupos y $dfe = 68$ grados de libertad del error; CMe es el cuadrado medio del error; y $n = 18$ es el número de observaciones por tratamiento.

Dos medias se consideran significativamente distintas si su diferencia absoluta excede el valor HSD calculado. Los resultados se presentan mediante el Compact Letter Display (CLD), donde tratamientos que comparten la misma letra no difieren significativamente entre sí ($p > 0.05$), y tratamientos con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

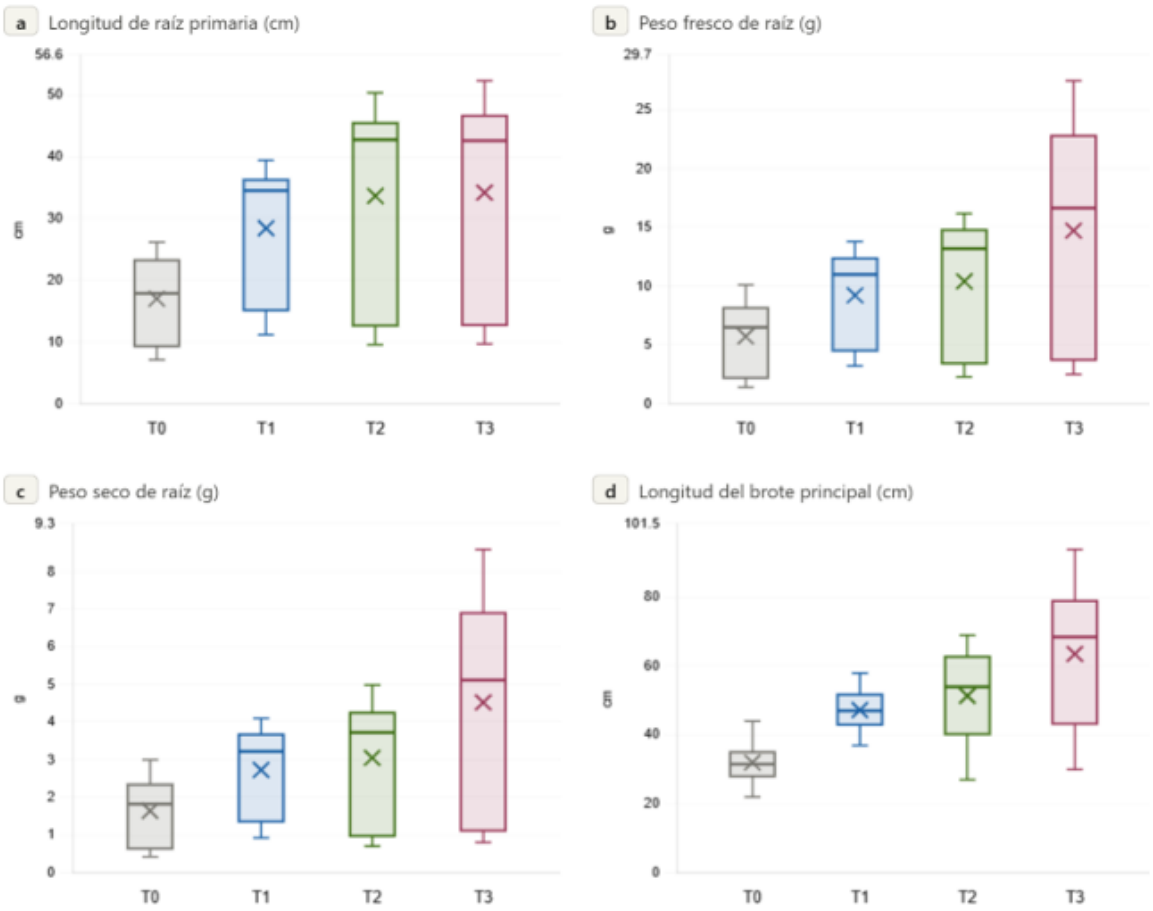
V. RESULTADOS

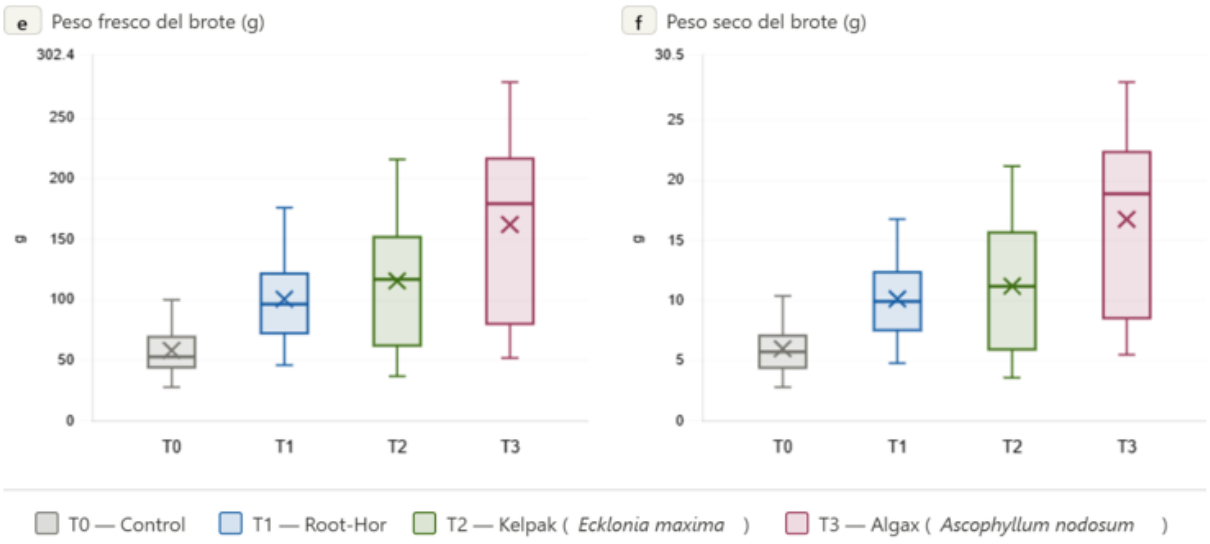
5.1 Resultados descriptivos

Los resultados obtenidos de la evaluación del efecto de tres enraizadores; Root-Hor (T1), Kelpak/*Ecklonia maxima* (T2) y Algax/*Ascophyllum nodosum* (T3), sobre el desarrollo radicular y vegetativo de cladodios de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty, en comparación con un testigo sin enraizador (T0), durante un período experimental de 120 días bajo condiciones de vivero en Alto Larán, provincia de Chincha. Las evaluaciones se realizaron a los 40, 80 y 120 días después del plantado (dds). Para cada variable se presentan las medias por tratamiento en escala original, los resultados del ANOVA (F calculado y p-valor) y los grupos homogéneos determinados por la prueba de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$), expresados mediante el sistema de letras de agrupamiento compacto (CLD). Ver Figuras 11 y 12.

Figura 11.

Distribución de los valores observados por tratamiento para las variables de desarrollo radicular y vegetativo de Hylocereus megalanthus var. America Beauty.

