



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO
RUIZ GALLO**
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
BOTÁNICA**



TESIS

Mejora vegetativa y productiva de *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose
“pitahaya”, mediante oxifertirrigación en Mórrope-Lambayeque-2024

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencias Biológicas -
Botánica

Autor

Estela Nuñez Edson Yamil

Asesor

MSc. Ayasta Varona José Eliseo

Lambayeque, Perú

15 de diciembre de 2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ
GALLO**
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
BOTÁNICA**



TESIS

Mejora vegetativa y productiva de *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose
“pitahaya”, mediante oxifertirrigación en Mórrope-Lambayeque-2024

Autor:

Bach. Edson Yamil Estela Nuñez

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencias Biológicas -
Botánica

Aprobado por:

Dr. Walter Wilfredo Díaz Pinillos
Presidente

MSc. Clara Aurora Cueva Castillo
Secretaria

MSc. Josefa Ecurra Puicón
Vocal

MSc. José Eliseo Ayasta Varona
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 080-2025 / FCCBB-UI

Siendo las 11:00 horas del día 19 de diciembre de 2025, en Sala de Sesiones - Sustentaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas se reunieron los miembros del Jurado designado mediante **Resolución N° 271-2025-FCCBB/D de fecha 26 de junio de 2025 y Resolución N° 372-2025-FCCBB/D de fecha 11 de agosto de 2025**, conformado por:

Dr. Walter Wilfredo Díaz Pinillos-Presidente

Mg. Clara Aurora Cueva Castillo-Secretaria

Mg. Josefa Escurra Puicón-Vocal

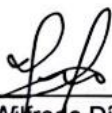
Mg. José Eliseo Ayasta Varona-Asesor

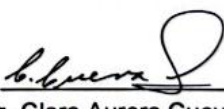
con la finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada: **Mejora vegetativa y productiva de *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose "pitahaya", mediante oxifertirrigación en Mórrope- Lambayeque-2024**, a cargo del Bachiller EDSON YAMIL ESTELA NUÑEZ.

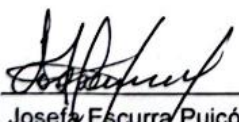
Sustentación autorizada mediante **RESOLUCIÓN N° 625-2025-FCCBB-D, de fecha 15 de diciembre de 2025** la misma que tuvo una duración de 30 minutos y luego de absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, obteniendo 19 puntos que equivale al calificativo de Muy bueno.

Por lo que el sustentante queda **APTO** para obtener el título profesional de **Licenciado en Ciencias Biológicas - Botánica** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Biológicas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:10pm horas se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.


Dr. Walter Wilfredo Díaz Pinillos
Presidente


Mg. Clara Aurora Cueva Castillo
Secretaria


Mg. Josefa Escurra Puicón
Vocal


Mg. José Eliseo Ayasta Varona
Asesor

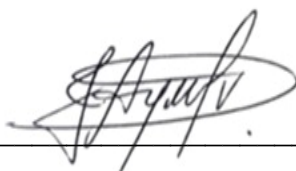
DECLARACIÓN JURADAD DE ORIGINALIDAD

Yo, MSc. José Eliseo Ayasta Varona; usuario revisor del informe de tesis titulado: **“Mejora vegetativa y productiva de *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose “pitahaya”, mediante oxifertirrigación en Mórrope-Lambayeque-2024”**; cuyo autor es, Bach. Edson Yamil Estela Núñez con DNI: 73006456; declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de 6.00 %, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecida en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 6 de noviembre del 2025



FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona

DNI: 17640845

ASESOR



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Edson Yamil Estela Nuñez
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Mejora Vegetativa y Productiva de *Hylocereus undatus* "pitaha...
Nombre del archivo: PARA_TURNITIN.docx
Tamaño del archivo: 19.55M
Total páginas: 116
Total de palabras: 20,800
Total de caracteres: 107,206
Fecha de entrega: 04-nov-2025 05:29p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2803633837

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de los actuales cultivos de interés en el mercado depende del manejo dado en campo, se sabe que las raíces tienen la capacidad de utilizar el oxígeno del suelo para generar un desarrollo eficaz de la planta. Debido a que la raíz se encuentra en una constante competencia por el oxígeno (O_2) frente a la actividad microbiana y las condiciones abióticas (salinidad del suelo, elevada temperatura, entre otras), su deficiencia trae como consecuencia una acelerada pérdida en el rendimiento de la planta, por lo que se hace necesario optar por estrategias que ayuden a potenciar la atracción en la rizosfera. Trabajos basados en la oxifertilización han reportado un mejoramiento no solo en el desarrollo vegetativo sino también en el productivo (Morales et al., 2020).

Es importante mencionar que la condición en la que pueda encontrarse el suelo es un indicador clave para estimar la disponibilidad de oxígeno, por lo mismo, las raíces respiran mejor cuando la disponibilidad de oxígeno en el suelo es suficiente, de manera que la productividad de los frutos no se vea afectada negativamente (Villanar y Ospina, 2000). Se sabe además que, la cantidad de oxígeno en el suelo suele ser limitada, lo que, a su vez, reduce a la raíz en estados conocidos como anoxia (sin presencia de oxígeno en el suelo) o hipoxia (contenido de oxígeno bajo) (Morales et al., 2020).

En cuanto a los requerimientos de oxígeno en frutos, se consideran algunos parámetros óptimos, los cuales, serían exigidos por la misma raíz, tal es el caso de la palta (*Persea sp.*) y el duraznero (*Prunus sp.*), los cuales requieren un 15% de oxígeno, por otro lado, el manzano (*Malus sp.*) y el peral (*Pyrus sp.*) requieren hasta un 5% (Morales y Fischer, 2014). Para cultivos como *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose "pitahaya", se hace necesario un riego de apoyo durante los dos primeros años, puesto que estimula el crecimiento vegetativo, de esa manera se corrige la necesidad de repotenciar el riego con

1

José Eliseo Ayasta Varona

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona

DNI: 17640845

ASESOR

Mejora Vegetativa y Productiva de *Hylocereus undatus* "pitahaya" mediante oxifertirrigación en Mórrope-Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

2

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

3

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

4

editorialeidec.com

Fuente de Internet

<1 %

5

repositorio.utm.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

6

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

7

repositorio.ugto.mx

Fuente de Internet

<1 %

8

Submitted to unasam

Trabajo del estudiante

<1 %

9

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

10

prezi.com

Fuente de Internet

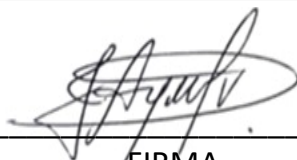
<1 %

11

repositorio.uladech.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %



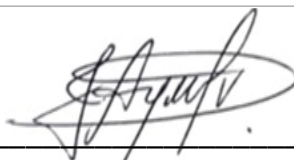
FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona

DNI: 17640845

ASESOR

12	pure.rug.nl Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	epi.minsal.cl Fuente de Internet	<1 %
15	diyys.catolica.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
16	ispa.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
17	periodicos.ufjf.br Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	revistaremaeitvo.mx Fuente de Internet	<1 %
20	cen.acs.org Fuente de Internet	<1 %
21	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
22	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
23	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to upec Trabajo del estudiante	<1 %



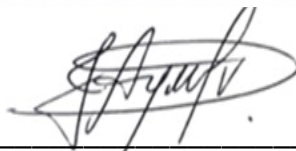
FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona

DNI: 17640845

ASESOR

27	Submitted to Escuela Nacional de Bellas Artes Trabajo del estudiante	<1 %
28	archive.org Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	<1 %
32	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
33	Victoria Sosa, Roger Guevara, Brandon E. Gutiérrez-Rodríguez, Catalina Ruiz-Domínguez. "Optimal areas and climate change effects on dragon fruit cultivation in Mesoamerica", The Journal of Agricultural Science, 2020 Publicación	<1 %
34	mastozoologiamexicana.com Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	www.incmnsz.mx Fuente de Internet	<1 %
37	pdfs.semanticscholar.org Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	saltonverde.com Fuente de Internet	



FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona
DNI: 17640845
ASESOR

		<1 %
40	www.bbc.com Fuente de Internet	<1 %
41	www.revista.ccba.uady.mx Fuente de Internet	<1 %
42	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
43	1library.co Fuente de Internet	<1 %
44	Pires, Ana Carolina Gonzaga. "Proteção de tubulações enterradas contra sobrecargas com utilização de geossintéticos", 2017 Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
46	bioseguridad.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
47	unijuanpablo.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	www.amarillasnaucalpan.net Fuente de Internet	<1 %
49	www.portalfruticola.com Fuente de Internet	<1 %
50	www.uam.es Fuente de Internet	<1 %
51	wwwlib.teiep.gr Fuente de Internet	<1 %
52	Gulnar Khazhgaliyeva, Alena Gura, Olga Eremeeva, Ekaterina Belyaeva. " Social	<1 % Jos



FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona
DNI: 17640845
ASESOR

adjustment of online learners in a
multicultural environment () ", Culture and
Education, 2023

Publicación

53 Javier Gerardo Zuzunaga Rosas. "Evaluación
del producto bioestimulante BALOX como
inductor de tolerancia en cultivos hptícolas
frente al estrés causado por el exceso de
sales solubles en suelos y aguas", Universitat
Politecnica de Valencia, 2024

Publicación

54 Kodad, Ossama. "Criterios de selección y de
evaluación de nuevas obtenciones
autocompatibles en un programa de mejora
genética del almendro (Prunus amygdalus
Batsch)", Centro de Investigación y Tecnología
Agroalimentaria de Aragón (Spain), 2023

Publicación

55 cenida.una.edu.ni <1 %

Fuente de Internet

56 igac.gov.co <1 %

Fuente de Internet

57 repositorio.unapiquitos.edu.pe <1 %

Fuente de Internet

58 repositorioslatinoamericanos.uchile.cl <1 %

Fuente de Internet

59 revistas.ucm.es <1 %

Fuente de Internet

60 worldwidescience.org <1 %

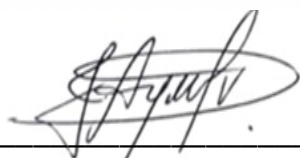
Fuente de Internet

61 www.cita-aragon.es <1 %

Fuente de Internet

www.scribd.com

Jc



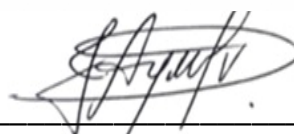
FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona

DNI: 17640845

ASESOR

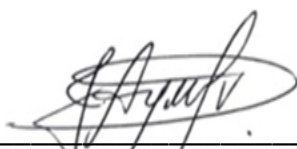
62	Fuente de Internet	<1 %
63	www.vromansbookstore.com Fuente de Internet	<1 %
64	Bhola R. Gurjar, Luisa T. Molina, C.S. P. Ojha. "Air Pollution - Health and Environmental Impacts", CRC Press, 2019 Publicación	<1 %
65	Tatiane Paschoal, José-Luis Álvaro, Juliana Barreiros-Porto. "The moderating effect of personal values in the relationship between working conditions and wellbeing / El efecto moderador de los valores personales en la relación entre condiciones de trabajo y bienestar", Revista de Psicología Social, 2015 Publicación	<1 %
66	biblioteca.uajms.edu.bo Fuente de Internet	<1 %
67	carlosnieto.com Fuente de Internet	<1 %
68	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
69	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
70	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
71	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
72	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
73	es.wsfertilizer.com Fuente de Internet	<1 %



FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona
DNI: 17640845
ASESOR

74	go.gale.com Fuente de Internet	<1 %
75	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
76	libros.iiec.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
77	ojs.ecologiaaustral.com.ar Fuente de Internet	<1 %
78	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
79	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
80	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
81	repositorio.uam.es Fuente de Internet	<1 %
82	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
83	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
84	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
85	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
86	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
87	www.avocadosource.com Fuente de Internet	<1 %
88	www.catie.ac.cr Fuente de Internet	<1 %



FIRMA

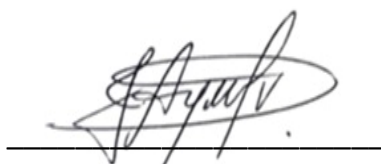
M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona
DNI: 17640845
ASESOR

89	www.dspace.uce.edu.ec:8080 Fuente de Internet	<1 %
90	www.eduself.com Fuente de Internet	<1 %
91	Razzaque. "Effect of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat", Fruits, 2001 Publicación	<1 %

Excluir citas
Excluir bibliografía

Activo
Activo

Excluir coincidencias Apagado



FIRMA

M. Sc. Blg. Bot. José Eliseo Ayasta Varona
DNI: 17640845
ASESOR

DEDICATORIA

Al dueño de mi existencia, Dios, por haberme permitido crecer dentro de una familia con fuertes lazos morales y amorosos, por darme constantemente salud para seguir perseverando en este camino que muchas veces resulta pedregoso.

A mi preciado padre Gonzalo Estela Campos, por su apoyo incondicional, por sus consejos y por ser el gran profesional que es. A mi amada madre Yolanda Nuñez Coronel, por recordarme constantemente mis logros y mis metas, por su humildad y por animarme siempre a no desmayar. A mis abuelos Lorenzo, Isabel, Glicerio y Belermina, por su amor incondicional.

A mis valiosos hermanos, Lourdes y Alexis, por ser un ejemplo constante en mi vida, por sus palabras de aliento y por motivarme siempre a ser un hombre de bien. A mi inteligente cuñada Carol y mi amoroso sobrino Fabiano, por su constante dedicación a las cosas que hacen.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, M.Sc. José Eliseo Ayasta Varona, por su interés, tiempo y sus conocimientos en la realización de este trabajo.

A la Empresa Agroexportadora Arena Verde S.A.C. por su confianza en mi persona y por permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones. Al Ingeniero Anthony Vines, por facilitarme todos los recursos necesarios para ejecutar el proyecto.

A la Dra. Marlene Cardozo Quinteros, por siempre motivarme a mirar alto, por corregirme y por su facilidad a darme todas las herramientas para elaborar un correcto proyecto de investigación.

Finalmente un agradecimiento a José Sandoval y a todas las personas anexas encargadas de ayudarme en el transporte y trabajo en campo, a todos ellos, gracias.