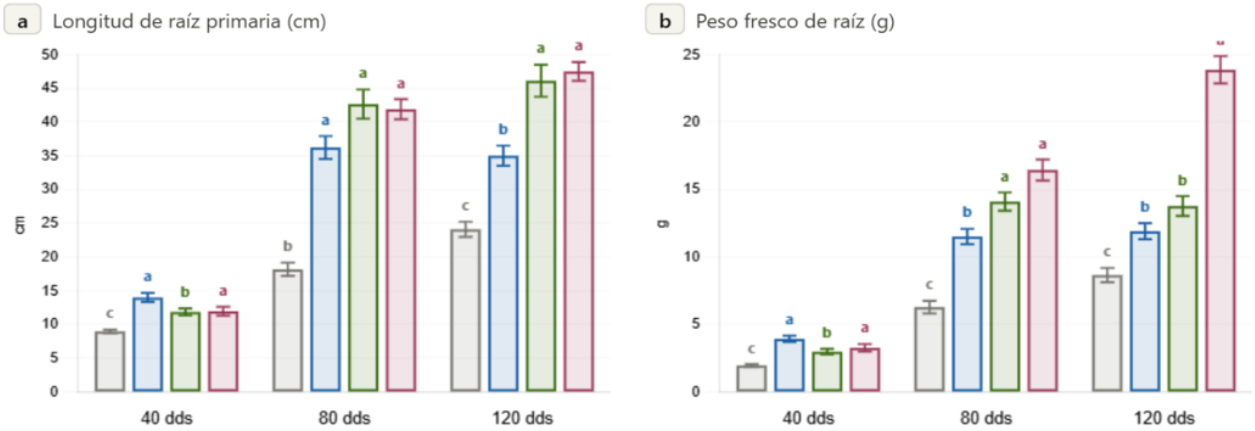


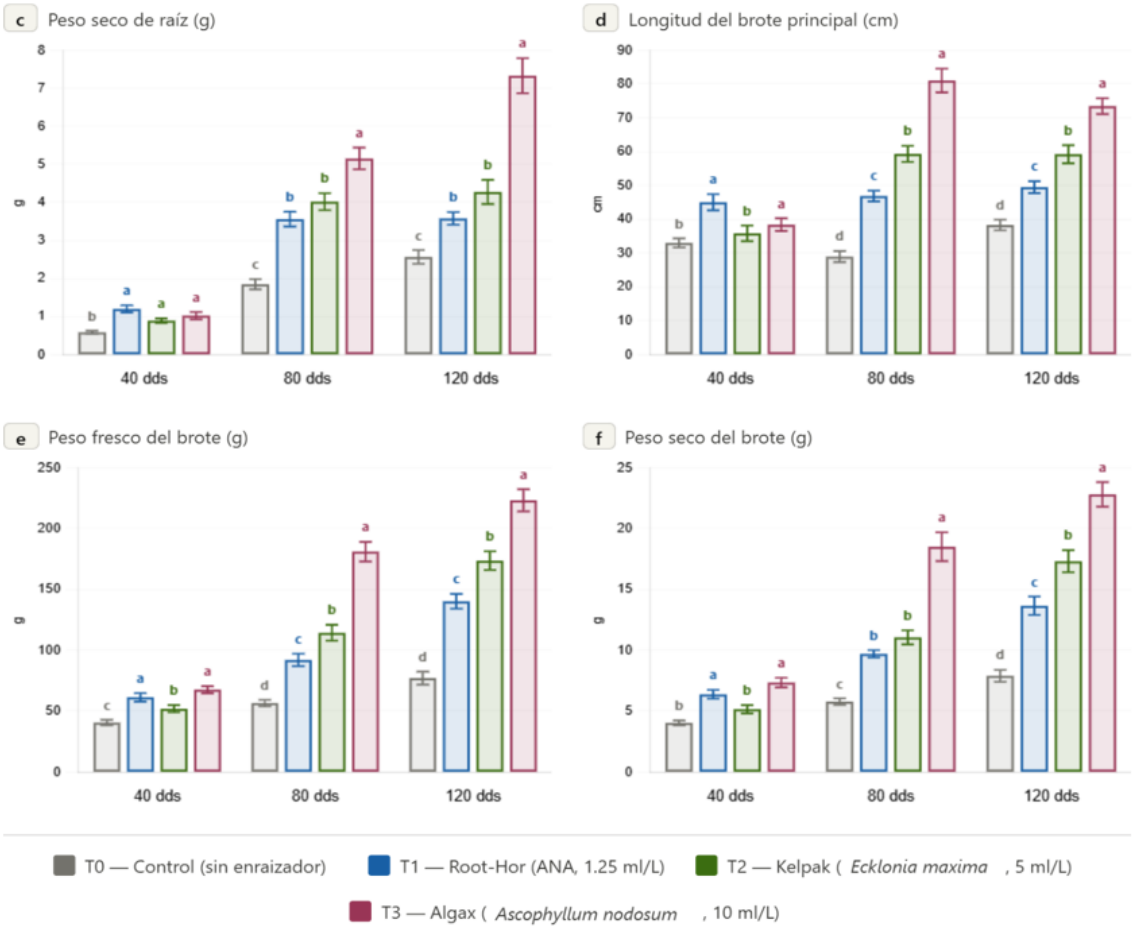


Nota. Cada caja reúne las 54 observaciones del tratamiento (18 obs × 3 períodos de evaluación). La línea central indica la mediana; la cruz (×) indica la media aritmética; la caja comprende el rango intercuartílico (RIC: Q1–Q3); los bigotes se extienden hasta ±1.5 × RIC.

Figura 12.

Medias de las variables de desarrollo radicular y vegetativo de Hylocereus megalanthus var. American Beauty bajo cuatro tratamientos de enraizadores evaluados a los 40, 80 y 120 días después del plantado (dds) en condiciones de vivero.





Nota. Las barras representan la media de 18 observaciones por tratamiento. Las barras de error corresponden al error estándar (±1 SE). Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada período de evaluación, según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD (α = 0,05). El efecto del tratamiento fue altamente significativo en todas las variables y períodos evaluados ($p < 0,01$).

5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 Desarrollo radicular

El desarrollo del sistema radicular fue evaluado mediante tres variables: longitud de raíz primaria (cm), peso fresco de la masa radicular (g) y peso seco de la masa radicular (g). En todos los casos se registró un efecto altamente significativo del enraizador ($p < 0.01$), con un incremento progresivo de las diferencias entre tratamientos conforme avanzó el período experimental.

5.2.2 Longitud de raíz primaria

La longitud de raíz primaria presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos en los tres períodos evaluados (Tabla 5). A los 40 días, el mayor desarrollo radicular lo registró T1 — Root-Hor con 14.00 cm, seguido de T3 (11.96 cm), T2 (11.86 cm) y T0 (8.97 cm). La prueba de Tukey HSD (HSD = 2.10 cm) agrupó a T1 y T3 en el grupo superior (a), T2 en un grupo intermedio (b) y T0 en el grupo inferior (c), sin diferencias entre T1 y T3 ni entre T2 y T3. Estos resultados reflejan la acción estimulante de las auxinas sintéticas del Root-Hor sobre la iniciación radicular temprana.

A los 80 días, la tendencia se modificó notablemente: T2 alcanzó 42.18 cm y T3 41.70 cm, ambos significativamente superiores a T1 (35.88 cm) y T0 (17.91 cm) ($F = 57.03$; $p < 0.0001$). El análisis de Tukey agrupó a T2 y T3 en el grupo (a), T1 en el grupo (b) y T0 en el grupo (c), evidenciando que los bioestimulantes de algas marinas superaron al enraizador químico en la elongación radicular a medida que sus compuestos activos —citoquininas, betaínas y polisacáridos— ejercieron su efecto sostenido.

A los 120 días, T3 obtuvo la mayor longitud (47.13 cm), seguido de T2 (45.05 cm), T1 (34.43 cm) y T0 (23.61 cm). La prueba de Tukey (HSD = 0.17) confirmó que T2 y T3 conformaron el grupo superior (a), T1 el grupo (b) y T0 el grupo inferior (c), manteniéndose el patrón de superioridad de los extractos algales sobre el enraizador químico.

5.2.3 Peso fresco y peso seco de la masa radicular

La biomasa radicular, expresada tanto en peso fresco como en peso seco, mostró el mismo patrón de diferenciación que la longitud de raíz (Tabla 5). A los 40 días, el mayor peso fresco de raíz lo registró T1 (3.82 g), seguido de T3 (3.05 g), T2 (2.85 g) y T0 (1.91 g). La prueba de Tukey agrupó a T1 y T3 en el grupo (a), T2 en el grupo (b) y T0 en el grupo (c). En peso seco, T1 alcanzó 1.14 g, diferenciándose significativamente del control (0.57 g), mientras que T2 (0.86 g) y T3 (0.94 g) no difirieron entre sí ni respecto a T1.

A los 80 días, la dinámica se invirtió a favor de los extractos de algas: T3 obtuvo el mayor peso fresco de raíz (16.45 g) y T2 (14.11 g), ambos conformando el grupo (a) de Tukey, mientras que T1 (11.52 g) se ubicó en el grupo (b) y T0 (6.29 g) en el grupo (c) ($F = 44.58$; $p < 0.0001$). En peso seco, T3 alcanzó 5.06 g, diferenciándose significativamente de T2 (3.95 g), T1 (3.49 g) y T0 (1.79 g), estos últimos sin diferencias significativas entre sí.

A los 120 días, T3 destacó marcadamente con un peso fresco de raíz de 23.63 g, más del doble que T2 (13.55 g), T1 (11.73 g) y T0 (8.47 g), siendo el único tratamiento en el grupo (a) de Tukey. En peso seco, T3 alcanzó 7.08 g frente a 4.08 g de T2, 3.51 g de T1 y 2.47 g de T0 ($F = 45.74$; $p < 0.0001$), confirmando la superioridad de *Ascophyllum nodosum* en la acumulación de biomasa radicular al final del experimento.

Tabla 5.

Medias de las variables de desarrollo radicular por tratamiento y período. Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas (α = 0.05).

Variable	T0 Control	T1 Root-Hor	T2 Ecklonia	T3 Ascoph.	F	p-valor	HSD (α=0.05)
Evaluación a los 40 días							
Long. raíz (cm)	8.97 (c)	14 (a)	11.86 (b)	11.96 (a)	13.55	<0.0001	2.10
PF raíz (g)	1.91 (c)	3.82 (a)	2.85 (b)	3.05 (a)	15.75	<0.0001	0.27
PS raíz (g)	0.57 (b)	1.14 (a)	0.86 (a)	0.94 (a)	13.07	<0.0001	0.30
Long. brote (cm)	33.03 (b)	45.07 (a)	35.89 (b)	38.42 (a)	6.81	0.0005	7.35
PF brote (g)	40.68 (c)	61.46 (a)	52.08 (b)	67.78 (a)	15.46	<0.0001	11.18
PS brote (g)	3.94 (b)	6.19 (a)	4.95 (b)	7.17 (a)	16.95	<0.0001	0.24
Evaluación a los 80 días							
Long. raíz (cm)	17.91 (b)	35.88 (a)	42.18 (a)	41.7 (a)	57.03	<0.0001	0.53
PF raíz (g)	6.29 (c)	11.52 (b)	14.11 (a)	16.45 (a)	44.58	<0.0001	2.44
PS raíz (g)	1.79 (c)	3.49 (b)	3.95 (b)	5.06 (a)	45.99	<0.0001	0.12
Long. brote (cm)	28.39 (d)	46.57 (c)	58.79 (b)	80.13 (a)	85.23	<0.0001	0.21
PF brote (g)	55.95 (d)	90.23 (c)	112.05 (b)	178.62 (a)	73.10	<0.0001	0.33
PS brote (g)	5.7 (c)	9.63 (b)	10.78 (b)	17.78 (a)	77.10	<0.0001	0.20

Variable	T0 Control	T1 Root-Hor	T2 Ecklonia	T3 Ascoph.	F	p-valor	HSD (α=0.05)
Evaluación a los 120 días							
Variable	T0 Control	T1 Root-Hor	T2 Ecklonia	T3 Ascoph.	F	p-valor	HSD (α=0.05)
Long. raíz (cm)	23.61 (c)	34.43 (b)	45.05 (a)	47.13 (a)	45.85	<0.0001	0.17
PF raíz (g)	8.47 (c)	11.73 (b)	13.55 (b)	23.63 (a)	66.26	<0.0001	0.16
PS raíz (g)	2.47 (c)	3.51 (b)	4.08 (b)	7.08 (a)	45.74	<0.0001	0.24
Long. brote (cm)	38.33 (d)	49.51 (c)	59.27 (b)	73.48 (a)	45.25	<0.0001	8.27
PF brote (g)	75.15 (d)	138.66 (c)	171.72 (b)	220.94 (a)	80.50	<0.0001	0.32
PS brote (g)	7.91 (d)	13.66 (c)	17.32 (b)	22.81 (a)	58.06	<0.0001	3.07

Nota. Letras a, b, c, d = grupos homogéneos Tukey HSD (α = 0.05). ** = p < 0.01 (altamente significativo). Medias en escala original. T0 = testigo; T1 = Root-Hor; T2 = Kelpak (*Ecklonia maxima*); T3 = Algax (*Ascophyllum nodosum*).

5.2.4 Desarrollo vegetativo

El desarrollo de la parte aérea fue evaluado mediante la longitud del brote principal (cm), el peso fresco del brote (g) y el peso seco del brote (g). Al igual que en el desarrollo radicular, se registró efecto altamente significativo del enraizador en los tres períodos (p < 0.01), con una progresiva y completa diferenciación entre los cuatro tratamientos a los 120 días.

5.2.5 ***Longitud del brote principal***

A los 40 días, la longitud del brote principal fue mayor en T1 (45.07 cm) y T3 (38.42 cm), ambos en el grupo superior (a) de Tukey (HSD = 7.35 cm), sin diferencias significativas entre sí. T2 (35.89 cm) y T0 (33.03 cm) conformaron el grupo inferior (b) (F = 6.81; p = 0.0005). El efecto temprano de Root-Hor sobre el crecimiento vegetativo inicial es consistente con la acción de las auxinas sintéticas en la activación de la división celular en el meristema apical.

A los 80 días, se produjo la separación más destacada de todo el experimento: T3 alcanzó 80.13 cm de longitud de brote, significativamente superior a T2 (58.79 cm), T1 (46.57 cm) y T0 (28.39 cm), conformando cada tratamiento un grupo homogéneo distinto (a, b, c, d respectivamente; $F = 85.23$; $p < 0.0001$). Esta es la mayor diferenciación observada en todo el experimento, con T3 superando al control en un 182%. La acción conjunta de giberelinas y citoquininas del extracto de *Ascophyllum nodosum* explicaría el vigoroso crecimiento vegetativo en esta etapa.

A los 120 días, la separación entre tratamientos se mantuvo completa: T3 (73.48 cm) > T2 (59.27 cm) > T1 (49.51 cm) > T0 (38.33 cm), con diferencias significativas entre cada par (Tukey HSD = 8.27 cm; $F = 45.25$; $p < 0.0001$). T3 superó al control en 91.7%, a T1 en 48.4% y a T2 en 24.0%.

5.2.6 *Peso fresco y peso seco del brote*

El peso fresco del brote a los 40 días mostró una jerarquía distinta a la longitud: T3 obtuvo 67.78 g y T1 61.46 g, en el grupo superior (a), T2 (52.08 g) en el grupo (b) y T0 (40.68 g) en el grupo (c) ($F = 15.46$; $p < 0.0001$). Para el peso seco, T3 (7.17 g) y T1 (6.19 g) superaron significativamente a T2 (4.95 g) y T0 (3.94 g), siendo T3 el de mayor valor desde el inicio del experimento.

A los 80 días, T3 alcanzó un peso fresco de 178.62 g, más del doble que T2 (112.05 g) y casi el triple que T1 (90.23 g) y cuádruple que T0 (55.95 g). La prueba de Tukey separó los cuatro tratamientos en grupos distintos (a, b, c, d), siendo el estadístico $F = 73.10$ ($p < 0.0001$) el que evidenció la intensidad de estas diferencias. En peso seco, T3 (17.78 g) fue el único tratamiento en el grupo (a), T1 y T2 compartieron el grupo (b) (9.63 y 10.78 g respectivamente) y T0 el grupo (c) (5.70 g).

A los 120 días, la separación fue máxima y estadísticamente completa para ambas variables de biomasa. T3 registró 220.94 g de peso fresco de brote ($F = 80.50$; $p < 0.0001$), seguido de T2 (171.72 g), T1 (138.66 g) y T0 (75.15 g), con cuatro grupos homogéneos distintos (a, b, c, d). Para el peso seco del brote, T3 obtuvo 22.81 g, superando a T2 (17.32 g), T1 (13.66 g) y T0 (7.91 g), con separación estadística completa entre todos los pares ($F = 58.06$; $p < 0.0001$). Estos resultados confirman que *Ascophyllum nodosum* promovió el mayor vigor y acumulación de biomasa vegetativa al final del experimento.

5.3 **Comparación general entre tratamientos**

El análisis por periodo evidencia tres fases claramente diferenciadas en el comportamiento de los tratamientos a lo largo del experimento (Tabla 5):

- Fase temprana (40 días): Root-Hor (T1) lidera o comparte el liderazgo con T3 en las variables radiculares, por acción rápida de las auxinas sintéticas (ANA). T3 ya evidencia mayor peso fresco de brote que T1. Los valores F oscilaron entre 6.81 y 16.95.
- Fase intermedia (80 días): Los extractos de algas marinas (T2 y T3) superan al enraizador químico T1 en longitud y biomasa radicular. T3 se diferencia completamente del resto en variables vegetativas, conformando el único grupo (a). Los valores F alcanzaron su máximo (85.23 para Long. brote).
- Fase final (120 días): La separación es total en todas las variables vegetativas: T3 > T2 > T1 > T0 con diferencias significativas entre cada par ($p < 0.01$). En variables radiculares, T3 se separa de T2 y T1 en biomasa, aunque T2 y T3 comparten el grupo superior en longitud de raíz. El control (T0) queda significativamente por debajo en todas las variables.

En términos porcentuales, a los 120 días T3 (*Ascophyllum nodosum*, 10 ml/L) superó al testigo T0 en: longitud de raíz (99.6%), peso fresco de raíz (179.0%), peso seco de raíz (186.6%), longitud de brote (91.7%), peso fresco de brote (194.0%) y peso seco de brote (188.4%). Frente al enraizador químico T1, T3 mostró superioridad en biomasa radicular y vegetativa a partir de los 80 días, con diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las variables.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la aplicación de enraizadores orgánicos e inorgánicos influye de manera diferenciada y estadísticamente significativa ($p < 0.05$) sobre el desarrollo radicular y vegetativo de cladodios de *Hylocereus megalanthus* variedad American Beauty bajo condiciones de vivero.

6.1 Efecto de los enraizadores sobre el desarrollo radicular

6.1.1 Superioridad inicial de Root-Hor (T1) en la fase temprana

A los 40 días después del plantado, Root-Hor (T1) registró la mayor longitud de raíz primaria (14.00 cm) y la mayor biomasa radicular fresca (3.82 g) y seca (1.14 g), superando significativamente al testigo (T0) en un 56.1% en longitud y en un 100% en biomasa. Este resultado confirma la hipótesis de que la aplicación de enraizadores favorece el desarrollo radicular en la fase temprana de propagación y es consistente con los hallazgos de Gomez (2023), quien reportó que Root-Hor al 0.5% promovió el mayor crecimiento radicular en esquejes de *Hylocereus spp*. variedad Physical Graffiti, alcanzando longitudes promedio de 15.8 cm, valor comparable al obtenido en el presente estudio (14.00 cm). Asimismo, concuerda con Rodriguez (2022), quien obtuvo alta masa radicular en esquejes de *Persea americana* con dosis de Root-Hor a 7 500 ppm, atribuyendo el efecto a la acción del ácido naftalenacético (ANA) como principal auxina inductora de raíces adventicias.

La respuesta observada en T1 a los 40 días responde al mecanismo fisiológico de las auxinas exógenas: el ANA contenido en Root-Hor promueve la iniciación de primordios radicales mediante la activación de divisiones celulares en el periciclo y el aumento en la concentración de auxinas endógenas en la zona basal del cladodio (Taiz *et al.*, 2015). Esto coincide con lo reportado por Pandey *et al*. (2022), quienes encontraron que el AIB a 4 000 ppm fue el tratamiento más efectivo para la iniciación radicular de esquejes de *Hylocereus undatus,* con la longitud de raíz más larga (21.33 cm) y el mayor número de raíces por esqueje (41.76). Aunque en el presente estudio se empleó Root-Hor (ANA) en lugar de AIB, ambos compuestos auxínicos actúan sobre el mismo mecanismo de formación de raíces adventicias, lo que explica la similitud en los resultados tempranos.