ÍNDICE GENERAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iv
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	xv
ÍNDICE GENERAL	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
RESUMEN..	xxi
ABSTRACT	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
I CAPÍTULO I. DISEÑO TEÓRICO	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Bases teóricas	8
II CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO	21
2.1 Diseño metodológico.....	21
2.2 Población y muestra.....	22
2.3 Variables de estudio.....	23
2.4 Operacionalización de variables	23
2.5 Hipótesis general	24
2.6 Técnicas, Instrumentos, Materiales, Equipos y Procedimientos	24
2.7 Principios éticos de la UNPRG	65
III CAPÍTULO III. RESULTADOS	68
IV CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN.....	110
V CONCLUSIONES.....	115
VI RECOMENDACIONES	116
VII REFERENCIAS	117
VIII ANEXOS	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Fechas programadas para los distintos flujos de cosecha</i>	50
Tabla 2 <i>Extracción de grupo de canastillas en cada flujo de cosecha</i>	61
Tabla 3 <i>Mediciones semanales de la temperatura del suelo</i>	69
Tabla 4 <i>Mediciones semanales del pH del agua de riego (S1-S17)</i>	76
Tabla 5 <i>Mediciones de semanales del pH del agua de riego (S19-S25)</i>	78
Tabla 6 <i>Medidas de las longitudes radiculares de la R1 de los grupos T0, T1 y T2 (S7-S19)</i>	80
Tabla 7 <i>Medidas de las longitudes radiculares de la R2 de los grupos T0, T1 y T2 (S7-S19)</i>	82
Tabla 8 <i>Medidas de las longitudes radiculares de la R3 de los grupos T0, T1 y T2 (S7-S19)</i>	84
Tabla 9 <i>Pesos (gr) de las raíces en fresco y en seco de los grupos T0, T1 y T2 en cada flujo de cosecha</i>	90
Tabla 10 <i>Porcentajes de humedad y absorción de las raíces de los grupos T0, T1 y T2</i>	92
Tabla 11 <i>Promedio de Brix° (azúcares acumulados) en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 8)</i>	93
Tabla 12 <i>Promedio de Brix° (azúcares acumulados) en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 13)</i>	95
Tabla 13 <i>Promedio de Brix° (azúcares acumulados) en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 27)</i>	96
Tabla 14 <i>Número promedio de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha</i>	98
Tabla 15 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del número de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación</i>	100
Tabla 16 <i>Número promedio de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha</i>	101
Tabla 17 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del número de frutos por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación</i>	103
Tabla 18 <i>Promedio general del número de flores por tratamiento y flujo de cosecha del cultivo de pitahaya bajo condiciones de oxifertirrigación</i>	105
Tabla 19 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del número promedio de flores por tratamiento y flujo de cosecha</i>	106
Tabla 20 <i>Promedio general del número de frutos por tratamiento y flujo de cosecha del cultivo de pitahaya bajo condiciones de oxifertirrigación</i>	107

Tabla 21 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del número promedio de frutos por tratamiento, considerando los flujos de cosecha como réplicas.....</i>	108
Tabla 22 <i>Presupuesto de bienes y servicios empleados en la investigación</i>	129
Tabla 23 <i>Matriz de operacionalización de las variables de estudio</i>	130
Tabla 24 <i>Matriz de consistencia</i>	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Diseño experimental aplicado en campo</i>	22
Figura 2 <i>Materiales y equipos empleados en campo</i>	27
Figura 3 <i>Equipos empleados en laboratorio</i>	28
Figura 4 <i>Distancia recorrida desde el distrito de Mórrope al Lote Norte (I+D)</i>	29
Figura 5 <i>Altitud del inicio y final del recorrido (Mórrope-Lote Norte I+D)</i>	30
Figura 6 <i>Vista satelital del recorrido desde el distrito de Mórrope al Lote Norte I+D de la empresa Arena Verde S.A.C.</i>	31
Figura 7 <i>Entrada principal al Lote Norte I+D de la empresa Arena Verde S.A.C.</i>	32
Figura 8 <i>Exploración del área de estudio</i>	33
Figura 9 <i>Colocación de los letreros de identificación por tratamientos y repeticiones</i>	34
Figura 10 <i>Posición de los rizotrones y las canastillas en campo</i>	35
Figura 11 <i>Instalación de rizotrones</i>	37
Figura 12 <i>Instalación de canastillas</i>	39
Figura 13 <i>Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) utilizado en la investigación</i>	40
Figura 14 <i>Aplicaciones de peróxido de hidrógeno semanales</i>	44
Figura 15 <i>Toma de mediciones de pH y temperatura del suelo</i>	45
Figura 16 <i>Anotaciones semanales en campo del mejoramiento vegetativo del cultivo</i>	47
Figura 17 <i>Cortes con bisturí a los cladodios seleccionados al azar</i>	48
Figura 18 <i>Evaluación y medida de Brix° a cladodios de pitahaya</i>	49
Figura 19 <i>Contabilización de flores y frutos alcanzados en cada flujo de cosecha</i>	50
Figura 20 <i>Corte adecuado del fruto de pitahaya</i>	52
Figura 21 <i>Proceso de cosecha y muestreo (primer flujo)</i>	52
Figura 22 <i>Proceso de cosecha y muestreo (segundo flujo)</i>	53
Figura 23 <i>Tercer flujo de cosecha</i>	55
Figura 24 <i>Pesado de frutos en balanza gramera digital</i>	56
Figura 25 <i>Toma de medidas polares y ecuatoriales de los frutos con vernier</i>	57
Figura 26 <i>Medida de la firmeza del fruto con un durómetro</i>	58
Figura 27 <i>Pasos para la medición del Brix°</i>	59
Figura 28 <i>Procedimiento para el cálculo de la acidez del fruto</i>	60
Figura 29 <i>Extracción de canastillas</i>	62
Figura 30 <i>Procesamiento de lavado y peso en fresco de las raíces</i>	63
Figura 31 <i>Procesamiento de pesado en seco de las raíces</i>	64

Figura 32	<i>Temperatura °C superficial e interna del rizotróon - Tiempo (semanas) del T0.</i>	70
Figura 33	<i>Temperatura °C superficial e interna del rizotróon - Tiempo (semanas) del T1.</i>	71
Figura 34	<i>Temperatura °C superficial e interna del rizotróon - Tiempo (semanas) del T2..</i>	72
Figura 35	<i>Temperaturas superficiales del T0, T1 y T2.....</i>	73
Figura 36	<i>Temperaturas del rizotróon del T0, T1 y T2</i>	74
Figura 37	<i>Mediciones del pH del agua de riego registrado semanalmente (S1-S17).....</i>	77
Figura 38	<i>Mediciones del pH del agua de riego registrado semanalmente (S19-S25).....</i>	78
Figura 39	<i>Amarillamiento y arrugamiento de los cladodios del T2.....</i>	79
Figura 40	<i>Crecimiento radicular de la R1 de los grupos T0, T1 y T2 observados en el vidrio del rizotróon... ..</i>	81
Figura 41	<i>Crecimiento radicular de la R2 de los grupos T0, T1 y T2 observados en el vidrio del rizotróon... ..</i>	83
Figura 42	<i>Crecimiento radicular de la R3 de los grupos T0, T1 y T2 observados en el vidrio del rizotróon... ..</i>	85
Figura 43	<i>Crecimiento radicular por tratamientos (T0, T1 y T2)</i>	86
Figura 45	<i>Raíces laterales en los rizotrones del T0, T1 y T2</i>	88
Figura 46	<i>Crecimiento radicular aéreo en cladodios del T2</i>	89
Figura 47	<i>Pesos (gr) en fresco de los grupos T0, T1 y T2 en cada flujo de cosecha</i>	90
Figura 48	<i>Porcentajes de absorción de las raíces de los grupos T0, T1 y T2.....</i>	92
Figura 49	<i>Medidas de Brix° registradas en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 8)... ..</i>	94
Figura 50	<i>Medidas de Brix° registradas en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 13).....</i>	95
Figura 51	<i>Medidas de Brix° registradas en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 27).....</i>	96
Figura 52	<i>Promedio del número de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación.....</i>	98
Figura 53	<i>Promedio del número de frutos por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación.....</i>	101
Figura 54	<i>Variación del número promedio de flores por tratamiento en los tres flujos de cosecha del cultivo de pitahaya</i>	105
Figura 55	<i>Variación del número promedio de frutos por tratamiento en los tres flujos de cosecha del cultivo de pitahaya</i>	108

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general, evaluar el mejoramiento del desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de Pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde. La metodología contempló un diseño experimental, con tres tratamientos (T0, T1 y T2) y tres repeticiones (R1, R2 y R3). Al T0 (testigo) no se le aplicó peróxido de hidrógeno, mientras que para el T1 y T2 la dosis aplicadas fueron 4 ppm y 8 ppm respectivamente, la aplicación fue manual y directa con inyecciones del producto al agua de riego. Para la evaluación del mejoramiento del desarrollo vegetativo se tomaron en cuenta características de longitud radicular y Brix° de los cladodios, para el mejoramiento del desarrollo productivo se consideraron la cantidad de flores y frutos obtenidos en cada flujo de cosecha (3 flujos), se anotaron características de Brix° /Acidez, firmeza, diámetro polar y ecuatorial, estado del fruto y código de calibre. Los resultados indicaron un mejoramiento significativo en el desarrollo vegetativo, evidenciándose principalmente en la biomasa radicular y su capacidad de absorción de agua. Se concluyó confirmando que la aplicación de la oxifertirrigación en el cultivo de Pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) mejoró significativamente las características de rendimiento vegetativo pero no las del desarrollo productivo.

Palabras clave: Brix° /Acidez, mejoramiento, oxifertirrigación, peróxido de hidrógeno, pitahaya.

ABSTRACT

The research work entitled "Improvement of the vegetative and productive development of the Pitahaya crop (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) through the application of oxyfertilization in an experimental plot of the company Arena Verde - Mórrope. 2021-2022". Peru. Its general objective was to evaluate the improvement of the vegetative and productive development of the Pitahaya crop (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) through the application of oxyfertilization in an experimental plot of the Arena Verde company. The methodology contemplated an experimental design, with three treatments (T0, T1 and T2) and three repetitions (R1, R2 and R3). Hydrogen peroxide was not applied to T0 (control), while for T1 and T2 the applied dose was 4 ppm and 8 ppm respectively, the application was manual and direct with injections of the product into the irrigation water. For the evaluation of the improvement of the vegetative development, characteristics of root length and Brix° of the cladodes were taken into account, for the improvement of the productive development the amount of flowers and fruits obtained in each harvest flow (3 flows) were considered, characteristics were noted of Brix° /Acidity, firmness, polar and equatorial diameter, state of the fruit and size code. The results indicated a significant improvement in vegetative development, evidenced mainly in root biomass and its water absorption capacity. It was concluded confirming that the application of oxyfertilization in Pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) cultivation significantly improves the characteristics of vegetative yield but not those of productive development.

Key words: Brix° /Acidity, improvement, oxyfertilization, hydrogen peroxide, pitahaya.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de los actuales cultivos de interés en el mercado dependen del manejo dado en campo, se sabe que las raíces tienen la capacidad de utilizar el oxígeno del medio para generar un desarrollo eficaz de la planta. Debido a que la raíz se encuentra en una constante competencia por el oxígeno (O₂) frente a la actividad microbiana y las condiciones abióticas (salinidad del suelo, elevada temperatura, entre otras), su deficiencia trae como consecuencia una acelerada pérdida en el rendimiento de la planta, por lo que se hace necesario optar por estrategias que ayuden a potenciar la aireación en la rizosfera. Trabajos basados en la oxifertirrigación han reportado un mejoramiento no solo en el desarrollo vegetativo sino también en el productivo (Moreno et al., 2020).

Es importante mencionar que la condición en la que pueda encontrarse el suelo es un indicador clave para estimar la disponibilidad de oxígeno, por lo mismo, las raíces respiran mejor cuando la disponibilidad de oxígeno en el suelo es suficiente, de manera que la productividad de los frutales no se vea afectada negativamente (Villamizar y Ospina, 2000). Se sabe además que, la cantidad de oxígeno en el suelo suele ser limitada, lo que, a su vez, coloca a la raíz en estados conocidos como anoxia (no presencia de oxígeno en el suelo) o hipoxia (contenido de oxígeno bajo) (Moreno et al., 2020).

En cuanto a los requerimientos de oxígeno en frutales, se consideran algunos parámetros óptimos, los cuales, serían exigidos por la misma raíz, tal es el caso de la palta (*Persea sp.*) y el duraznero (*Prunus sp.*), los cuales requieren un 15% de oxígeno, por otro lado, el manzano (*Malus sp.*) y el peral (*Pyrus sp.*) requieren hasta un 5% (Moreno y Fischer, 2014). Para cultivos como *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose “pitahaya”, se hace necesario un riego de apoyo durante los dos primeros años, puesto que estimula el crecimiento vegetativo, de esa manera se corrobora la necesidad de repotenciar el riego con

estrategias como la aplicación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) para solventar la demanda de O_2 (Valencia, 2019).

En la región, el cultivo se ha introducido como un cultivo rentable entre los pequeños y medianos productores, así como grandes agroexportadoras de los distintos caseríos lambayecanos, como lo es, Mórrope, Olmos y Mochumí (Radio Frecuencia, 2021). Según el resumen ejecutivo realizado para mejorar y ampliar el servicio educativo inicial en el distrito de Morrope, demostró que la textura del suelo es sedimentario, conformado por arenas finas, asimismo, concerniente a su salinidad, el trabajo realizado por Badaracco y Rojas (2013) confirma a través de imágenes satelitales e imágenes con sensores ETM y TM, las cuales luego se procesaron en el programa ENVI, que 3196.20 has son suelos muy fuerte y elevadamente salinos, 2818.50 son suelos salinos, finalmente el expediente sugiere la implementación de nuevas tecnologías en el riego.

Se propone por ello, a la oxifertirrigación como una alternativa de apoyo en el riego, aún más en el cultivo de especies, como lo ***Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose** “pitahaya”, esto para estimular su crecimiento vegetativo (Valencia, 2019). El presente trabajo busca comprobar además, la hipótesis en cuanto a la aplicación de la oxifertirrigación en el cultivo y como mejora significativamente las características de rendimiento vegetativo y productivo y características físicas y parámetros de calidad, aportando además conocimiento de estrategias nuevas a la empresa Arena Verde S.A.C. referidas a la oxifertirrigación para su aplicación a otros cultivos de interés.