En cuanto a Vargas (2023), quien evaluó Root-Hor (ANA) mediante hidroponía en esquejes de pitahaya y reportó que dicho tratamiento produjo un incremento significativo en la longitud de raíces (36.20 cm) a los 90 días, los valores del presente estudio a los 80 días resultaron inferiores (35.88 cm para T1), diferencia que puede atribuirse al sustrato empleado (arena, compost y cascarilla de arroz versus sistema hidropónico de raíces flotantes) y al método de aplicación. No obstante, la tendencia general superioridad de Root-Hor en el enraizamiento inicial es coincidente entre ambos estudios.

6.1.2 Superioridad de los extractos algales (T2 y T3) en la fase intermedia y final

A partir de los 80 días, el patrón de jerarquía entre tratamientos experimentó una inversión notable: los extractos de algas marinas Kelpak (T2, *Ecklonia maxima*) y Algax (T3, *Ascophyllum nodosum*) igualaron y superaron a Root-Hor en todas las variables de desarrollo radicular. A los 80 días, T2 y T3 obtuvieron las mayores longitudes radiculares (42.18 y 41.70 cm respectivamente), conformando el grupo superior (a) de Tukey, mientras T1 pasó al grupo (b). Esta inversión se consolidó a los 120 días, donde T3 registró el mayor peso fresco de raíz (23.63 g), más del doble que T1 (11.73 g), y el mayor peso seco de raíz (7.08 g), con diferencias altamente significativas ($F = 66.26$; $p < 0.0001$).

Este comportamiento diferido pero sostenido de los bioestimulantes algales ha sido documentado en la literatura. Freitas *et al*. (2021) evaluaron el impacto de un bioestimulante a base de extracto de algas y de AIB en el enraizamiento de estacas de *Hylocereus undatus* y *H. polyrhizus*, y concluyeron que el extracto de algas, solo o combinado con AIB, favoreció el enraizamiento y brotación en ambas especies, representando una alternativa prometedora como complemento al AIB. Los resultados del presente estudio amplían esta conclusión al demostrar que, en *H. megalanthus*, el extracto de *Ascophyllum nodosum* no solo complementa, sino que supera al enraizador químico cuando se aplica de forma continuada mediante riegos de suplementación cada 15 días.

Durán (2022), en su estudio sobre bioestimulantes en vivero de Granada (*Punica granatum*), reportó que Radiflex (*Ecklonia maxima*) obtuvo mayor significancia en desarrollo radicular frente a otros bioestimulantes, resultado coherente con la posición de T2 en el presente estudio, donde *Ecklonia maxima* ocupó consistentemente el segundo lugar en las variables radiculares desde los 80 días. El mecanismo de acción del extracto de *Ecklonia maxima* ha sido

asociado a la presencia de manitol y betaínas, compuestos que actúan como osmoprotectores y promotores de la división celular en la zona rizogénica (Taiz *et al.*, 2015).

La superioridad de *Ascophyllum nodosum* (T3) en la biomasa radicular a los 120 días, con un incremento de 179.0% en peso fresco y de 186.6% en peso seco respecto al testigo, puede explicarse por la composición química de este extracto: las citocininas, auxinas endógenas, giberelinas y polisacáridos del alga actúan de forma sinérgica estimulando la proliferación del sistema radicular durante el período de establecimiento (Davies *et al*., 2018). Este resultado es coherente con los trabajos de Barrios *et al*. (2023), quienes observaron que la dosis más alta de *Ascophyllum nodosum* (2.0 L/ha) generó un incremento del 16% en el diámetro del tallo en pitahaya, lo que implica un mayor vigor vegetativo y radicular en las plantas tratadas. Los riegos de suplementación cada 15 días aplicados en el presente estudio constituyen un factor adicional que diferencia metodológicamente a T2 y T3 de T1, lo que amplifica su efecto acumulativo a lo largo del período experimental.

6.2 Efecto de los enraizadores sobre el desarrollo vegetativo

6.2.1 Respuesta temprana de Root-Hor en la brotación inicial

A los 40 días, Root-Hor (T1) registró la mayor longitud de brote (45.07 cm), compartiendo el grupo superior (a) con T3 (38.42 cm) y superando significativamente a T2 (35.89 cm) y al testigo (33.03 cm). Esta respuesta evidencia que la acción auxínica del Root-Hor no solo estimula el enraizamiento sino también activa mecanismos de crecimiento apical en los cladodios durante la fase de establecimiento. Justino *et al*. (2024) reportaron que el uso de AIB incrementó significativamente el número de brotes y la biomasa de cladodios de *Hylocereus guatemalensis*, lo que concuerda con el mayor crecimiento vegetativo inicial observada en T1 en el presente estudio.

Sin embargo, el análisis de biomasa de brote a los 40 días revela que T3 ya presenta el mayor peso fresco (67.78 g) y peso seco (7.17 g), superando incluso a T1 (61.46 g y 6.19 g respectivamente) aunque sin diferencia estadística significativa entre ellos en estas variables. Este dato anticipaba la tendencia posterior, sugiriendo que, mientras Root-Hor favorece la elongación del brote en la fase inicial, Algax estimula desde los primeros días un mayor volumen y acumulación de biomasa.

6.2.2 Separación completa entre tratamientos a partir de los 80 días

El hallazgo más relevante del estudio en cuanto al desarrollo vegetativo es la separación estadística completa entre los cuatro tratamientos a partir de los 80 días para las variables de longitud y biomasa de brote: T3 (a) > T2 (b) > T1 (c) > T0 (d). Esta separación en cuatro grupos homogéneos distintos, con el estadístico F más alto de todo el experimento ($F = 85.23$; $p < 0.0001$), indica que cada enraizador promueve un nivel de respuesta vegetativa cualitativamente diferente.

A los 80 días, T3 alcanzó 80.13 cm de longitud de brote, un incremento de 182.2% sobre el testigo (28.39 cm). Barrios *et al*. (2023) reportaron que la aplicación de *Ascophyllum nodosum* a la dosis más alta incrementó en 19% la longitud de brotes en pitahaya respecto al control, diferencia considerable, aunque inferior a la observada en el presente estudio. Esta discrepancia puede atribuirse al método de aplicación: mientras Barrios *et al.* (2023) aplicaron el extracto como aspersión foliar en plantas adultas ya establecidas, en el presente estudio la inmersión inicial de los cladodios combinada con riegos de suplementación cada 15 días desde los primeros días postplantado maximizó la absorción de los principios activos del alga durante la etapa crítica de enraizamiento y brotación.

La consistencia de estos resultados con los de Alegre, (2024), quien reportó que la dosis de 10 ml/L de Algax (*Ascophyllum nodosum*) mostró un aumento significativo en altura, diámetro, longitud de raíz y número de hojas en plántulas de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de vivero en la UNALM, refuerza la efectividad de esta dosis —que corresponde exactamente a T3 en el presente estudio— como la más apropiada para maximizar el desarrollo de plántulas en condiciones de vivero, independientemente de la especie evaluada.

Furtuoso y Laconski (2023) en su estudio con semillas de pitaya variedad BRS Granada, encontraron que el tratamiento con *Ascophyllum nodosum* a 4 ml/kg aumentó significativamente la masa fresca y seca de las plántulas, mientras que la combinación de *A. nodosum* con *Ecklonia maxima* a 6 ml/kg favoreció la calidad de plántulas normales y redujo plántulas anormales. Aunque los métodos de aplicación difieren (tratamiento de semillas vs. aplicación a cladodios), la superioridad de los extractos algales en la acumulación de biomasa de la parte aérea es un patrón común a ambos estudios.

6.2.3 Consolidación de la superioridad de T3 a los 120 días

A los 120 días, T3 (Algax, *Ascophyllum nodosum*, 10 ml/L) consolidó su liderazgo en todas las variables vegetativas: 73.48 cm de longitud de brote (+91.7% sobre T0), 220.94 g de peso fresco (+194.0% sobre T0) y 22.81 g de peso seco (+188.4% sobre T0). Respecto a T1 (Root-Hor), T3 superó en 48.4% la longitud de brote, 59.3% el peso fresco y 67.0% el peso seco.

Esta superioridad progresiva y sostenida de T3 hasta el final del experimento contrasta con el comportamiento de T1, cuyo efecto fue más pronunciado en la fase inicial (40 días) pero mostró un crecimiento comparativamente menor en los períodos posteriores. El patrón observado sugiere que las auxinas sintéticas de Root-Hor generan un efecto de inicio rápido pero limitado en duración, mientras que los componentes bioactivos de *Ascophyllum nodosum* incluyendo citoquininas, giberelinas, betaínas, polisacáridos y micronutrientes actúan de manera sinérgica y acumulativa, mejorando no solo el crecimiento sino también la fisiología integral de la planta (Davies *et al.*, 2018; Taiz *et al* 2015).

Ali *et al.* (2022) en un diseño factorial con diferentes concentraciones de IBA y longitudes de esqueje en pitaya en condiciones de campo abierto en India, encontraron que IBA a 7 000 ppm con esquejes de 20 cm promovió el mayor enraizamiento y crecimiento de brotes, con el mejor porcentaje de supervivencia. Si bien sus condiciones experimentales difieren de las del presente estudio (sustrato, especie y método de aplicación), la coincidencia en que el tratamiento auxínico de mayor concentración favorece el crecimiento inicial, pero que el desarrollo a largo plazo depende de factores adicionales como el sustrato y la complementación nutricional, valida indirectamente la estrategia de suplementación continuada con extracto algal empleada en T2 y T3.

6.3 Comparación entre enraizadores naturales: T2 vs. T3

Aunque T3 (*Ascophyllum nodosum*) fue consistentemente superior a T2 (*Ecklonia maxima*) en la mayoría de variables a partir de los 80 días, las diferencias entre ambos extractos algales fueron estadísticamente significativas principalmente en las variables de biomasa. Para la longitud de raíz a los 80 y 120 días, T2 y T3 compartieron el grupo homogéneo superior (a), sin diferencias estadísticas entre sí, lo que indica que ambos extractos son igualmente efectivos para estimular el crecimiento longitudinal del sistema radicular.

Esta distinción entre efectos en longitud versus efectos en biomasa es consistente con la diferente composición de los dos extractos: *Ecklonia maxima* contiene elevadas concentraciones de betaínas y manitol, compuestos asociados principalmente al alargamiento celular y la resistencia hídrica; mientras que *Ascophyllum nodosum* posee mayor concentración de citoquininas y giberelinas, hormonas directamente involucradas en la proliferación celular y la acumulación de biomasa (Durán, 2022; Lee & Chang, 2022) reportó que Radiflex (*Ecklonia maxima*) mostró mayor significancia en desarrollo radicular frente a otros bioestimulantes en Granada, resultado que coincide con la buena performance de T2 en longitud de raíz en el presente estudio.

La similitud entre T2 y T3 en longitud radicular (42.18 vs. 41.70 cm a los 80 días; 45.05 vs. 47.13 cm a los 120 días) sugiere que, para productores que prioricen la morfología del sistema radicular como indicador de calidad de plántula, el Kelpak (*Ecklonia maxima*) podría constituir una alternativa de menor costo al Algax, especialmente considerando que ambos generan resultados comparables en esta variable clave.

6.4 Respuesta del testigo y consideraciones sobre el sustrato

El testigo sin enraizador (T0) presentó el menor desarrollo radicular y vegetativo en todos los períodos y variables, conformando el grupo inferior (c) o (d) en las pruebas de Tukey. Sin embargo, su evolución a lo largo del tiempo de 8.97 cm de longitud radicular a los 40 días hasta 23.61 cm a los 120 días indica que los cladodios de *Hylocereus megalanthus* poseen una capacidad intrínseca de enraizamiento espontáneo en las condiciones de vivero establecidas (sustrato de arena 50%, compost 30%, cascarilla de arroz 18% y yeso agrícola 2%). Esta capacidad natural, descrita previamente para otras cactáceas Justino *et al.* (2024), justifica la ausencia de mortalidad en el testigo, pero subraya la necesidad de los enraizadores para obtener plántulas de mayor calidad en menor tiempo.

El sustrato empleado en el presente estudio difiere de los utilizados en los trabajos revisados: Gomez (2023) usó arena (1:1) con vermicompost en *Hylocereus spp*., Freitas *et al*. (2021) emplearon arena y Plantmax en *H. undatus*, y Vargas (2023) utilizó un sistema hidropónico de raíces flotantes. A pesar de estas diferencias, los resultados son comparables en cuanto a tendencias generales, lo que sugiere que el efecto de los enraizadores estudiados es relativamente independiente del sustrato empleado, dentro del rango de condiciones evaluadas.

6.5 Implicancias para la hipótesis de investigación

Los resultados obtenidos permiten confirmar las hipótesis específicas planteadas en el estudio:

- Hipótesis específica 1 (desarrollo radicular): Confirmada. La aplicación de enraizadores favoreció significativamente el desarrollo radicular de *H. megalanthus* var. American Beauty en los tres períodos evaluados. T3 (Algax) alcanzó los mayores valores de longitud (47.13 cm), peso fresco (23.63 g) y peso seco de raíz (7.08 g) a los 120 días, con diferencias altamente significativas respecto al testigo ($p < 0.01$).
- Hipótesis específica 2 (desarrollo vegetativo): Confirmada. La aplicación de enraizadores favoreció significativamente el desarrollo vegetativo, con T3 registrando los mayores valores en longitud de brote (73.48 cm), peso fresco (220.94 g) y peso seco de brote (22.81 g) a los 120 días, con separación estadística completa entre todos los tratamientos ($p < 0.01$).
- Hipótesis general: Confirmada. La aplicación de enraizadores favorece la propagación *Hylocereus megalanthus* var. American Beauty en vivero. Algax (*Ascophyllum nodosum*, 10 ml/L) con riegos de suplementación cada 15 días resultó el tratamiento más efectivo para ambas dimensiones evaluadas.

VII. CONCLUSIONES

Se concluyó que la aplicación de enraizadores influyó significativamente en el desarrollo radicular y vegetativo de la pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty, aceptándose la hipótesis planteada en la investigación. El tratamiento T3 (*Ascophyllum nodosum* a 10 mL/L) presentó la mayor eficiencia agronómica bajo condiciones de vivero.

Se determinó que el tratamiento T1 (Root-Hor) favoreció el desarrollo radicular en la fase inicial del experimento (40 dds); sin embargo, los tratamientos T2 y T3 demostraron un efecto más sostenido y eficiente a partir de los (80 dds) después del plantado, destacando T3 por su mayor acumulación de biomasa radicular.

Se comprobó que el tratamiento T3 promovió significativamente el desarrollo vegetativo de los cladodios, alcanzando los mayores valores en longitud de brote y biomasa vegetal en comparación con los demás tratamientos evaluados.

Se confirmó que los bioestimulantes a base de algas marinas presentaron mayor eficiencia que el enraizador químico al final del experimento (120 dds), estableciéndose el siguiente orden de efectividad: T3 > T2 > T1 > T0.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del tratamiento T3 (Algax a 10 mL/L) para la propagación de pitahaya en vivero, debido a su superioridad en el desarrollo radicular y vegetativo.
2. Se recomienda emplear el tratamiento T1 (Root-Hor) durante la fase inicial de propagación, en situaciones donde se requiera una rápida emisión de raíces, complementándolo posteriormente con bioestimulantes naturales.
3. Se recomienda realizar aplicaciones periódicas de extractos de algas marinas cada 15 días, debido a su efecto sostenido en el crecimiento y vigor de las plantas.
4. Se recomienda replicar la investigación en otras zonas agroecológicas y con diferentes variedades de pitahaya, con la finalidad de validar la consistencia de los resultados.
5. Se recomienda evaluar la combinación de enraizadores químicos y bioestimulantes naturales para determinar posibles efectos sinérgicos en la propagación.
6. Se recomienda incluir en futuras investigaciones variables fisiológicas y productivas que permitan profundizar el conocimiento sobre el efecto de los bioestimulantes en el rendimiento del cultivo.

IX. REFERENCIAS

Alegre, M. (2024). *Extracto de algas marinas (Ascophyllum nodosum) y crecimiento de plantulas de cafè en viviero*. [Universidad Nacional Agraria La Molina].

Ali, S. I., Kumar, T. S., Kumar, A. K., Joshi, V., & Kumar, B. N. (2022). *Studies on effect of different concentrations of IBA and length of cuttings on rooting and shoot growth performance in dragon fruit Hylocereus spp . -red flesh with pink skin under Telangana conditions*. *January*.

Andrade, J. L., Barrera, E. de la B., García, C. R., Ricalde, M. F., Vargas, G. S., & Carlos, C. (2019). El metabolismo ácido de las crasuláceas : diversidad , fisiología ambiental y productividad. *Ecofisiologia*, *50*, 37–50.

Barquero, E. G., & Madrigal, Q. (2010). *Tecnología en Marcha* (Vol. 23).

Barrios, M., Apaez, P., Escalante, J., & Montaño, Y. (2023). *Crecimiento de dos variedades de pitahaya (Hylocereus monacanthus e Hylocereus ocamponis) con aplicación de Ascophyllum nodosum*. 85–91.

Carhuatocto, J. (2022). *Propagaciòn vegetetativa de Dendrocalamus asper (Schult.)Backer aplicando dos concentraciones del regulador de crecimiento "Root Hor" en el destrito de Jaen, Provincia Jaen-Cajamarca 2020*. [Universidad Nacional de Jaen].

Cevallos Mancias, K. (2022). *Caracterización morfológica en el cultivo de pitahaya (Hylocereus spp) en el Ecuador* [Universidad Tècnica de Babahoyo]. https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11373/E-UTB-FACIAG-ING AGROP-000205.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Coello, A., & Hernàndez, C. (2016). *El cultivo de la pitaya* (S. T. de A. y D. Rura (ed.)). https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11373/E-UTB-FACIAG-ING AGROP-000205.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz, J., Rodríguez, L., Ortiz, R., Fonseca, M., & Ruíz, G. (2015). *Pitahaya (Hylocereus spp.) un recurso fitogenetico con historia y futuro para el tròpico seco mexicano. 36*, 67–76.

Davies, F. T., Wilson, S. B., & Geneve, R. L. (2018). Hartmann and Kester ' s Principles and Practices of Plant Propagation : A Sneak Preview of the 9 th Edition ©. *Acta Horticulturae*,

1–15.

Durán, N. R. (2022). *Efecto de los biostimulante en el desarollo vegetativo de la granada (Punica granatum L.) en condiciones de viviro del CIFO UNHEVAL - Huànuco*. [Universidad Nacional Henrmilio Valdizàn].