Ante la problemática observada se plantea el siguiente problema: ¿De qué manera la aplicación de la oxifertirrigación en el cultivo de “pitahaya”, *Hylocereus undatus* (Haw?) Britton & Rose, mejora las características de rendimiento vegetativo y productivo y sus parámetros de calidad?, para lo cual se formula la siguiente hipótesis: la aplicación de la

oxifertirrigación en el cultivo de *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose “pitahaya” mejora significativamente las características de rendimiento vegetativo y productivo y características físicas y parámetros de calidad. Se plantea el objetivo general: Evaluar el mejoramiento del desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de Pitahaya *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde – Mórrope; y los objetivos específicos: Describir las características del mejoramiento en el desarrollo vegetativo del cultivo Pitahaya usando la oxifertirrigación como estrategia de disponibilidad de aire en la raíz, en una parcela experimental de la empresa Arena Verde; Medir los parámetros de mejoramiento en el desarrollo productivo del cultivo Pitahaya mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde y Comparar los efectos de la aplicación de la oxifertirrigación en el mejoramiento y optimización del cultivo Pitahaya en una parcela experimental de la empresa Arena Verde.

Los resultados mostraron una mejora significativa en las características de rendimiento vegetativo pero no las del desarrollo productivo, confirmándose que la oxifertirrigación mediante la aplicación del peróxido de hidrógeno si es positivo para la absorción, registrándose de un 3-4% de absorción en T1 más que el testigo y el T2, mientras que el T2 es postivo para el crecimiento de raíces hasta por diez veces más en la R2. No se evidenciaron mejoras singificativas en el número de flores y frutos.

Este trabajo de investigación fue estructurado de la siguiente manera: introducción, revisión de la literatura, hipótesis, metodología, resultados, discusiones, conclusiones y recomendaciones.

I CAPÍTULO I. DISEÑO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

En España, Soto-Bravo (2015) tuvo como objetivo evaluar el efecto del peróxido de hidrógeno como fuente de oxígeno en la rizosfera del tomate injertado, con la finalidad de determinar su influencia sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto. La investigación se desarrolló aplicando dos tratamientos: uno sin peróxido y otro con su adición en cada fertirriego, utilizando fibra de coco como sustrato durante dos años de cultivo. Los resultados mostraron un incremento en la oxigenación del medio radicular, aunque sin diferencias significativas en los parámetros de crecimiento y producción. Se concluyó que el peróxido de hidrógeno, aun sin mejorar directamente el rendimiento, actúa como agente oxigenante que favorece la respiración de las raíces y la absorción de nutrientes, sentando las bases para su futura aplicación en cultivos frutales como la pitahaya.

En México, Ortega et al. (2018) plantearon como objetivo determinar las condiciones agronómicas y tecnológicas necesarias para optimizar la producción de pitahaya y analizar su situación en el mercado internacional. La metodología fue de tipo descriptiva y consistió en la recopilación de información técnica y económica sobre la producción y comercialización del fruto. Los resultados evidenciaron que la pitahaya posee alta adaptabilidad a climas cálidos y áridos, así como bajo requerimiento de tecnologías complejas, aunque su cadena de exportación aún es limitada. Se concluyó que este cultivo representa una alternativa económica viable para pequeños productores y que la incorporación de sistemas de fertirriego o bioestimulantes podría incrementar la eficiencia y sostenibilidad de la producción.

También en el contexto europeo, Magraner (2020) tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico de cinco variedades de pitahaya bajo condiciones de clima

mediterráneo. El estudio se desarrolló de manera experimental en un invernadero con diferentes niveles de radiación solar, evaluando semanalmente variables morfológicas como el número de brotes, la floración, el peso y el tamaño de los frutos. Los resultados demostraron que la temperatura influye directamente en los procesos fisiológicos del cultivo, afectando el crecimiento y la calidad del fruto; la variedad *Hylocereus undatus* presentó los frutos de mayor peso, mientras que *JC01* mostró mayor desarrollo floral. Se concluyó que la gestión térmica y lumínica es un factor determinante para optimizar el rendimiento productivo de la pitahaya en condiciones controladas.

Por su parte, Morales-Ayala et al. (2020) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento vegetativo de dos especies de pitahaya frente a la aplicación combinada de vermicompost y fertirriego. La investigación se llevó a cabo mediante un diseño experimental con ocho tratamientos y diez repeticiones, utilizando riego por goteo. Los resultados demostraron un incremento significativo en la longitud de los tallos, en el número de brotes y en la concentración de nitrógeno, potasio y calcio en los tejidos vegetales. Se concluyó que la aplicación conjunta de vermicompost y fertirriego mejora de manera significativa el desarrollo vegetativo y la nutrición del cultivo, promoviendo un crecimiento más vigoroso y sostenible.

En Ecuador, Diéguez-Santana et al. (2020) tuvieron como objetivo evaluar el impacto ambiental del cultivo de pitahaya y proponer estrategias de manejo sostenible. Para ello, emplearon listas de chequeo y la matriz de Leopold con el fin de identificar las principales afectaciones ambientales derivadas del sistema productivo. Los resultados mostraron que el uso excesivo de agroquímicos genera degradación del suelo y pérdida de biodiversidad, aunque también se identificaron beneficios económicos y sociales para las comunidades productoras. Se concluyó que la aplicación de prácticas sostenibles, como el fertirriego eficiente, la sustitución de agroquímicos por bioestimulantes naturales y el uso de

oxigenantes como el peróxido de hidrógeno, permitiría mantener la rentabilidad del cultivo reduciendo su impacto ecológico.

En el Perú, Parra (2019) tuvo como objetivo implementar un sistema automatizado de control de temperatura y humedad para el cultivo de pitahaya bajo condiciones hidropónicas, a fin de mejorar su crecimiento vegetativo. La investigación fue de tipo aplicada y experimental, y se desarrolló mediante el uso de sensores digitales y microprocesadores conectados a un software especializado que regulaba las condiciones climáticas internas del cultivo. Los resultados mostraron que el sistema permitió mantener un rango térmico estable entre 20 °C y 28 °C, considerado óptimo para el desarrollo fisiológico de la planta, y redujo significativamente los costos de mano de obra. Se concluyó que la automatización del control climático favorece la eficiencia productiva, mejora el crecimiento vegetativo y contribuye a la sostenibilidad de la producción.

En la región Amazonas, Chocaca (2019) tuvo como objetivo evaluar la interacción entre distintos tipos de sustrato y tamaños de cladodio en la propagación asexual de pitahaya amarilla. La metodología empleada fue de tipo experimental, utilizando 192 plantas distribuidas en ocho tratamientos con tres repeticiones, en sustratos de textura franco-arenosa, franco-arcillosa y enriquecida. Los resultados indicaron que el sustrato arcilloso combinado con cladodios de 30 cm promovió un mayor número de brotes y una mejor formación de raíces. Se concluyó que el tipo de sustrato es un factor determinante en la propagación vegetativa y que su adecuada selección permite optimizar el desarrollo radicular y la supervivencia de las plantas, aspectos fundamentales para el incremento de la productividad.

Asimismo, Ocaña (2020) en Lima, tuvo como objetivo evaluar la factibilidad del uso del peróxido de hidrógeno como promotor del crecimiento vegetal en plantas de maíz

morado cultivadas en suelo labrado y sin labrar. La investigación fue de tipo experimental y consistió en la aplicación de cinco dosis diferentes (0, 33, 57, 78 y 100 L ha⁻¹) de peróxido de hidrógeno, midiendo su efecto sobre el rendimiento y el contenido de antocianinas. Los resultados revelaron que la dosis de 100 L ha⁻¹ generó los mayores rendimientos y una mayor acumulación de pigmentos antioxidantes en las mazorcas. Se concluyó que el peróxido de hidrógeno actúa como bioestimulante, favoreciendo la oxigenación del suelo y la absorción de nutrientes, lo que sugiere su posible aplicación en cultivos frutales como la pitahaya para mejorar su crecimiento vegetativo y rendimiento productivo.

En la región Lambayeque, Marcelo y Aurora (2019) tuvieron como objetivo evaluar el nivel de aceptación sensorial y las características fisicoquímicas de una bebida elaborada a partir de pulpa de pitahaya. El estudio se desarrolló mediante la formulación de tres mezclas con diferentes concentraciones de fruta y grados Brix, las cuales fueron sometidas a pruebas de laboratorio y análisis de preferencia del consumidor. Los resultados mostraron que la formulación con 31 % de fruta y 14° Brix fue la más aceptada por su equilibrio entre dulzura y acidez, además de presentar una elevada concentración de vitamina C y sólidos solubles. Se concluyó que la pitahaya tiene un alto potencial agroindustrial en la región, y que su aprovechamiento en productos derivados puede impulsar la economía local y fortalecer su cadena de valor.

Por otro lado, Yesquén (2019) en el Valle de Olmos, Lambayeque, tuvo como objetivo identificar las estrategias económicas que favorecen el crecimiento de las pequeñas unidades agrícolas productivas. La metodología fue de tipo cuantitativo-descriptiva, aplicando encuestas y procesando los datos mediante análisis estadístico con el programa SPSS. Los resultados evidenciaron que más del 70 % de los agricultores se dedican a la agricultura como principal actividad económica y que aquellos que incorporan innovación tecnológica, como fertirriego o sistemas automatizados, obtienen mayores niveles de

productividad. Se concluyó que la adopción de prácticas tecnológicas sostenibles y el uso de insumos bioseguros constituyen factores determinantes para incrementar la eficiencia agrícola y la rentabilidad de cultivos emergentes como la pitahaya en el contexto regional.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Pitahaya: *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose

1.2.1.1 Descripción de Pitahaya: *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose

La fruta del dragón *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose “pitahaya” es un cactus trepador tropical. También se le conoce como pitaya o pitahaya en América Latina (Le Bellec et al., 2006), cereus de floración nocturna o pera fresa en el sudeste asiático (Zee et al., 2004). Actualmente la fruta es viendo siendo cultivada en países de clima tropical y subtropical, y generalmente se encuentra a disposición la mayoría del año. La Pitahaya es llamativa debido a la disposición de las brácteas que cubre al fruto. La pulpa es succulenta y envuelve en su interior abundantes y diminutas semillas negra. Además, es considerado como un recurso que brinda nutrientes y vitaminas (Ariffin et al., 2009 y Wu et al., 2006). La fruta del dragón es clasificada, como una fruta que no sigue madurando luego de haber sido cosechado (Enciso et al., 2011). El mecanismo de maduración se basa, por lo tanto, en la ausencia de etileno durante la maduración de la fruta que corresponde a la incapacidad de sintetizar etileno autocatalíticamente (Perin et al., 2002).

1.2.1.1.1 Clasificación taxonómica de Pitahaya: *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose

En la actualidad, la pitahaya se encuentra clasificada taxonómicamente, según la World Flora Online (WFO, 2022), dentro del reino Plantae, perteneciente a la división Angiospermae, que agrupa a las plantas con flores. Se ubica en la clase Eudicotyledoneae, caracterizada por poseer dos cotiledones en su embrión, y en el orden Caryophyllales, donde

se incluyen diversas especies adaptadas a condiciones áridas. Forma parte de la familia Cactaceae, reconocida por su capacidad de almacenar agua en sus tejidos y por su morfología succulenta. Dentro de esta familia, la pitahaya corresponde al género *Hylocereus*, y su especie más representativa es *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, conocida comúnmente como pitahaya roja o fruta del dragón.

1.2.1.2 Origen y clasificación

El género *Hylocereus* es un grupo de cactus epífitos, tropicales y se cree que se origina en las selvas tropicales de América y/o Centroamérica (Le Bellec et al., 2006). Dentro de la familia Cactaceae, hay aproximadamente 200 géneros cuyo grupo contiene hasta 2000 especies, las cuales están presentes naturalmente en las regiones semidesérticas y tropicales de América (Spichiger et al., 2000). Los frutos de la familia Cactaceae son valoradas en primer lugar por sus características y propiedades, dentro de ella son incluidas alrededor de 200 especies de cultivos de carácter frutal. Según Liaotrakoon (2013), existen también otras especies que presentan importancia económica como lo es la Tuna. Eso nos indica que junto a la Pitahaya, ambas especies presentan un alto rango de aceptación en el mercado.

Actualmente, existe evidencia de cerca de 15 (o más) especies del género *Hylocereus* (Le Bellec et al., 2006). Del mismo, existe oposición en la distribución taxonómica de algunas especies por tener características parecidas. Este trabajo de investigación dirige sus esfuerzos en describir a la especie ***H. undatus***. La taxonomía está basada en sus elementos fundamentales (raíz, tallo, flor y fruto).

Morfológicamente, la especie ***H. undatus*** es un cactus con tallos largos verdosos que tienen espinas en un margen. Los tallos son típicamente de tres lados o tallos triangulares con múltiples ramas. Su flor, es conocida vulgarmente como “reina de la noche”, esto debido

a su floración perfecta que sucede en las noches. Generalmente es una flor muy larga, midiendo hasta 25 o 30 cm. El fruto de *Hylocereus* es oblongo con un típico color rosa oscuro intenso o púrpura rojizo con brácteas verdes en forma de hojas. Las semillas son pequeñas de color negro y suelen estar incrustadas en su pulpa. Las semillas de *H. undatus* se asemejan a las de *Actinidia sp.*, principalmente por su medida y coloración (Britton y Rose, 1963).

1.2.1.3 Condiciones del cultivo

La productividad media de Pitahaya es variable según las condiciones edafoclimáticas, técnicas de cultivo y edad del huerto. (Le Bellec et al., 2006).

A diferencia de otros cactus, que se originan en regiones desérticas, la Pitahaya se origina en áreas con precipitaciones que varían entre 1700 a 2500 mm por año. Se requiere de una precipitación anual de 500 a 1400 mm para un crecimiento adecuado de la planta. La lluvia en cantidades excesivas puede provocar la caída de flores e incluso frutas. La temperatura óptima para el cultivo está entre 20 a 30°C. En relación con el suelo, el factor más importante es que el suelo está bien drenado, ya que la planta no tolera el exceso de agua (Gunasena et al., 2007).

A pesar del requerimiento de agua de la Pitahaya, como la mayoría de los cactus, tiene el metabolismo ácido de las crasuláceas, con la característica de ser altamente eficiente en el uso del agua (Andrade et al., 2007).

Debido a que proviene de bosques húmedos de América tropical y subtropical, la Pitahaya puede sufrir grandes daños e incluso morir cuando se cultiva con una luminosidad intensa. En muchas de estas especies, la actividad fotosintética y el desarrollo se retrae cada vez que las plantas están expuestas a una excesiva radiación solar (Rave et al., 1998). Rave

et al. (1993), observaron que cuando las plantas crecían al aire libre, se amarillentaban y se inhibía el crecimiento.

Además, si las plantas se cultivan a sombra excesiva, resultan en un crecimiento delgado y alargado de los cladodios. El mayor problema con el exceso de sombra es que la floración es severamente reducida, y, en consecuencia, la producción se reduce drásticamente. También si las plantas están estresadas hídricamente, su resistencia a la intensidad de la luz se reduce (Merten, 2003).

Así, para su mejor desarrollo, Mizrahi y Nerd (1999) recomiendan que su cultivo se realice bajo sombra entre un 30 y un 60%, dependiendo de la especie y ubicación. Algunas especies, como *H. polyrhizus*, son más tolerantes a la luz, esto por contener cera en su cubierta, que evita la exposición directa de los estomas a la radiación solar. Por tanto, el conocimiento de la relación entre floración y las condiciones ambientales son de considerable importancia para la producción regular de frutas durante el año, considerando la sensibilidad de la planta a altas densidades de flujo luminoso (Rave et al., 1998).

La temperatura tiene un efecto potente sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas cultivadas, ya que en las regiones tropicales el aumento de la radiación solar está relacionado directamente con la temperatura del aire. (Cavalcante, 2008) En un estudio realizado en Israel, Mizrahi y Nerd (1999) observaron que las lesiones causadas por el frío son frecuentes cuando la temperatura es inferior a 4°C, aunque cuando la temperatura sube, la recuperación es rápida. Estos autores también observaron que una temperatura promedio de 39°C reduce de 15 a 20% la producción de flores de *Hylocereus undatus*, los autores también explicaron que se deben evitar temperaturas de 34-38°C para el cultivo de Pitahaya, esto porque la floración puede ser significativamente reducida.

1.2.1.4 Propagación y conducción

La propagación de Pitahaya se puede hacer por medio de semillas o de una manera vegetativa, que comúnmente se lleva a cabo mediante esquejes. Se usa el método sexual cuando se busca obtener variabilidad, para programas de mejoramiento de especie, porque las plantas obtenidas de semillas pueden parecerse a cualquiera de los padres, uno o ninguno. (Pimienta, 1990) La propagación de semillas es conveniente porque se obtiene material con diferente información genética, presentando diversas características que pueden ser aprovechadas. Las plantas originadas por propagación sexual por lo tanto tienen una gran variabilidad, lo que hace posible seleccionar materiales con características deseables tales como productividad, apariencia externa, coloración de la pulpa y mejor adaptación a diferentes condiciones climáticas (Andrade et al., 2008).

El volumen de sustrato utilizado en la formación de plántulas a partir de semillas tiene una influencia directa en la calidad de las plantas formadas. El desarrollo se acelera cuando se utilizan volúmenes más grandes, con una correlación positiva para la longitud y el número de cladodios y longitud de la raíz. Mayores volúmenes también proporcionan un mayor porcentaje de supervivencia de las plántulas (Andrade et al., 2008).

Las plantas provenientes de esquejes comienzan a florecer uno o dos años después de la siembra. Además de la prematuridad en la producción, la propagación por esquejes es la más práctica para obtener plantaciones uniformes, factor importante para cultivos comerciales, debido al mantenimiento de las características fenológicas y de calidad de los frutos, necesarias para el mercado. (Gunasena et al., 2007) No es necesario curar el material vegetativo, y se debe realizar el corte tan pronto como se segmentan los cladodios, según lo recomendado por Andrade et al. (2007).

Por ser un cactus epífito, la Pitahaya necesita apoyo para su desarrollo, que pueden ser árboles o postes de madera, postes de concreto, cercas, muros u otras estructuras. Como la vida útil de la planta es de unos 20 años, la durabilidad del soporte también se considera importante, además de ser resistente para soportar un gran peso (Gunasena et al., 2007).

1.2.1.5 Fenología

Al cultivar una especie vegetal para aprovechar su potencial agrícola y para obtener una fuente de alimento con producción comercial es necesario estudiar cómo las plantas se comportan en relación con factores bióticos y abióticos y cómo interfieren en su ciclo de vida, es decir, estudiar su fenología para mejorar su productividad (Marques, 2010).

La fenología es el estudio de los eventos periódicos de la vida vegetal en vista de su reacción con las condiciones del medio y su correlación con los aspectos morfológicos de la planta. La fenología vegetal destaca las relaciones y grado de dependencia de los factores que intervienen en su desarrollo, como la temperatura, luminosidad, agua y necesidades nutricionales, entre otras (Dourado y Fancelli, 2000).

Las observaciones fenológicas son de suma importancia, ya que el manejo de la parcela, si se guía por las diferentes etapas de crecimiento de la planta, favorecería y definiría en gran medida las estrategias de gestión y toma de decisiones, contribuyendo a aumentar la eficiencia de los insumos y el rendimiento de los cultivos. La caracterización fenológica es fundamental en los estudios que buscan describir modelos de crecimiento y pronóstico de cosechas para especies cultivadas (Heemst, 1998).

Según Luders y McMahon (2004), la Pitahaya presenta un período de floración media durante el año relacionada con la región de cultivo, esto se debe a que es una especie dependiente del fotoperiodo.

En el hemisferio norte (México), se observa que las plantas de Pitahaya presentan desarrollo vegetativo durante el invierno, comenzando entre finales de noviembre y principios diciembre, para concluir en marzo; durante este período. El desarrollo productivo se da principalmente durante el verano: comienza desde la segunda semana de junio y finaliza en octubre. Las flores aparecen al comienzo de la temporada de lluvias, después de 40 días de floración, es posible encontrar frutos maduros. Los frutos son recolectados cuando alcanzan su madurez fisiológica, que ocurre cuando adquieren un color rosado, en el caso de la pitaya roja (Alvarado et al., 2003).

1.2.1.6 Polinización

La polinización cruzada puede presentar diferentes resultados, dependiendo del cultivo donante del polen. En este sentido, la polinización cruzada con diferentes genotipos (e incluso especies) ayudaría a aumentar la fructificación y el tamaño del fruto. (Le Bellec, 2004) Asimismo la producción de frutos con valor comercial se puede lograr con la técnica de polinización cruzada de clones compatibles, con la siembra de varios genotipos y polinización manual.

Weiss et al. (1994) observaron que la polinización cruzada entre *Hylocereus sp.*, *H. polyrhizus* y *H. costaricensis* llevaron a un aumento en la fructificación y la polinización manual, el cruzamiento resultó en frutos más pesados. Los estudios muestran diferentes resultados para el rendimiento y calidad de frutos según la fuente de polen utilizada. Se ha reportado que, en muchos países, donde se introdujo esta estrategia, la polinización es pobre debido a la falta de polinizadores naturales, que se encuentran en su entorno nativo. Por lo tanto, la polinización manual es propuesta para aumentar la fructificación y la masa de frutos (Pushpakumara et al. 2005).

La polinización manual se logra fácilmente quitando las anteras de una flor y tocando el estigma de otra flor, o recolectar polen y usar un cepillo para polinizar varias flores. El polen muestra mayor viabilidad al momento de la apertura floral (Weiss et al., 1994). Según Mizrahi et al. (2004), la fuente de polen también afecta al tiempo requerido para el desarrollo del fruto. Según estos autores, este fenómeno es descrito como metaxenia.

Metz et al. (2000), desarrolló un protocolo para el almacenamiento de polen. Según estos autores, el polen debe secarse hasta la reducción del 5 al 10% de su peso, y almacenado a temperaturas bajo cero. El polen almacenado de esta manera permanece viable durante al menos 9 meses.

1.2.2 Oxifertirrigación

1.2.2.1 Concepto de la oxifertirrigación

La técnica de la oxifertirrigación ha sido desarrollada como una estrategia de reforzamiento de oxígeno a la raíz de las plantas, la cual se basa en suministrar oxígeno diluido en el agua que se usa para regar, en densidades sobresaturadas utilizando para ello un equipo de fertirrigación (Marfa y Gurí, 1999).

1.2.2.2 Condiciones que justifican la aplicación de la oxifertirrigación

La oxifertirrigación se justifica en la necesidad que tiene la raíz de procesar y optimizar la cantidad de oxígeno que se le suministra por medio del riego. La disolubilidad del oxígeno contenida en el agua va a depender de distintos factores, como lo es, temperatura (T°), la presión (ejercida por el oxígeno y de la atmósfera) y la salinidad del agua. Pero en condiciones normales, las medidas máximas de oxígeno diluido son de 9 ppm. Estas medidas descienden según descienda la temperatura y la cantidad de sales disueltas. De igual forma, la respiración de la rizosfera estará en relación directamente proporcional, de modo que, si la temperatura y la sal concentrada en la raíz aumenta, entonces la respiración incrementa.

Es así que hablamos de hipoxia, cuando se produce una alteración en la respiración radicular por falta de oxígeno, y no cuando falta totalmente. (Drew, 1997)

La hipoxia surge debido a la disponibilidad insuficiente de oxígeno y es detectada por las plantas, que adaptan su crecimiento y metabolismo en consecuencia. La hipoxia de las plantas puede ocurrir como resultado de la lluvia excesiva y el anegamiento del suelo, lo que limita el crecimiento de las plantas, la actividad microbiana también tiene un rol importante en la disminución del oxígeno, de modo que se crea una competencia por el oxígeno aprovechable. En su mayoría son sustratos orgánicos donde se crea esta competencia, frecuentemente es asociado con la falta de estabilidad y madurez de los residuos orgánicos. (Lynch y Harper, 1980)

Trabajos realizados acerca de la variación de la cantidad de oxígeno de la raíz, hacen posible reconocer 3 etapas distintas en las curvas en las que el oxígeno empieza a agotarse. Empezando por la etapa I, presenta un decaimiento lineal de modo que presiones parciales de 4 y 5% son alcanzadas. En la etapa II, el decaimiento es más tardío y pausado, de modo que la presión se reduce hasta cerca del 2%. (Morard, 1995)

En la etapa III, que es la última, las presiones se reducen al 1%, generalmente la etapa II es la que muestra un claro ejemplo de hipoxia, puesto que existe alteración de la presión del oxígeno (Morard, 1995).

1.2.2.3 Estudios realizados con oxifertirrigación

Se han estudiado y descrito una gran cantidad de efectos producidos por hipoxia en plantas muy detalladamente. Algunas de las variaciones morfológicas observadas son: disminución del crecimiento, necrosis de la raíz, reducción de entrenudos, así como, clorosis, frutos más pequeños, entre otros. Asimismo, son producidas alteraciones hormonales, las cuales, conllevan a un descenso en los índices de giberelina, el incremento de ácido abscísico

está relacionado al cierre estomático. Además, que la permeabilidad de la raíz se ve afectada, reduciéndose considerablemente, por último, se da una inhibición en la conducción de iones radiales. (Martínez, 1990; Sojka, 1992; William et al., 1995; Drew, 1997)

Se han estudiado, además, las implicancias de la oxifertirrigación sobre la elongación de las raíces, el desarrollo de las plantas y su actividad relacionada con alcohol deshidrogenasa (ADH) en rosas. (Gislerod et al. 1997) La efectividad de la aireación u oxifertirrigación en la moderación de la pudrición del extremo de la flor (BER) se ha estudiado en el tomate (Tachibana, 1988). En *Cucumis sp.* la eficiencia de la oxifertirrigación ha generado un mayor rendimiento (Yoshida et al., 1996).

En el contexto agroclimático mediterráneo, en el que sus suelos son pobres, las condiciones provocan hipoxia. Es conlleva a la restricción de la capacidad media de crecimiento, elevada densidad de raíces, elevadas concentraciones de sal, bajos niveles de porosidad en el aire, elevadas temperaturas y soluciones nutritivas con bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Se recomienda utilizar estrategias que den soporte a la reducción estas manifestaciones. La remediación usualmente utilizada es la suministración de la periodicidad del riego, esto de acuerdo con los requerimientos físicos del suelo. (Hernández y Pastor, 2008)

En cultivos hidropónicos, el oxígeno diluido es agotado con rapidez esto debido a que la raíz está constantemente respirando. Asimismo, el reemplazo de la cantidad de oxígeno concentrado es lento, más aún cuando la porosidad crecida de aire es poca. Se aconseja introducir oxígeno mediante aireación a la solución que se pretende aplicar, con la finalidad de sobrellenarla de oxígeno. Las ventajas la oxifertirrigación, es que permite la aireación de las soluciones de nutrientes utilizadas en cultivos. (Lesaint, et al., 1983) La oxifertirrigación es la aireación mecánica en la que el peróxido de hidrógeno se disuelve en

el agua de riego (H_2O_2) o simplemente aireando burbujas en la misma agua. La oxifertirrigación es efectiva cuando los parámetros normales de la respiración radicular son elevados o cuando el oxígeno en el riego está muy disuelto, del mismo modo cuando el agua presenta temperaturas muy elevadas o cuando las sales contenidas en el agua o suelo son mayores a las permitidas en el crecimiento óptimo de la planta (Schwarz, 1990).

A pesar de que existen estudios que han verificado que airear a las soluciones nutritivas por medio de la oxifertirrigación puede ser provechoso y rentable. En cultivos hidropónicos, existe escasa bibliografía que explique los efectos de airear la rizosfera ni mucho menos acerca de impartir mezclas sobresaturadas de oxígeno y su impacto agronómico. La oxifertirrigación además permite una desinfección del agua de riego, o de los materiales que se usen para lo mismo (Vanachter et al., 1989).

Medidas diarias de la cantidad de oxígeno diluido en la raíz de distintos sustratos con deficiencia de oxígeno, han demostrado que los niveles de oxígeno disuelto caen a medidas demasiado bajas como 3 mg L^{-1} a la mitad del día o unas horas más tarde (Marfa y Guri, 1999).

Esta investigación considera la hipótesis descrita por Riviere et al. (1993), el cual nos dice que la cantidad de oxígeno descende en la rizosfera de cultivos que son sembrados en suelos deficientes de oxígeno o que presentan características como las anteriores mencionadas, particularmente al mediodía. Tales bajas son el resultado de circunstancias hipóxicas.

1.2.2.4 El rol del peróxido de hidrógeno (H_2O_2)

El peróxido de hidrógeno es un compuesto químico que fue descubierto por Louis Jacques Thenard hace aproximadamente cien años, el cual mencionó que este compuesto presenta propiedades que podrían justificar su clasificación como fitohormona. En la

naturaleza, puede ser de origen inorgánico, por ejemplo, a través de reacciones en la atmósfera (Moller, 2009) sin embargo, el H_2O_2 de esta fuente sólo tiene un efecto indirecto efecto sobre los organismos vivos. Thenard descubrió que el peróxido de hidrógeno se descompone con facilidad en agua. También se consideró que el peróxido de hidrógeno es una sustancia bioactiva que ayuda a señalar los procesos de crecimiento en las plantas, indicando así su evolución fisiológica y su nivel de desarrollo.