Enciso, T. O., Zazueta, M. E. I., Rangel, M. D. M., Torres, J. B. V., Romero, M. V., & Verdugo, S. H. (2022). Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (Hylocereus undatus Haw.) cosechados en tres estados de madurez. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *34*(1), 63–72.

Fluctuante. (2024, August 12). *Pitahaya peruana: ¡Un millón de dólares en exportaciones!* https://fluctuante.lat/agroexportaciones/2024/08/12/pitahaya-peruana-un-millon-de-dolares-en-exportaciones/

Freitas, F. R. De, Brighenti, A. F., Denchinsky, M., Coutinho, C., Voltolini, J. A., Teixeira, I., Malohlava, C., Camponogara, T., & Borini, A. (2021). *Efeito de extrato de algas no enraizamento de estaca de pitaia*. 34–36.

Furtuoso, V., & Laconski, J. (2023). *Extrato de algas marinhas no tratamiento de sementes de pitaya BRS Granada do cerrado*.

García, F., Simón, S., Navarro, V., & Alfosea, M. (2022). Scientific Advances in Biostimulation Reported in the 5th Biostimulant World Congress. *Horticulturae*, *8*(7). https://doi.org/10.3390/horticulturae8070665

Gomes, E., Vieira, L., Tomasi, J., Tomazzoli, M., Grunennvaldt, R., Fagundes, C., & Machado, R. (2018). Brown seaweed extract enhances rooting and roots growth on Passiflora actinia Hook stem cuttings. *Ornamental Horticulture*, *24*(3), 269–276. https://doi.org/10.14295/oh.v24i3.1221

Gomez, E. (2023). *Dosis de Root-Hor, tamaño de esquejes y sustratos en la propagaciòn vegetativa de pitahaya (Hylocereus spp.) variedad physical Graffiti en condiciones controladas de irrigaciòn Majes*. [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

Gomez, K. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research* (N. Y. John Wiley and Sons (ed.); 2nd Editio).

IICA. (2018). *La Pitahaya o Fruta del Dragón se fomenta significativamente en la República Dominicana*. Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura. https://iica.int/es/prensa/noticias/la-pitahaya-o-fruta-del-dragon-se-fomenta-significativamente-en-la-republica

Justino, L., Alcineide, M., Conceicao, S., Lopez, S., & Costa, R. (2024). *Comprimento e aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de pitaya (Hylocereus guatemalensis) Length and application of indolbutyric acid in the rooting of pitaya cuttings (Hylocereus guatemalensis)*. 6672–6683. https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-401

Lee, Y. C., & Chang, J. C. (2022). Development of an Improved Micropropagation Protocol for Red-Fleshed Pitaya 'Da Hong' with and without Activated Charcoal and Plant Growth Regulator Combinations. *Horticulturae*, *8*(2). https://doi.org/10.3390/horticulturae8020104

Llerena, A. (2020). *Agricultura digital en el cultivo de Pitahaya*. *VII*(2), 26.

López-medina, S. E., Mostacero-león, J., & Vásquez-boyer, C. A. (2023). *Efecto del ácido indolbutírico en la propagación de Hylocereus undatus " pitahaya " bajo condiciones de invernadero Effect of indole butyric acid on the propagation of Hylocereus undatus " pitahaya " under greenhouse conditions*. *20*(4), 341–346.

Montesinos, L. P., Fernández, A. G., & Rodríguez, J. S. (2015). Sistemas de propagación en cactáceas de valor comercial. *Revista Agrícola de Cultivos Tropicales*, *30(2)*, 12–20. https://doi.org/https://doi.org/10.1234/ract.v30i2.5678

Montgomery, D. (2019). *Design and Analysis of Experiments, 10th Edition*.

Ortega, A., León, M., & Rosas, R. (2018). Producción de pitahaya para promover el desarrollo regional y sustentable. *Agenda Pública Para El Desarrollo Regional, La Metropolización Y La Sostenibilidad*, *3*, 79–92. http://ru.iiec.unam.mx/4299/

Pandey, L., Verma, R. S., Shukla, K. K., Shukla, J. K., & Pathak, S. (2022). Effect of IBA and NAA on Rooting of Stem Cutting in Dragon Fruit [Hylocereus undatus (Haworth) Britton & Rose]. *Journal of Experimental Agriculture International*, *August*, 1–6. https://doi.org/10.9734/jeai/2022/v44i630825

Raffo, L. A., Beltran, D. S., & Torres, L. A. (2021). Producción de pitahayas con manejo

orgánico y convencional: Una propuesta de sustentabilidad. *Polo Del Conocimiento*, *6*(11), 1004–1021. https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3312

Rehman, A., Muhammad, F., Lee, D.-J., & H, Kadambot, M. S. (2022). Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services. *Environmental Science and Pollution*, *29(56)*, 84076–84095. https://doi.org/10.1007/s11356-022-23635-z

Rodriguez, N. P. (2022). *Evaluaciòn de sustratos y dosis de root-hor en el enraizamiento estacas de Persea americana (Palto) en Tingo Marìa*. Universida Nacional Agraria De La Selva.

Salkind, N. J. (2021). *Explorando la investigación*.

Sampieri, H., Collado, F., Lucio, B., & Mendoza, T. (2018). *Metodología de la Investigación*.

Shipley, B., & Vu, T. T. (2020). Dry matter content as a measure of dry matter concentration in plants and their parts. *New Phytologist*, *153*(2), 359–364. https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00320.x

Siregar, L. A. M., ANGKAT, N. U., & DAMANIK, R. I. (2021). Characterization and evaluation of the variability of dragon fruit accessions in Dairi District, North Sumatra Province, Indonesia. *Nusantara Bioscience*, *13*(1), 138–145. https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n130118

Suárez, R. (2011). Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus) (Haw.) Britt & Rose; y pitahaya roja (Hylocereus polyrhizus) (Haw.) Britt & Rose [Universidad Nacional de Colombia]. In *Repositorio UNAL*. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1710/1/TIC_A03D.pdf

Sun, J., Li, H., Chen, H., Wang, T., Quan, J., & Bi, H. (2023). The Effect of Hormone Types, Concentrations, and Treatment Times on the Rooting Traits of Morus ‘Yueshenda 10’ Softwood Cuttings. *Life*, *13*(4). https://doi.org/10.3390/life13041032

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Fisiología y desarrollo de las plantas* (A. Sinauer (ed.); 6.a edició). Natural Science.

Vargas, G., & López, R. (2020). *Guía técnica del cultivo de pitahaya (Hylocereus megalanthus) en la región Amazona*. http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1052

Vargas, J. (2023). *Propagación asexual de pitahaya (hylocereus undatus) por medio hidropónico de raices flotantes con dos enraizantes en la provincia de camaná, departamento de arequipa. Universidad católica de santa maría*. [Universidad Católica de Santa Maria].

Vega Cevallos, T. L., Iza-iza, S. P., Ledesma Garcia, F., & Jacome Pilco, C. (2023). *Utilización Industrial de la pitahaya (Hylocerus undatus)*. 98–109. https://doi.org/doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1693 V8-N3

Vega, E., Alvarado, K., Mora, J., Trujillo, V., & Rojas, J. (2021). *Evaluaciòn de tamaño de cladodios y bio-estimulantes de enraizamiento para la propagacion de pitahaya*. *45*(2), 29–40. www.mag.go.cr/rev agr/index.html

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

X. ANEXO

Anexo 01: Matriz de consistencia

<table>
<tr><th colspan="7">“Aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha”</th></tr>
<tr><th>PROBLEMA GENERAL</th><th>OBJETIVO GENERAL</th><th>HIPÓTESIS GENERAL</th><th>VARIABLES</th><th>INDICADORES</th><th>ÍNDICE</th><th>METODOLOGÍA</th></tr>
<tr><td>¿Cómo influye la aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha?</td><td>Determinar la influencia de la aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.</td><td>La aplicación de enraizadores influye significativamente en la propagación de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.</td><td>VARIABLE INDEPENDIENTE

Aplicación de Enraizadores</td><td>T0: Control
T1: Root- Hoor
T2: Kelpak
T3: Algax</td><td>T0: Control
T1: (1.25ml/L)
T2: (5 ml/ L)
T3: (10 ml/ L)</td><td rowspan="5">Tipo de investigación: Aplicada, de enfoque cuantitativo.
Nivel de investigación: Explicativo.
Método: Experimental.
Diseño: DCA con 4 tratamientos y 3 repeticiones.
Población; 480 plantas.
Muestra: 6 plantas por unidad experimental con un total, de 216 plantas muestreadas., evaluados en vivero.
Técnica: Observación directa.
Instrumentos: Ficha de datos, regla milimétrica, balanza y estufa.
Análisis: ANOVA y Tukey (α = 0.05).</td></tr>
<tr><th>PROBLEMAS ESPECÍFICOS 1</th><th>OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1</th><th>HIPÓTESIS ESPECIFICA 1</th><th rowspan="3"></th><th rowspan="3"></th><th rowspan="3"></th></tr>
<tr><td>- ¿Cómo influye la aplicación de enraizadores en el desarrollo radicular de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha?</td><td>- Determinar la influencia de la aplicación de enraizadores en el desarrollo radicular de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.</td><td>La aplicación de enraizadores influye significativamente en el desarrollo radicular de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.</td></tr>
<tr><th>PROBLEMAS ESPECÍFICOS 2</th><th>OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2</th><th>HIPÓTESIS ESPECIFICA 2</th></tr>
<tr><td>¿Cómo influye la aplicación de enraizadores en el desarrollo vegetativo de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha?</td><td>Determinar la influencia de la aplicación de enraizadores en el desarrollo vegetativo de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.</td><td>La aplicación de enraizadores influye significativamente en el desarrollo vegetativo de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Larán – provincia de Chincha.</td><td>VARIABLE DEPENDIENTE