La acumulación de H_2O_2 aumenta la probabilidad de producción de radicales y esto causaría un daño oxidativo significativo a las estructuras celulares si no fuera por la presencia de un sistema antioxidante altamente eficiente. Las plantas superiores contienen varios tipos de peroxidasas, incluidas las catalasas, peroxidasas de ascorbato, peroxidasas específicas de tiol y peroxidasa vegetal secretora clásica. Además, compuestos no enzimáticos como tocoferoles, ácido ascórbico y flavonoides desempeñan un papel importante en la captación de H_2O_2 (Del Río, 2015; Petrov y Van, 2012) .

1.2.2.5 Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en el crecimiento y desarrollo de la planta

Los primeros análisis de todo el genoma de la señalización del H_2O_2 de la planta revelaron una conexión entre el etileno y H_2O_2 . La señalización de etileno se induce en respuesta a la acumulación de H_2O_2 (Vanderauwera et al., 2005), pero el receptor de etileno ETR1 (proteína receptora de etileno) percibe H_2O_2 directamente de una manera independiente de etileno que no requieren su dominio quinasa (Desikan et al., 2005). Las especies reactivas de oxígeno (ROS) es un componente clave de las redes de señalización fitohormonal y no solo media las vías relacionadas con el estrés. Desde el punto de vista de todo el proteoma, las catalasas, peroxiredoxinas, disulfuro isomerasas y tioredoxinas se han detectado a altas frecuencias en estudios proteómicos sensibles a fitohormonas y APX (ascorbato peroxidasa), glutatión S-transferasa y peroxidasa clase III se encontraron al

menos una vez en todos los proteomas sensibles a hormonas informados. (Cerny et al., 2016). El H_2O_2 media la homeostasis hormonal (por ejemplo, conjugación y degradación de auxinas) (Tognetti et al., 2010).

II CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 Diseño metodológico

2.1.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación

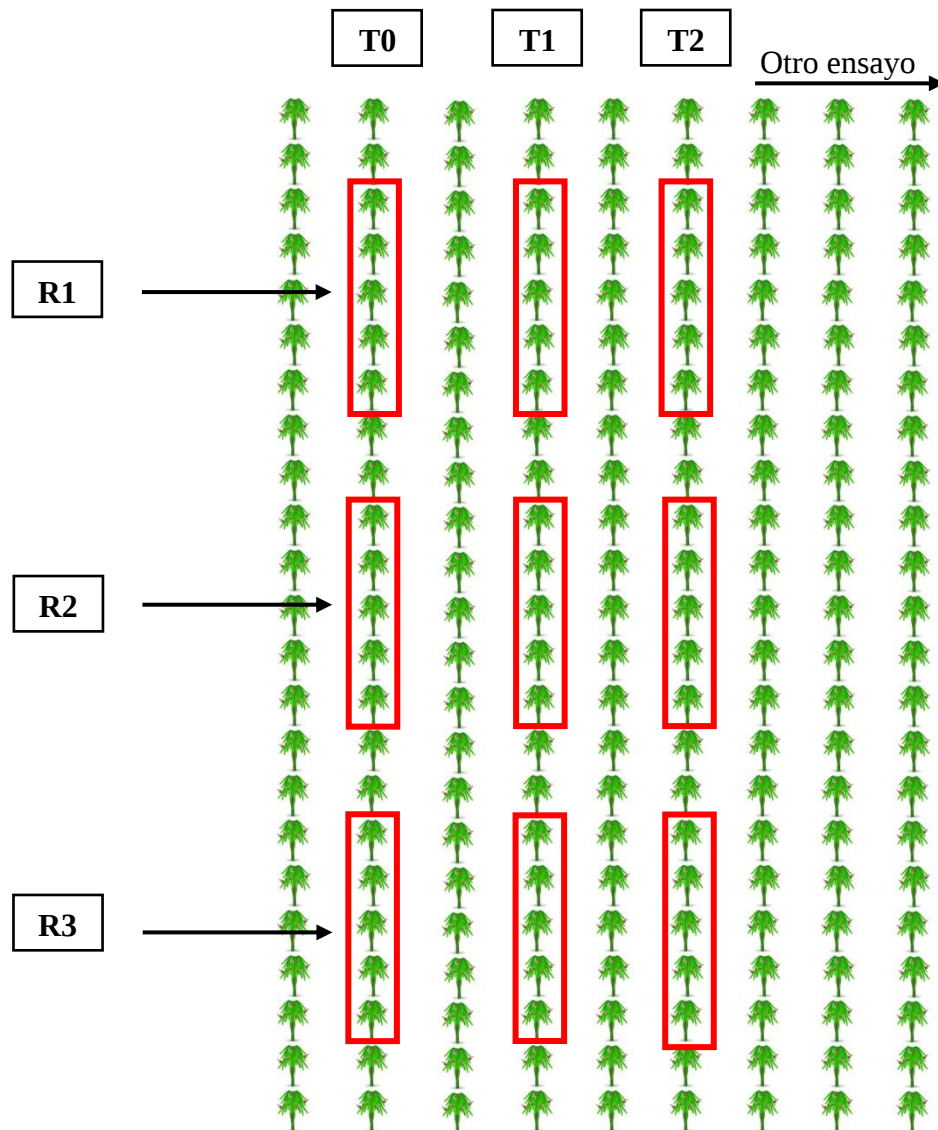
El tipo de investigación fue cuantitativa, experimental y longitudinal, debido a que se midieron las variables de estudio en más de dos ocasiones, con el propósito de comparar los resultados obtenidos antes y después del experimento, estableciendo así una relación de causa y efecto (Urbina, 2020).

El estudio presentó un nivel explicativo, ya que se analizó el comportamiento de una variable con respecto a otra, empleando métodos estadísticos para determinar la relación existente entre ambas.

Asimismo, el trabajo correspondió a un diseño experimental, puesto que se manipuló deliberadamente una variable independiente (oxifertirrigación) con el fin de observar sus efectos sobre la variable dependiente (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose). Para el diseño en campo y la aplicación del sistema de oxifertirrigación, se consideraron tres tratamientos (testigo, T1 y T2) y tres repeticiones. Según lo indicado por Peña y Monroy (2005), se tomó en cuenta el efecto de borde (dos plantones) en los extremos de los surcos, realizando la misma separación entre repetición y repetición. Este criterio se fundamentó en que el efecto de borde resulta favorable para el establecimiento vegetal, especialmente en especies que toleran la sombra cerca del límite del cultivo y en aquellas que crecen fuera de la influencia directa del borde (Figura 1).

Figura 1

Diseño experimental aplicado en campo



Nota: Elaboración propia.

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

La población comprendió a la parcela experimental de pitahaya de la empresa Arena Verde, como lo indica Ventura-León (2017), la población es un conjunto de componentes que comprende algunos rasgos que se procuran estudiar.

2.2.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por 45 plántones de pitahaya *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, distribuidas en 3 líneas de siembra de la parcela experimental de pitahaya de la empresa Arena Verde, Mórrope, para Mozombite (2020) la muestra es una porción de componentes que son seleccionados de una población con la finalidad de elaborar un estudio.

Los criterios de inclusión considerados fueron plantas productivas de pitahaya con una edad comprendida entre 2 y 2.5 años, que contaban con un manejo fitosanitario adecuado, labores propias del cultivo y polinización manual asistida (Ramos-Estay, 2018). El muestreo correspondió a la observación de todas las características de desarrollo vegetativo y productivo de los 45 plántones incluidos en la muestra. Para la evaluación de las características de calidad del fruto, se seleccionó un número estándar de frutos de cosecha correspondientes al primer, segundo y tercer ciclo por cada línea, tratamiento y repetición.

2.3 Variables de estudio

2.3.1 Variable dependiente

Cultivo de Pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose)

2.3.2 Variable independiente

Oxifertirrigación

2.4 Operacionalización de variables

Ver Anexo 10.1

2.5 Hipótesis general

La aplicación de la oxifertirrigación en el cultivo de Pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) mejora significativamente las características de rendimiento vegetativo y productivo y características físicas y parámetros de calidad.

2.6 Técnicas, Instrumentos, Materiales, Equipos y Procedimientos

2.6.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.6.1.1 Técnica

Este trabajo de investigación se apoyó en la técnica de la observación, seguidamente de registrar los datos obtenidos para posteriormente analizarlos, además, este, por ser un trabajo con dos variables, y sabiendo que el investigador puede manipular la variable independiente entonces, se recogieron datos en condiciones controladas por el mismo (Anticona y Bazán, 2017), sin embargo, existen métodos específicos que requieren técnicas propias de cada actividad, por ejemplo:

- Aplicación directa (modificado) del peróxido de hidrógeno al conglomerado radicular del suelo (Ocaña, 2020).
- Técnica de rizotrones (Yanarico, 2018) para la medida de crecimiento y proliferación de raíces, modificado para esta investigación.
- Sistemas de canastillas (Yanarico, 2018) para la captura de raíces en crecimiento, modificado para esta investigación.
- Peso fresco y seco de las raíces (Técnica de biomasa radicular).
- Mediciones de pH del agua y temperatura del suelo (técnicas directas)
- Técnica de refractometría para medición de °Brix en tallos (cladodios) y frutos.
- Conteo manual de flores y frutos (adaptada de SENAMHI, 2014).
- Parámetros de tamaño y peso de fruto (Norma CODEX STAN 237-2003)

- Parámetros de calidad (acidez, °Brix de fruto, firmeza), según Sotomayor et al. 2019.

2.6.1.2 Instrumento

Puesto que la técnica se basa en la observación entonces se determinó que el instrumento a emplear es una ficha de observación (Anexo 10.3), con el cual se registrará y analizarán los indicadores que generan algún aporte al trabajo de investigación, tales como, características en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo a medida que se le es aplicada la oxifertirrigación (Anticono y Bazán, 2017).

2.6.1.2.1 Validez y confiabilidad del instrumento

La validación del instrumento fue realizada previa a la aplicación del mismo, teniendo el visto bueno y siendo aceptado por especialistas relacionados con la naturaleza de la investigación, tomando en cuenta la congruencia e imparcialidad de la recolección de datos de las dimensiones. La confiabilidad aludirá al grado en que se aplique este instrumento a los tres (03) distintos tratamientos, los cuales contienen al mismo individuo agrupado en tres (03) repeticiones, el cual generará resultados que serán registrados en las fichas de observación en campo (Solano, 2017).

2.6.2 Materiales y Equipos

Los materiales y equipos empleados en la presente investigación han sido divididos en tres grupos (de campo, laboratorio y gabinete). Los gastos de los mismos se detallan en el Anexo 9.2 . Algunos de los materiales y equipos fueron proporcionados y facilitados por la empresa Arena Verde S.A.C. y por el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, ubicados en Mórrope y Lambayeque respectivamente.

2.6.2.1 De campo

- | | |
|---------------------------------------|--|
| - Vidrios 10 mm de espesor (50x50 cm) | - Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) al 1% |
| - Canastillas (cubos) de fierro | - 2 baldes de 20 L. |
| - Jeringas | - Jarras medidoras |
| - Red (malla de sombra) | - Tablas y tablines |
| - Lápices y lapiceros | - Libreta de campo |
| - Tijeras de cosecha | - Bolsas grandes y pequeñas |
| - Canastas de cosecha | - Palanas |
| - Ph-metro marca Hanna | - Termómetro de aguja DeltaTrak ® |
| - Refractómetro Digital Atago | - Durómetro Baxlo ® |
| - Balanza | - Agua destilada |
| - Papeles filtro | - Cuchillo |
| - Cámara fotográfica | |

Figura 2

Materiales y equipos empleados en campo



Nota: a= vidrios de 10 mm de espesor (50x50 cm); b= canastillas de fierro; c= malla de sombra; d= jeringas; e= tijeras de cosecha; f= termómetro de aguja y ph-metro; g= refractómetro digital.

2.6.2.2 De laboratorio

- Balanza analítica Nimbus
- Plumones
- Cinta adhesiva
- Papel
- Incubadora Binder ®
- Sobres
- Tijeras
- Lápices y lapiceros

- Cámara fotográfica

- Libreta de apuntes

Figura 3

Equipos empleados en laboratorio



Nota: a= incubadora marca Binder ®; b= balanza analítica Nimbus. Ambos equipos proporcionados por el Laboratorio de Botánica de la UNPRG.

2.6.2.3 De gabinete

- 1 laptop

- Libreta de campo

2.6.3 Procedimientos

Los procedimientos para la ejecución del proyecto fueron llevados a cabo en los meses de julio – diciembre del 2021 y enero – marzo del 2022, mientras que el análisis y redacción de los resultados e informe final fueron trabajados en los meses de marzo – abril del 2022. Los procedimientos se detallan en los puntos a continuación:

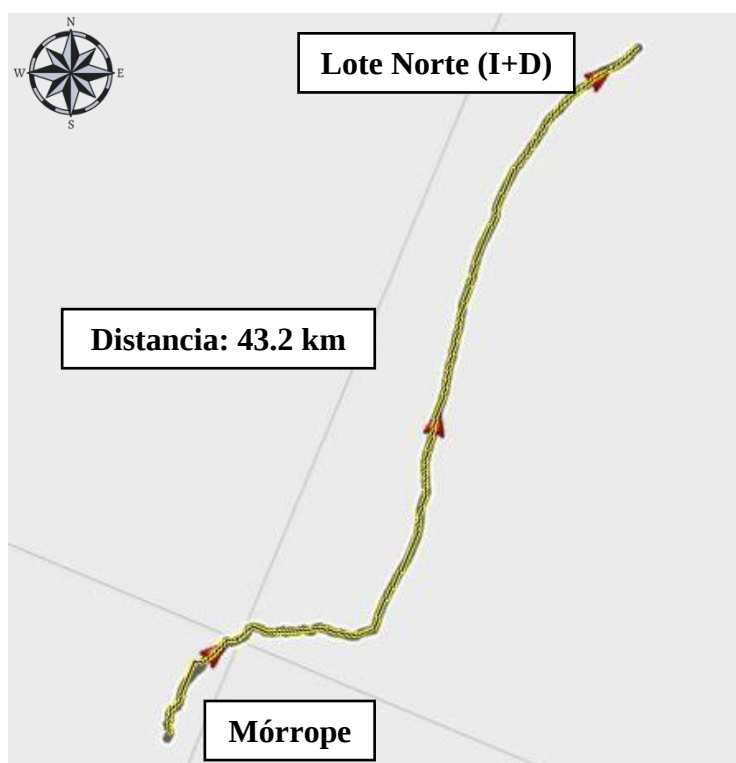
2.6.3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en el Lote Norte de la Empresa Arena Verde S.A.C., formando parte del sector I+D (Investigación y Desarrollo) de la misma empresa,

ubicada en el distrito de Mórrope, departamento de Lambayeque. El sector I+D posee 6 hectáreas, conteniendo además otros cultivos de interés (arándano, limón, maracuyá, espárrago) y, la parcela experimental de pitahaya contempla 1 hectárea de campo. La ruta para llegar al área de trabajo inicia en el distrito de Mórrope, realizándose el traslado en camioneta, por una distancia de 43.2 km. (Figura 4), considerándose que al iniciar el recorrido el nivel de altitud en el distrito de Mórrope es de 15 msnm, mientras que al finalizar el recorrido y llegando al área de estudio, la altitud correspondiente es de 62 msnm (Figura 5).

Figura 4

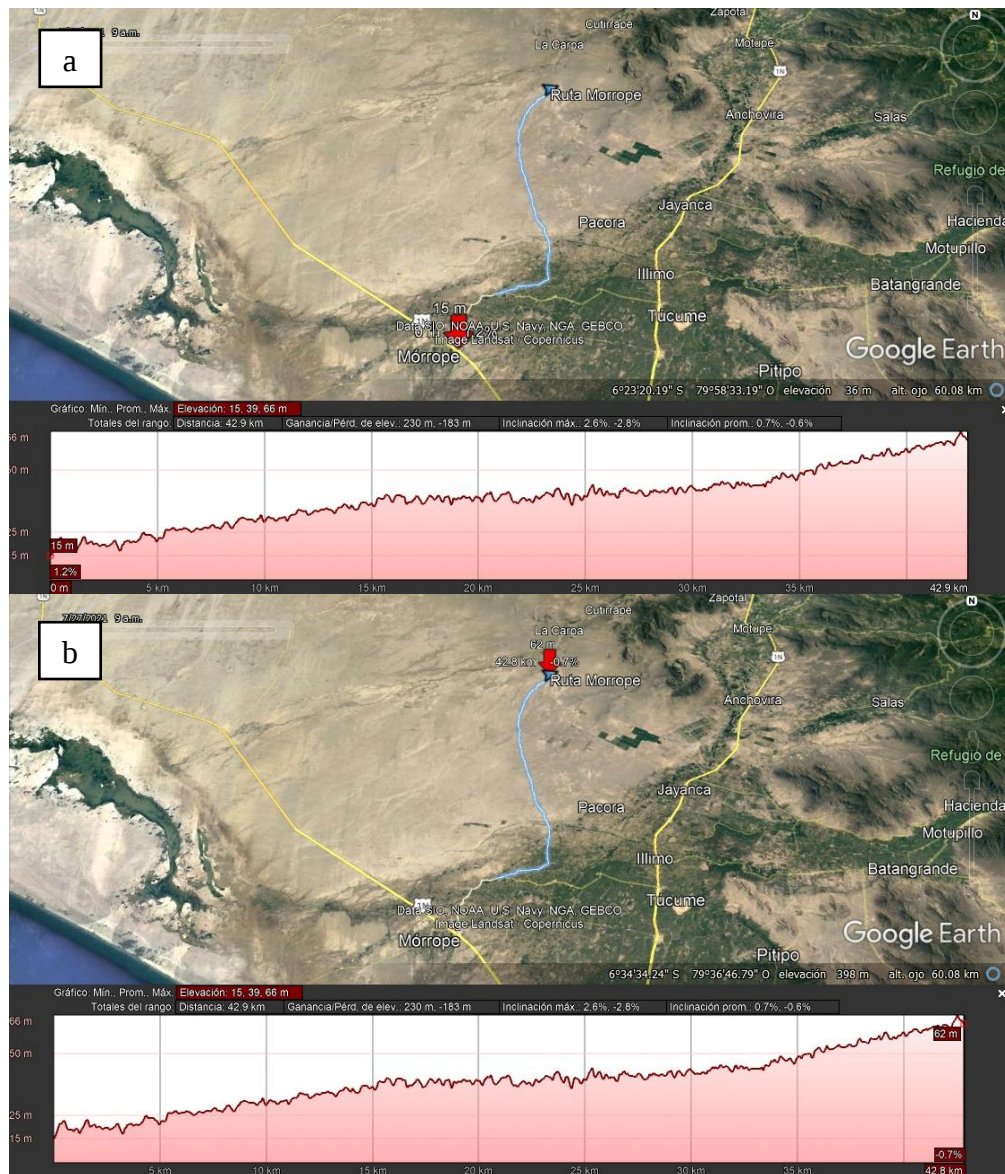
Distancia recorrida desde el distrito de Mórrope al Lote Norte (I+D)



Nota: Distancia tomada con la aplicación GuruMaps y calculado por el software MapSource v. 6.16.3.

Figura 5

Altitud del inicio y final del recorrido (Mórrope-Lote Norte I+D)



Nota: a= altitud del inicio del recorrido (Mórrope) es de 15 msnm; b= altitud de la ubicación del Lote Norte I+D es de 62 msnm.

Figura 6

Vista satelital del recorrido desde el distrito de Mórrope al Lote Norte I+D de la empresa Arena Verde S.A.C.



Nota: Mapa del recorrido (1 a 2/ 2 a 1) elaborado con el software Google Earth Pro v. 7.3.3.7786 de 64 bits

Figura 7

Entrada principal al Lote Norte I+D de la empresa Arena Verde S.A.C.



Nota: El acceso es restringido y se requiere una coordinación previa con el personal encargado en el fundo.

2.6.3.2 Exploración a detalle del área de estudio y colocación de letreros de identificación

Se realizó una exploración previa del área de estudio en el mes de julio del 2021, en la cual se delimitó la muestra para la investigación (3 surcos/lineas del cultivo de pitahaya), se identificó el tipo de riego que recibe el cultivo (por goteo) y se trasladó el diseño experimental a campo, considerando con ello: el efecto de borde, la ubicación de los rizotrones y de las canastillas a instalar. Durante el mismo mes, se utilizaron las tablas y tablines para el armado y colocación de los letreros de identificación, conteniendo información del proyecto (título, investigadores, tratamiento y repetición) (Figura 9).

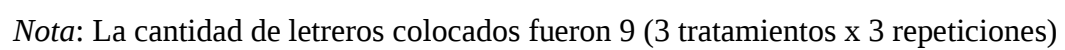
Figura 8

Exploración del área de estudio



Nota: Se trasladó el diseño experimental elaborado al campo de trabajo

Colocación de los letreros de identificación por tratamientos y repeticiones

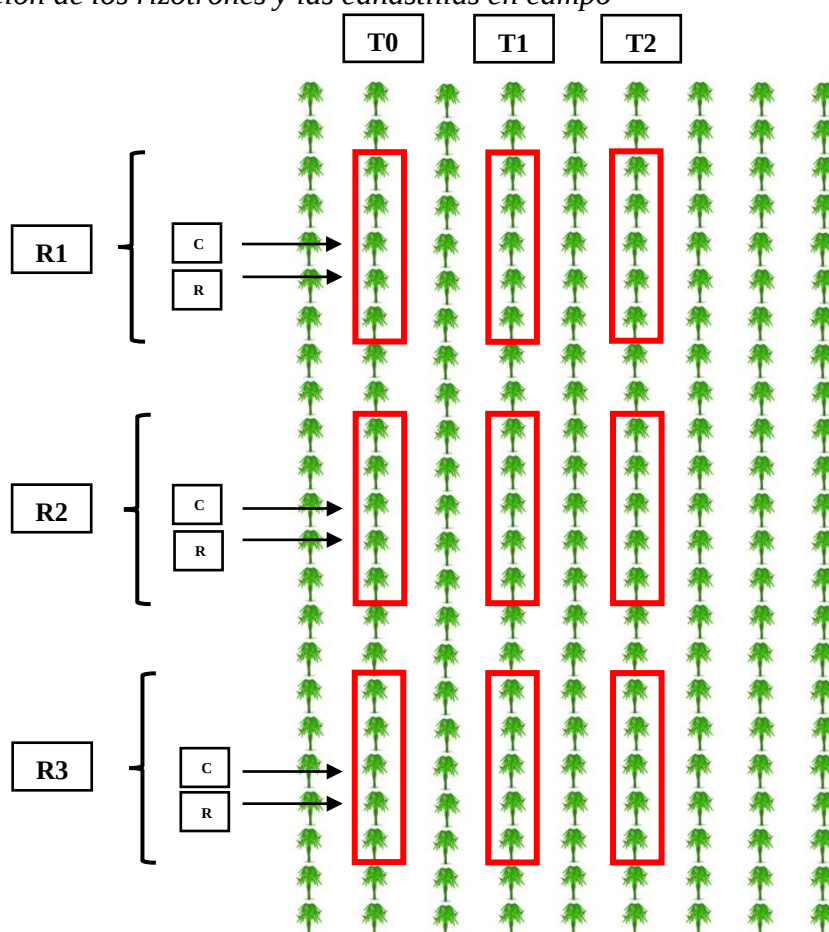


2.6.3.3 Rizotrones y canastillas

La instalación de los rizotrones y canastillas se llevó a cabo en el mes de agosto del año 2021, se emplearon los materiales detallados con anterioridad. La finalidad de la instalación de los rizotrones fue para la observación y medición de la extensión de las raíces del cultivo de pitahaya, mientras que las canastillas permitieron capturar raíces y raicillas, para un posterior pesado de las mismas. Los rizotrones fueron colocados en las tres líneas (testigo, T1 y T2) y en las tres repeticiones, siendo un total de nueve (09), cada rizotrón se situó en la cuarta (4^{ta}) posición de cada repetición, de igual forma, las canastillas fueron colocadas en las tres líneas y en las tres repeticiones, siendo nueve (09) en total, situándolas en la tercera posición de cada repetición (Figura 10).

Figura 10

Posición de los rizotrones y las canastillas en campo



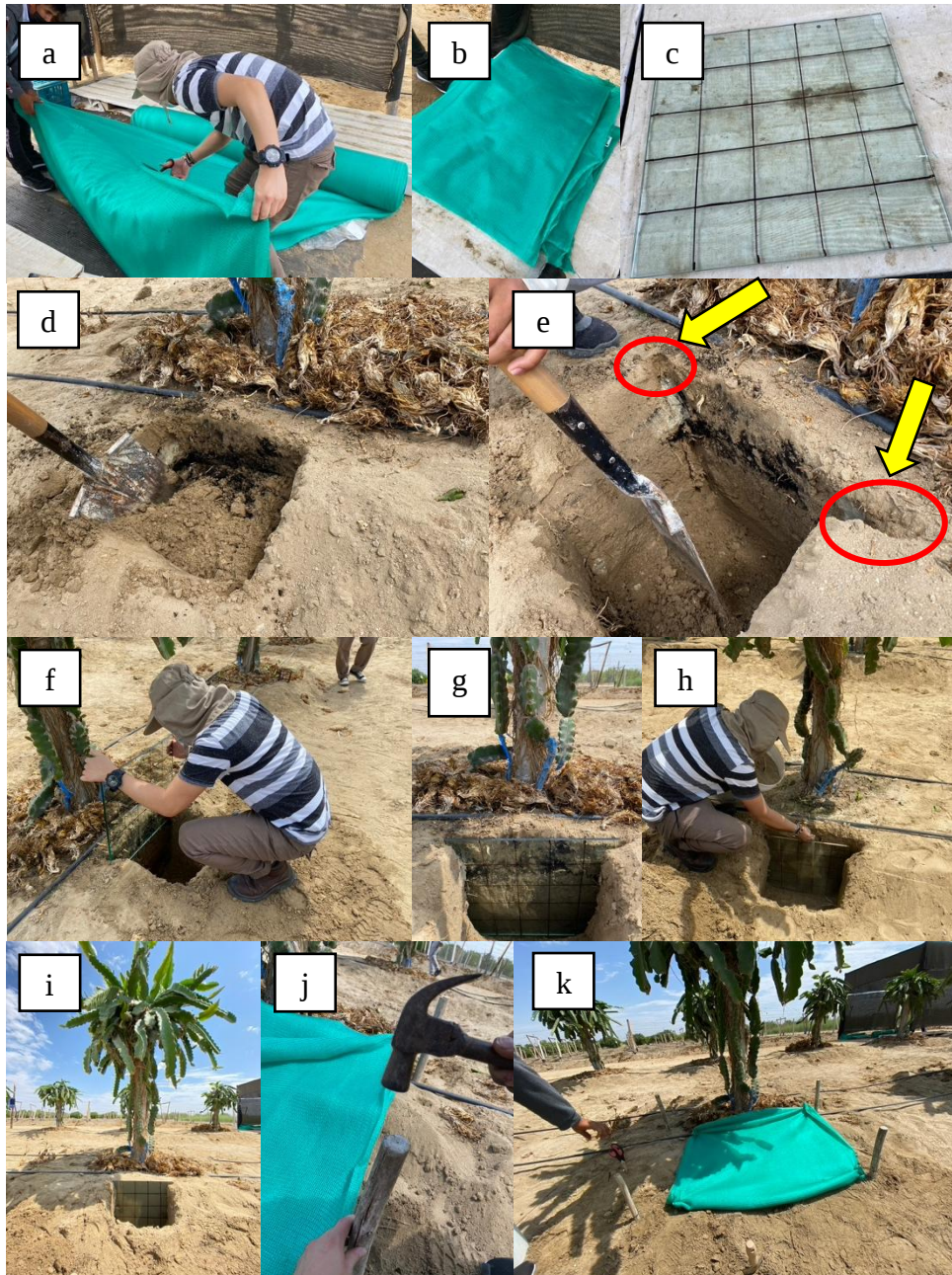
El procedimiento para la instalación de los rizotrones fue seguido según los pasos explicados a continuación:

1. Se ubicó la posición donde se instalaría el rizotrón, luego, se midieron 20 cm desde el tallo y con una palana se realizó un hoyo cuadrangular de 50 cm de profundidad y 50 cm por lado.
2. Se realizaron dos “pestañas” de 10 cm en las esquinas del hoyo cuadrangular cerca a la base del tallo, donde fue colocado el vidrio.
3. Se dividió el vidrio con un plumón indeleble en cuadrados de 10 cm de distancia.
4. Se colocó el vidrio en el hoyo previamente realizado, cuidando que encaje según la profundidad y las “pestañas”.
5. Se rellenó con arena el espacio entre el vidrio y la cara frontal del rizotrón.
6. Se midió y recortó la red (malla de sombra), las medidas empleadas fueron 1m de ancho x 80 cm de alto.
7. Se colocaron cuatro (04) estacas en las esquinas del rizotrón, considerando siempre una distancia para poder tender la malla.
8. Se amarró la malla a las estacas utilizando para ello un cordel de Naylon.