Propagación de la Pitahaya

Desarrollo radicular

Desarrollo vegetativo</td><td>Longitud de raíz

Peso de masa radicular fresco

Peso seco de la raíz

Longitud de brote

Peso fresco del brote

Peso seco del brote</td><td>cm

g

g

cm

g

g</td></tr>
</table>

Anexo 02: Ficha de recolección de datos

FICHA DE EVALUACIÓN DE ESTUDIO

Fecha de evaluación: ……

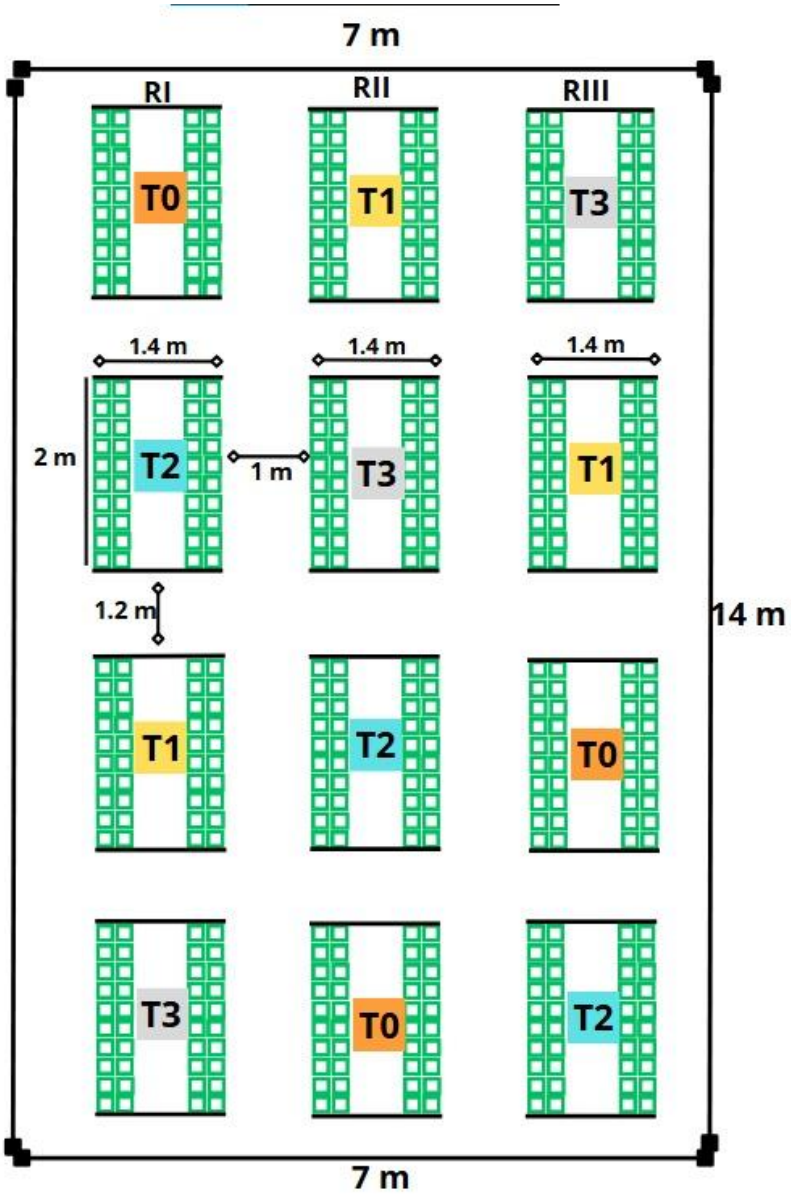
Nombre del evaluador: ……

Variable	**Primera evaluación (40 días)**																	
	T1: Root-Hoor						**T2: Kelpak**						**T3: Algax**					
Nº de plantas evaluadas	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Longitud de raíz primaria																		
Peso de masa radicular fresco																		
Peso seco de la raíz																		
Longitud de brote																		
Peso fresco del brote																		
Peso seco del brote																		
Variable	**Segunda evaluación (80 días)**																	
	T1: Root-Hoor						**T2: Kelpak**						**T3: Algax**					
Nº de plantas evaluadas	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Longitud de raíz primaria																		
Peso de masa radicular fresco																		
Peso seco de la raíz																		
Longitud de brote																		
Peso fresco del brote																		
Peso seco del brote																		
Variable	**Segunda evaluación (120 días)**																	
	T1: Root-Hoor						**T2: Kelpak**						**T3: Algax**					
Nº de plantas evaluadas	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Longitud de raíz primaria																		
Peso de masa radicular fresco																		
Peso seco de la raíz																		
Longitud de brote																		
Peso fresco del brote																		
Peso seco del brote																		

Anexo 03: Croquis del área de investigación

Figura 13.

Croquis de distribución del área experimental.



Nota: Elaboración propia

Anexo 04: Evaluación del desarrollo de (*Hylocereus megalanthus*) variedad American Beauty en cada etapa.

Figura 14.

Comparación del desarrollo de los cladodios entre el tratamiento testigo (T0) y tratamientos – 40 días.

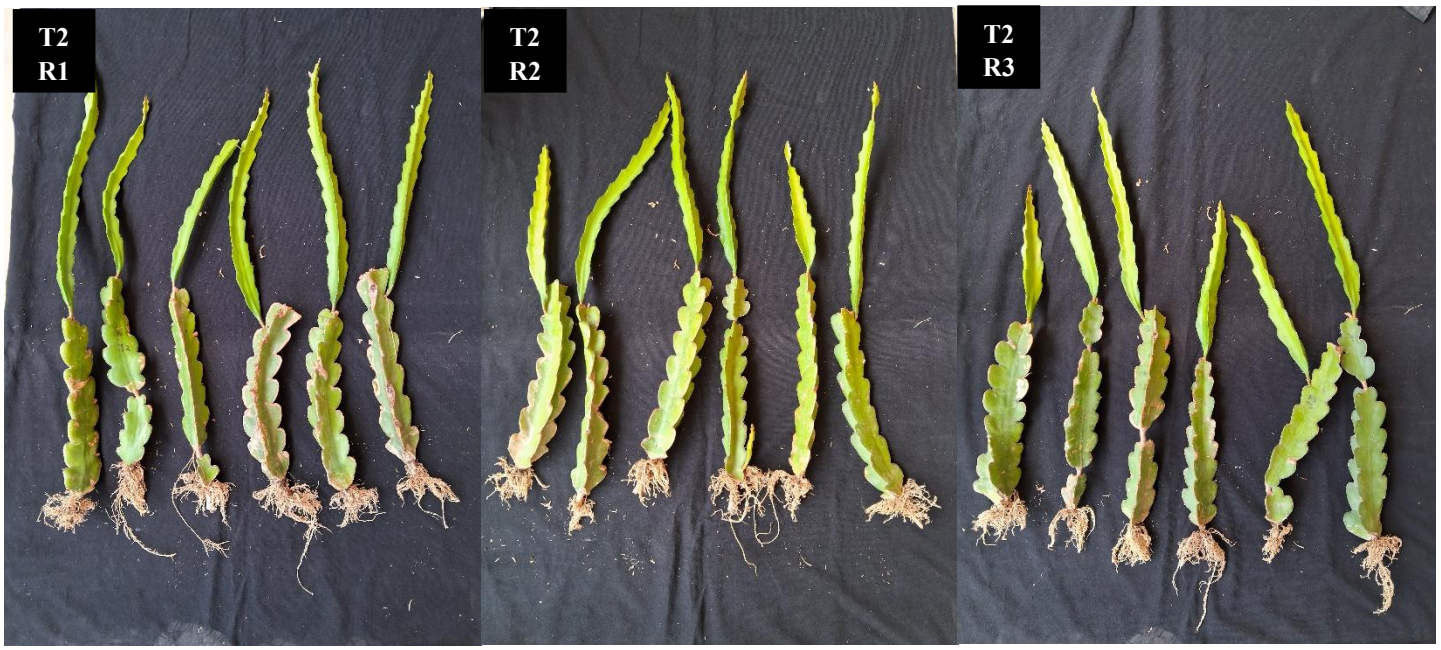
TESTIGO SIN TRATAMIENTO - (40 DÍAS)



TRATAMIENTO 01 - ROOT HOR - (40 DIAS)



TRATAMIENTO 02 - *Ecklonia maxima*- (40 DIAS)