El mismo procedimiento fue replicado en los restantes ocho (08) rizotrones de cada una de las líneas de trabajo con sus respectivas repeticiones, teniendo en cuenta siempre la misma posición para la colocación de las mismas (4ta posición).

Figura 11

Instalación de rizotrones



Nota: a= cortes a las mallas de sombra; b= mallas recortadas a 1m x 80 cm; c= vidrio cuadrado (10 cm por lado); d= ejecución de hoyos de 50 cm de profundidad; e= pestañas de 10 cm en las esquinas; f= colocación del vidrio; g= vidrio encajado dentro del rizotró; h= rellenado con arena al espacio detrás del vidrio; i= rizotró instalado; j= colocación de estacas; k= malla tendida encima del rizotró.

El procedimiento para la instalación de las canastillas fue seguido según los pasos explicados a continuación:

1. Fueron elaboradas nueve (09) canastillas de metal, el material fue elegido debido a su resistencia al peso y la fuerza producida por la tierra y las raíces del cultivo.
2. Se midieron 10 cm de distancia desde el tallo de la planta.
3. Seguido, con una pala se realizó un hoyo de 20 cm de profundidad, con un ancho y largo de 15 cm.
4. Se colocó la canastilla y se procedió a cubrirla nuevamente con la tierra anteriormente extraída.
5. Fueron colocados cintas de identificación a cada una de ellas.

El mismo procedimiento fue replicado en los restantes ocho (08) canastillas de cada una de las líneas de trabajo con sus respectivas repeticiones, teniendo en cuenta siempre la misma posición para la colocación de las mismas (3ra posición).

Figura 12

Instalación de canastillas



Nota: a= realización de hoyos de 20 cm de profundidad con ayuda de una pala; b= colocación de cintas de identificación; c= introducción de las canastillas a los hoyos previamente realizados; d= canastilla cubierta por la misma tierra previamente extraída.

2.6.3.4 Obtención, preparación, dosis y aplicación del peróxido de hidrógeno (H_2O_2)

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) fue obtenido de la empresa “Kceli Inversiones Generales S.A.C.” ubicado en la calle Los Rodajes #105. Urbanización Industrial La Milla. San Martín de Porres. Lima. Realizándose un envío de ocho (08) botellas de 1 L. cada una al 1% de concentración, hacia la ciudad de residencia, Chiclayo, por medio de una empresa de transporte.

Figura 13

Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) utilizado en la investigación



Nota: Se calcularon 8 L. de peróxido de hidrógeno, considerando los posibles derrames del mismo en el transporte semanal durante los 09 meses de trabajo en campo.

La preparación del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) para ser aplicado en campo, fue de manera manual y directa en el agua de riego, por lo que se consideró el siguiente cálculo, teniendo en cuenta la cantidad de agua empleada en el riego del cultivo según lo indicado por la empresa Arena Verde S.A.C. y considerando las dosis de 4ppm y 8ppm recomendadas por la teoría previamente revisada. Las cantidades preparadas fueron modificadas según la variación del agua de riego, siendo el cálculo siempre multiplicado por 2 (x2).

- **CÁLCULO INICIAL PARA APLICACIÓN CON MOCHILA**

PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 1 %

- Al 1 % significa:

1 LITRO	→	1 g. PERÓXIDO
1 LITRO	→	1000 mg. PERÓXIDO



Por lo que en ...

1000 LITROS	→	1 mg. PERÓXIDO
-------------	---	----------------

- Para el tratamiento de 4 ppm (4mg/litro):

4 mg PERÓXIDO	→	4000 litros
---------------	---	-------------

- En total son 15 plantas por tratamiento. Cada planta recibe 30 litros de agua en el riego aproximadamente

15 plantas x 30 litros = 450 litros
--

- Luego tenemos que:

1 litro al 1%	→	4000 litros
X	→	450 litros



$450(1) / 4000 = 0,112 \text{ litros} = 112 \text{ ml de peróxido}$

TRATAMIENTO 1

112 ml de H₂O₂ al 1% para 450 litros — 1 riego de 4 mg/litro

TRATAMIENTO 2

224 ml de H₂O₂ al 1 % para 450 litros — 1 riego de 8 mg/litro

- **CÁLCULO PARA APLICACIÓN DIRECTA EN UN BALDE CON 20 LITROS DE AGUA**

DOSIS DEL TRATAMIENTO 1		
112 ml de H₂O₂ al 1%	————→	450 litros H₂O
X	————→	20 litros H₂O


 $20 (112) / 450 = 4.97 = \boxed{5 \text{ ml de H}_2\text{O}_2 \text{ al 1\%}}$

DOSIS TRATAMIENTO 2		
224 ml de H₂O₂ al 1%	————→	450 litros H₂O
X	————→	20 litros H₂O


 $20 (224) / 450 = 9.95 = \boxed{10 \text{ ml de H}_2\text{O}_2 \text{ al 1\%}}$

Las dosis anteriormente calculadas fueron aplicadas desde la SEMANA 1 a la SEMANA 9, aplicándose manualmente a cada planta 448 ml por lado. A partir de la SEMANA 10 en adelante hasta la SEMANA 28 se realizó un nuevo cálculo de las dosis, debido a las indicaciones y modificaciones en el aumento de los litros de agua de riego al cultivo establecidas por la empresa Arena Verde S.A.C. El cálculo se señala a continuación:

- **TRATAMIENTO 1**

**ANTIGUO CÁLCULO
(Semana 1-9)**

30 L. por planta ———→ 112 ml H₂O₂

**NUEVO CÁLCULO
(Semana 10-36)**

40 L. por planta ———→ X

$X = 40 (112) / 30 = 149.3 \text{ ml H}_2\text{O}_2$
--

- Para la dilución:

ANTIGUO CÁLCULO
(Semana 1-9)

112 ml H₂O₂

5 ml para 20 L.

NUEVO CÁLCULO
(Semana 10-36)

149.3 ml H₂O₂ —————> X

$$X = 149.3 (5) / 112 = 6.67 \text{ ml para 20 L.}$$

- **TRATAMIENTO 2**

ANTIGUO CÁLCULO
(Semana 1-9)

30 L. por planta —————> 224 ml H₂O₂

NUEVO CÁLCULO
(Semana 10-36)

40 L. por planta —————> X

$$X = 40 (224) / 30 = 298.6 \text{ ml H}_2\text{O}_2$$

- Para la dilución:

ANTIGUO CÁLCULO
(Semana 1-9)

224 ml H₂O₂ —————> 10 ml para 20 L.

NUEVO CÁLCULO
(Semana 10-36)

298.6 ml H₂O₂ —————> X

$$X = 298.6 (10) / 224 = 13.33 \text{ ml para 20 L.}$$

La aplicación del peróxido de hidrógeno fue de manera manual, utilizando para ello dos (02) baldes de 20 L. cada uno, en los que se inyectó el producto por medio de jeringas milimetradas. Posterior a ello, con una jarra se midieron las cantidades a aplicar, las adiciones del producto fueron de manera continua, 1 vez a la semana, siguiendo el cronograma de riego establecido por la empresa Arena Verde S.A.C.

Figura 14

Aplicaciones de peróxido de hidrógeno semanales



Nota: Fotografías tomadas en campo

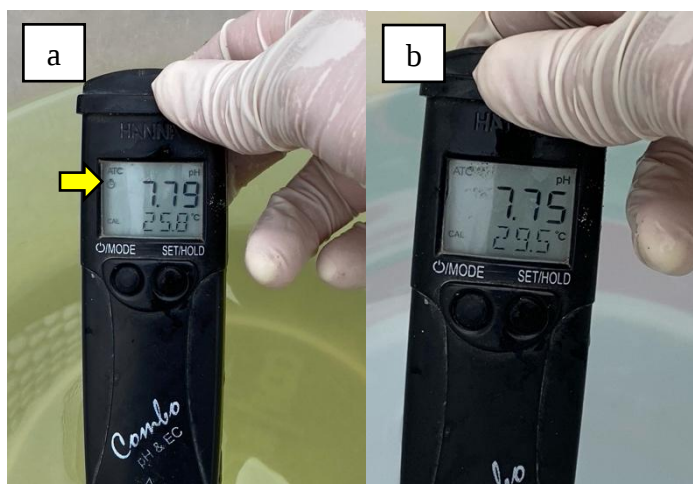
2.6.3.5 Ph del agua y temperatura del suelo

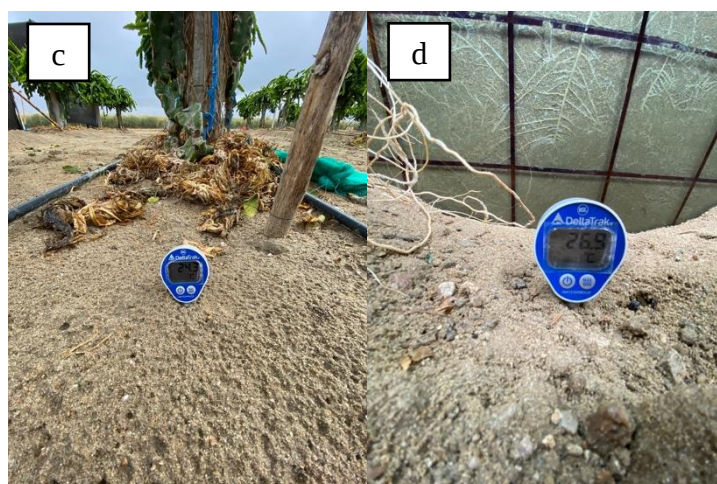
Se realizaron mediciones del pH al agua de riego una vez inyectado el peróxido de hidrógeno, las mediciones fueron semanales, para ello se empleó un pH-metro digital marca Hanna, introduciendo la parte inferior del mismo en el balde con agua de riego, las medidas eran mostradas en la pantalla, se esperaba que el reloj del instrumento se detenga y se procedía a anotar y fotografiar los resultados, las medidas se tomaban a ambos baldes con dosis diferentes de peróxido de hidrógeno.

Para la temperatura del suelo, se empleó un termómetro de aguja marca DeltaTrak®, las mediciones de la temperatura fueron anotadas semanalmente, tomando como referencia las primeras repeticiones de cada tratamiento. Se tomó la temperatura del suelo y la temperatura del mismo pero dentro del rizotrón.

Figura 15

Toma de mediciones de pH y temperatura del suelo





Nota: a= pH-metro introducido en el agua de riego, se señala el reloj que indica que la medida está procesándose; b= mismo pH-metro indicando la toma real del pH del agua de riego; c= termómetro de aguja introducido en la parte del suelo proxima a la planta de pitahaya, d= termómetro mostrando temperatura del suelo dentro del rizotrón.

2.6.3.6 Evaluaciones y anotaciones en campo

Las evaluaciones de la evolución del cultivo se realizaron a partir de la semana 05 en adelante, las evaluaciones estuvieron referidas a la observación y anotación de los mismos en las fichas de observación, para anotar el mejoramiento en el desarrollo vegetativo, se anotaron datos de longitud de raíz, la misma que fue trasladada mediante bosquejos en las fichas de recolección de datos, se fotografiaron las raíces que crecían en el rizotrón (detrás del vidrio y laterales). Se fotografiaron además las raíces aéreas que crecían en los cladodios de cada tratamiento.

Figura 16

Anotaciones semanales en campo del mejoramiento vegetativo del cultivo



Nota: Se utilizaron las fichas instrumento para bosquejar la longitud de la raíz en los rizotrones

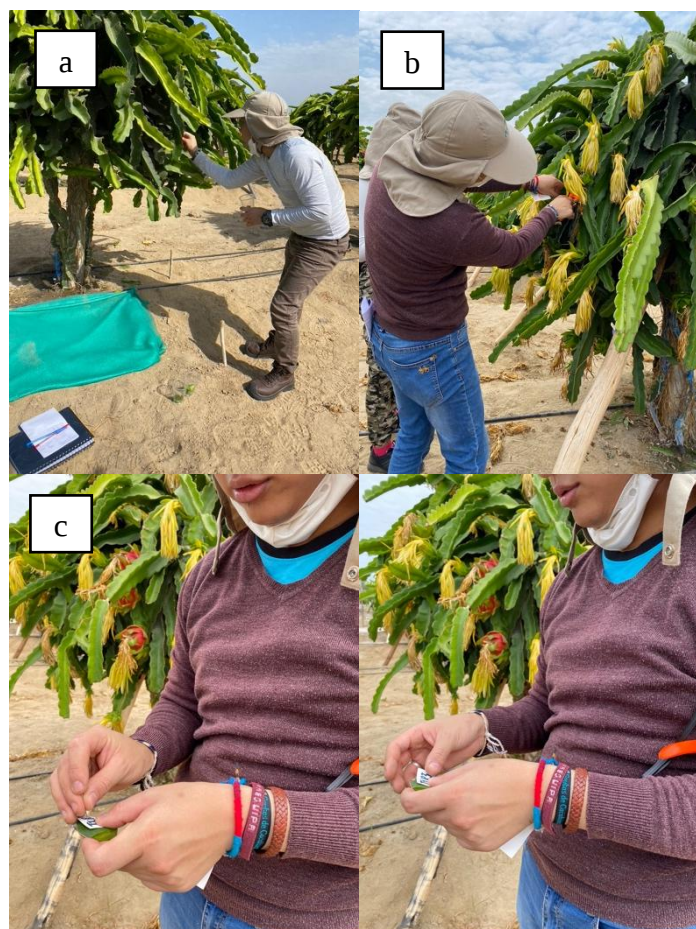
Se realizaron evaluaciones referidas al Brix°, en las semanas 08 y 13 (octubre y noviembre respectivamente) durante el período vegetativo, esto para el cálculo de la acumulación de azúcares en los cladodios; se realizó una tercera evaluación en la semana 27 (febrero) durante la segunda cosecha para verificar la concentración de azúcares y comparar los resultados con las evaluaciones anteriores. El procedimiento para la toma de muestra del cladodio y su evaluación con los equipos analíticos se detalla a continuación:

1. Se seleccionaron al azar nueve (09) plantas de cada repetición y tratamiento cada uno.
2. Con un bisturí se realizaron cortes de forma cuadrangular en los cladodios de las plantas previamente seleccionadas.
3. Se etiquetaron para posteriormente procesarlas con los equipos correspondientes (Refractómetro Digital Atago)

4. Con ayuda de un bisturí se realizaron cortes para extraer el mucílago contenido en los cladodios.
5. Se depositó el mucílago extraído en un filtro y se realizó presión hasta depositarlo en el refractómetro.
6. Se anotaron los resultados en las fichas instrumento.
7. Se repitió el proceso para las ocho (08) muestras restantes, cuidando limpiar el refractómetro en cada muestreo y toma de datos.