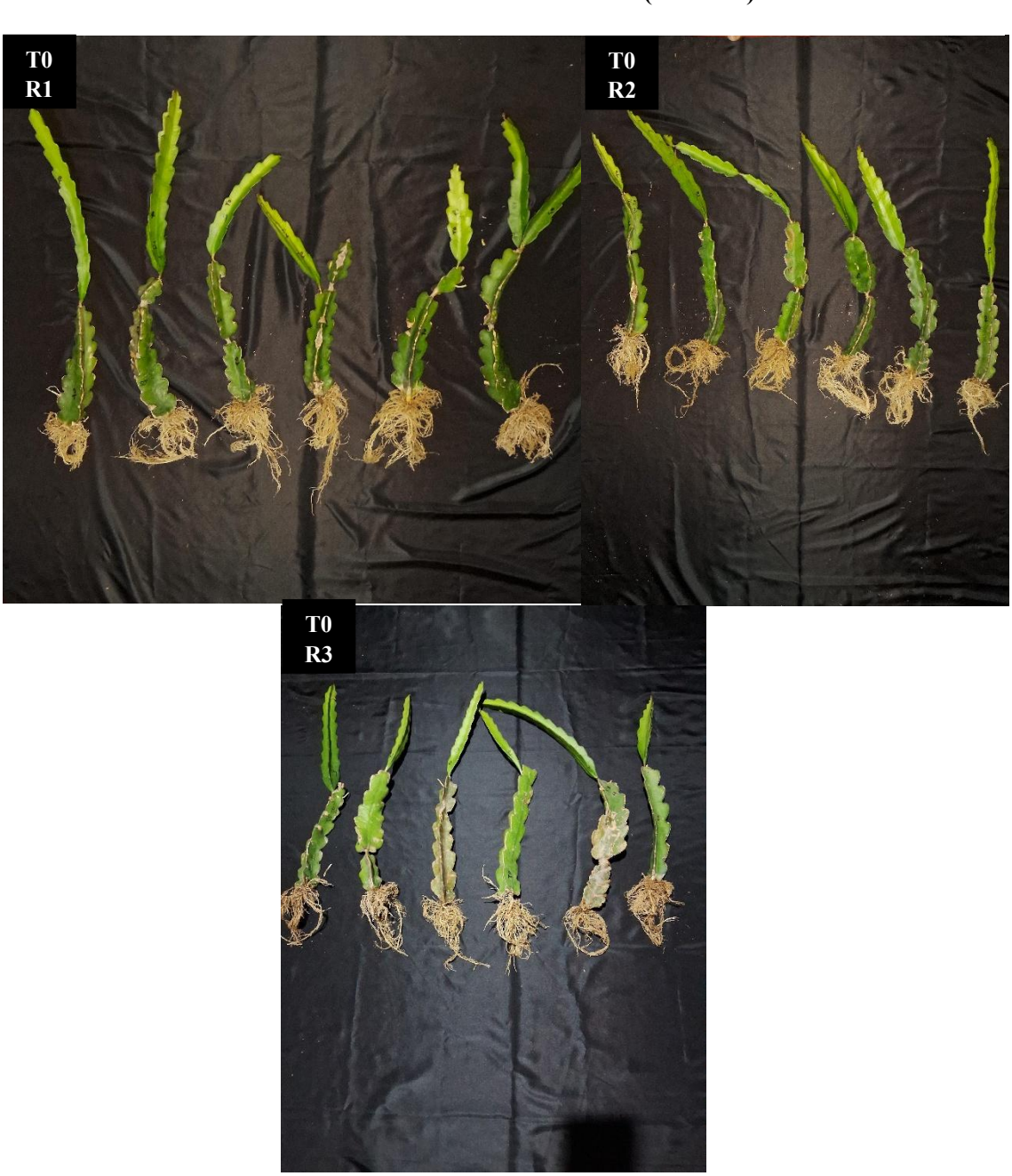
TRATAMIENTO 03 - *Ascophyllum nodosum* - (40 DIAS)



Nota: A los 40 días se observa que el tratamiento T1 (Root-Hor) presenta brotes más largos, en comparación al testigo, mientras que T2 (*Ecklonia maxima*) inicia con mayor cantidad de raíces finas. El tratamiento T3 (*Ascophyllum nodosum*) muestra un desarrollo intermedio, con brotes más cortos, pero con buena emisión de raíces.

Figura 15.

Comparación del desarrollo de los cladodios entre el tratamiento testigo (T0) y tratamientos - 80 días



TRATAMIENTO 01 - ROOT HOR - (80 DIAS)



TRATAMIENTO 02 - *Ecklonia maxima*- (80 DIAS)



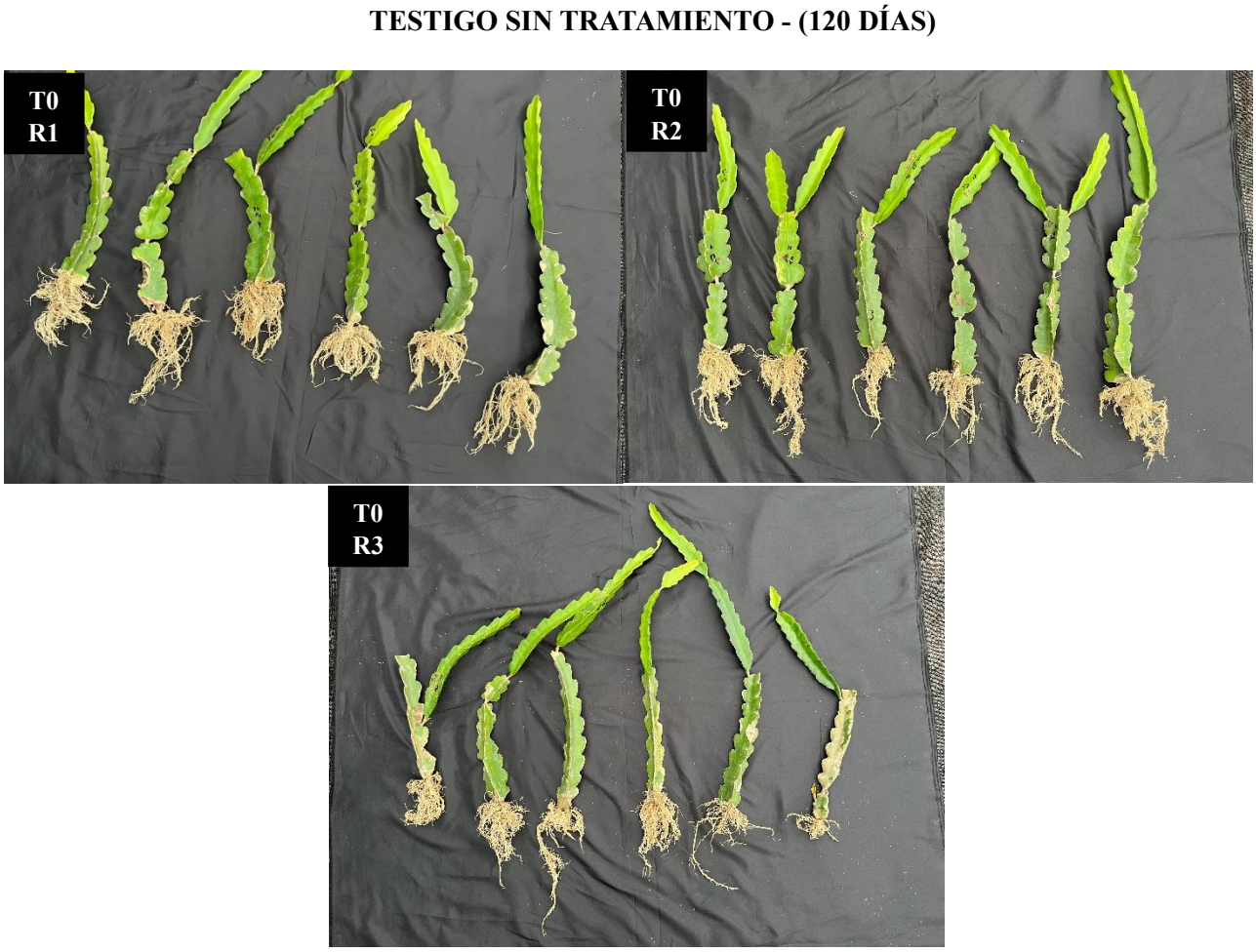
TRATAMIENTO 03 - *Ascophyllum nodosum* - (80 DIAS)



Nota: A los 80 días, el testigo muestra brotes de 12–14 cm, mientras que los tratamientos alcanzan longitudes mayores: T1 supera los 40 cm, T2 alrededor de 52 cm y T3 cerca de 78 cm. Se evidencia mayor vigor y densidad radicular en los tratamientos con enraizadores, en contraste con el crecimiento limitado del testigo.

Figura 16.

Comparación del desarrollo de los cladodios entre el tratamiento testigo (T0) y tratamientos - 120 días



TRATAMIENTO 02 - *Ecklonia maxima*- (120 DIAS)



TRATAMIENTO 03 - *Ascophyllum nodosum* - (120 DIAS)



Nota: A los 120 días, los cladodios tratados presentan un sistema radicular más robusto y extenso. El tratamiento T2 destaca con raíces de mayor longitud (> 42 cm) y brotes vigorosos de 59 cm, seguido por T1 con brotes de 47 cm y T3 con una longitud de raíces (>46 cm) y brotes de (>78 cm). El testigo mantiene un desarrollo limitado, con raíces más cortas y menor biomasa en comparación a los tratamientos.

Anexo 05: Reporte de originalidad de turnitin.



"Aplicación de enraizadores en la propagación de Pitahaya (Hylocereus megalanthus) variedad American Beauty en un vivero en Alto Laran – provincia de Chincha" - Fuentes Flores Henry Alexander - TESIS.

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	15%	4%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	apirepositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional de Cañete Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.undc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	1%