Figura 17

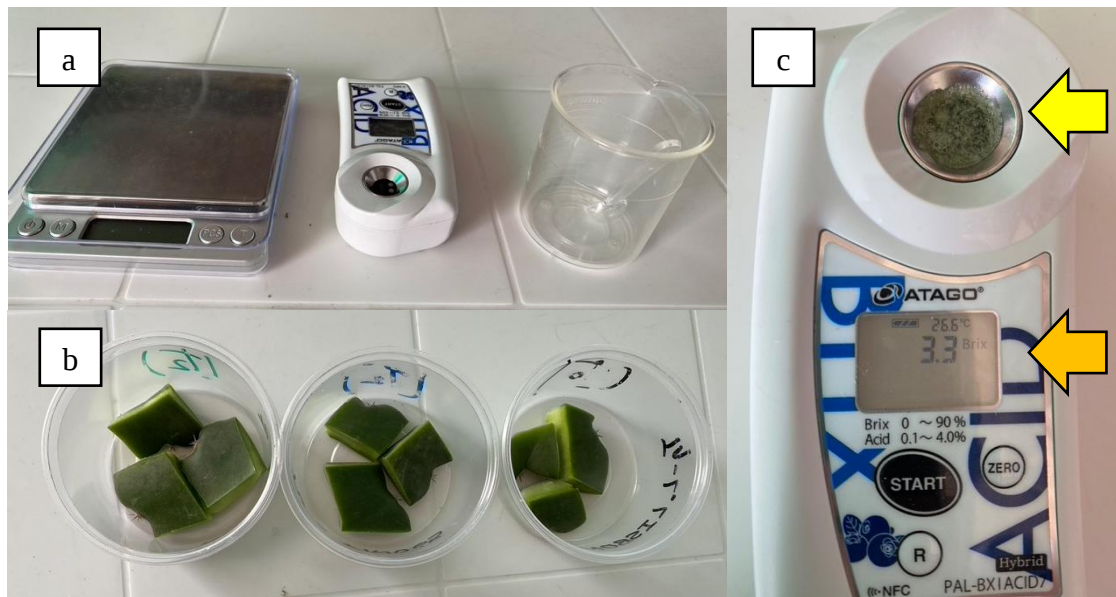
Cortes con bisturí a los cladodios seleccionados al azar



Nota: a= fotografía tomada en la primera evaluación de Brix°; b= fotografía tomada en la tercera evaluación de Brix°; c= etiquetado de los cladodios según tratamiento y repetición

Figura 18

Evaluación y medida de Brix° a cladodios de pitahaya



Nota: a= Refractómetro digital Atago; b= 9 cortes extraídos de los cladodios; c= la flecha amarilla señala el lugar donde se deposita el mucílago, la flecha naranja señala la pantalla donde se muestra el resultado del indicador Brix°.

Para anotar el mejoramiento del desarrollo productivo se contabilizaron el número de flores alcanzadas en cada flujo de cosecha, así como la cantidad de frutos cuajados, los resultados fueron trasladados a las fichas de recolección de datos. Las evaluaciones fueron continuas desde el primer flujo de cosecha hasta el tercero.

2.6.3.7 Cosechas

La cosecha se realizó en tres (03) flujos con distintas fechas cada una, esto indicado y establecido por la empresa Arena Verde S.A.C., las mismas que fueron programadas según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Fechas programadas para los distintos flujos de cosecha

COSECHA	FECHA PROGRAMADA
Primer flujo de cosecha	04/02/2022
Segundo flujo de cosecha	22/02/2022
Tercer flujo de cosecha	04/03/2022

Nota: Fechas indicadas por la empresa Arena Verde S.A.C.

Durante las cosechas se contabilizaron el número de flores alcanzadas en cada flujo, así como el número de frutos cuajados; se utilizó la ficha instrumento para anotar y registrar el conteo. Para el muestreo, se seleccionaron al azar cinco (05) frutos por repetición por cada tratamiento de cada cosecha, mismos que fueron analizados según los indicadores señalados en esta investigación y los indicados por la empresa.

Figura 19

Contabilización de flores y frutos alcanzados en cada flujo de cosecha



Nota: El conteo fue anotado en las fichas de recolección de datos

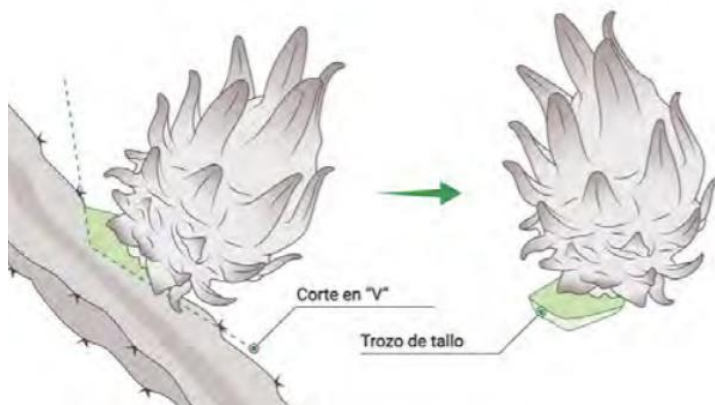
2.6.3.7.1 Primer flujo de cosecha

El primer flujo de cosecha fue realizado en la fecha indicada por la empresa (04 de febrero del presente año), se realizaron las coordinaciones para el recojo de frutos y su posterior análisis, se requirieron tijeras de cosecha punta roma, escaleras trípode, canastas grandes y pequeñas, bolsas y etiquetas para cada tratamiento y repetición respectivamente. Previa cosecha se contabilizaron el número total de flores y frutos. Para el muestreo se seleccionaron frutos del total de frutos cosechados, considerando un diseño de selección al azar, siendo escogidos cinco (05) por cada repetición y tratamiento. El procedimiento de cosecha se describe a continuación, se siguió el modelo establecido por la empresa considerando las indicaciones del Manual Técnico de Cosecha de Pitahaya:

1. Se identificaron por el grado de madurez los frutos por planta a cosechar.
2. Se introdujo la tijera de cosecha punta roma en la base del fruto, cuidando no dañarlo.
3. Se hizo presión a la tijera y luego con ayuda de la otra mano se recogió el fruto.
4. Si el fruto presenta algunos restos de cladodio en la base, con la misma tijera se retiraban.
5. Los frutos fueron colocados en canastas pequeñas hasta ser llenadas, luego fueron depositados en canastas grandes, previamente etiquetados.
6. Se seleccionaron cinco (05) frutos al azar del total de frutos recogidos en la cosecha de cada repetición y tratamiento.

Figura 20

Corte adecuado del fruto de pitahaya



Nota: Se emplea una tijera en punta roma para evitar lesiones en el fruto

Figura 21

Proceso de cosecha y muestreo (primer flujo)



Nota: a= frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose); b= los frutos cosechados colocados en canastas etiquetadas; c= del total de frutos cosechados, se muestrean cinco (05) frutos al azar.

2.6.3.7.2 Segundo flujo de cosecha

El segundo flujo de cosecha fue realizado en la fecha indicada por la empresa, se realizaron nuevamente coordinaciones para el recojo de frutos y su posterior análisis, se requirieron los materiales previamente descritos en el primer flujo para cada tratamiento y repetición respectivamente. Previa cosecha se contabilizaron el número total de flores y frutos. Para el muestreo se seleccionaron frutos del total de frutos cosechados, considerando un diseño de selección al azar, siendo escogidos cinco (05) por cada repetición y tratamiento. La manera indicada de cosecha es la misma descrita y utilizada en el primer flujo de cosecha.

Figura 22

Proceso de cosecha y muestreo (segundo flujo)





Nota: a= tijeras de cosecha punta roma; b= inserción de la tijera en la base del fruto; c= de forma manual con la mano se retira el fruto; d= fruto retirado de la planta

2.6.3.7.3 Tercer flujo de cosecha

El tercer flujo de cosecha fue realizado en la fecha indicada por la empresa, se realizaron nuevamente coordinaciones para el recojo de frutos y su posterior análisis, se requirieron los materiales previamente descritos en el primer flujo para cada tratamiento y repetición respectivamente. Previa cosecha se contabilizaron el número total de flores y frutos. Para el muestreo se seleccionaron frutos del total de frutos cosechados, considerando un diseño de selección al azar, siendo escogidos cinco (05) por cada repetición y tratamiento. La manera indicada de cosecha es la misma descrita y utilizada en el primer y segundo flujo de cosecha.

Figura 23

Tercer flujo de cosecha



Nota: a= frutos cosechados y muestreados en canastas etiquetadas por tratamiento y repetición; b= equipo de trabajo en el transporte a la parcela experimental; c= Asesor M.Sc. José Eliseo Ayasta Varona, Ingeniero Anthony Vincés y tesista Edson Estela.

2.6.3.8 Evaluaciones de los frutos muestreados

Las evaluaciones de los frutos muestreados se realizaron en las instalaciones del fundo I+D (Investigación y Desarrollo) del Lote Norte de la empresa Arena Verde S.A.C.

2.6.3.8.1 Peso

Para medir el peso, se utilizó una balanza gramera digital. Los pesos de los frutos fueron anotados en las fichas de recolección de datos. Este procedimiento fue realizado primero antes que todos los demás debido a que luego se requería cortar el fruto por la mitad.

Figura 24

Pesado de frutos en balanza gramera digital



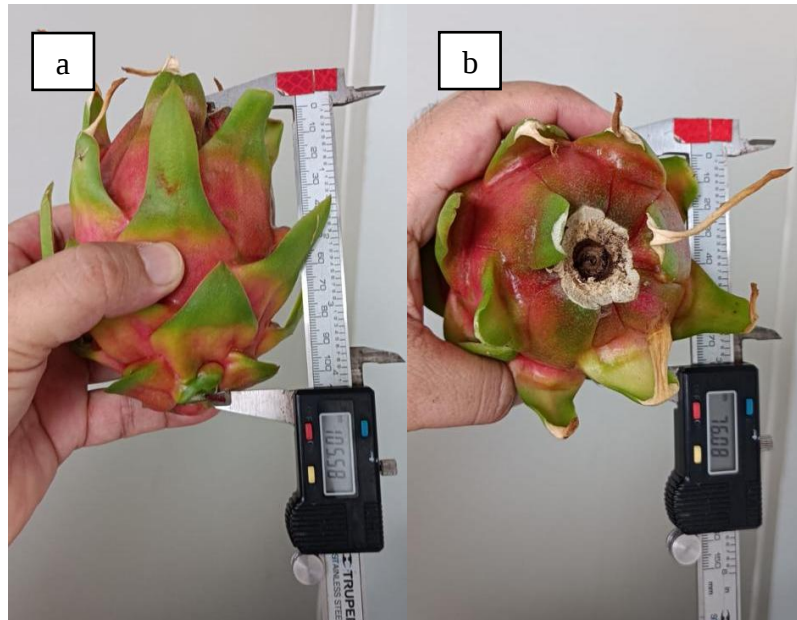
Nota: Se pesaron todos los frutos muestreados y se anotaron los datos en las fichas de recolección

2.6.3.8.2 Diámetros (polar y ecuatorial)

Para medir el diámetro polar y ecuatorial se empleó un vernier digital. Para el diámetro polar se midieron los extremos (punta a punta) del fruto, mientras que para la medida del diámetro ecuatorial se midió la cintura o el ancho del fruto.

Figura 25

Toma de medidas polares y ecuatoriales de los frutos con vernier



Nota: a= medida del diámetro polar; b= medida del diámetro ecuatorial

2.6.3.8.3 Firmeza

Para la firmeza se utilizó el durómetro Baxlo ®, siguiendo los pasos a continuación:

1. Se identificó un único punto en el fruto para colocar el durómetro, se tuvo en cuenta un único punto, puesto que tomar medidas de distintos puntos en el fruto puede arrojar resultados distintos.
2. Se apoyó el instrumento al fruto y se presionó.
3. Se anotaron las medidas en las fichas de recolección de datos.

Figura 26

Medida de la firmeza del fruto con un durómetro



Nota: Se tomaron medidas de firmeza previo a la toma de Brix°/acidez. Se anotaron los datos en las fichas de recolección

2.6.3.8.4 Brix°

Se siguió el método tradicional de medición de grados °Brix modificada para la conveniencia en la manipulación del fruto y el instrumento, se midió el °Brix siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Con un cuchillo se cortó a la mitad un fruto de pitahaya.
2. Con la ayuda de una cuchara se extrajo de forma superficial lo suficiente de pulpa del fruto.
3. Se colocó lo extraído en un filtro y se presionó.
4. Se dejó caer el jugo de la pulpa en el refractómetro hasta llenar el espacio indicado.
5. Se anotó la medida de Brix° que marcó el equipo.
6. Se limpiaron los instrumentos y materiales usados antes de analizar otro fruto.

Figura 27

Pasos para la medición del Brix°



Nota: a= fruto cortado a la mitad con un cuchillo; b= extracción del jugo de la pulpa con una cuchara sobre un filtro; c= se coloca el jugo sobre el espacio en el refractómetro; d= se limpian los materiales y equipos con agua destilada para la próxima medida.

2.6.3.8.5 Acidez

Para el cálculo de la acidez del fruto se siguió el siguiente procedimiento:

1. Sobre una balanza analítica se colocó una cuchara vacía y el peso en 0 gramos.
2. Con otra cuchara se extrajo jugo de pulpa del fruto y se colocó en la cuchara que estaba en la balanza hasta llegar a la medida de 1 gr.

3. En un vaso de precipitado se colocaron 50 ml. de agua destilada.
4. Fue adicionado en los 50 ml de agua destilada la cuchara con el gramo de jugo de pulpa y se disolvió.
5. En el refractómetro se colocó la disolución hasta cubrir el espacio requerido en el equipo.
6. Se anotó la medida de la acidez.
7. Se repite el procedimiento para el resto de muestras cuidando limpiar cada material y equipo empleado.

Figura 28

Procedimiento para el cálculo de la acidez del fruto



Nota: a= cuchara vacía puesta sobre balanza; b= otra cuchara sirve para extraer jugo de pulpa del fruto; c= se coloca el jugo en la cuchara vacía con ayuda de un filtro; d= se mide 1 gr de jugo; e= vaso de precipitado con 50 ml de agua destilada, se mezcla con el gramo de jugo; f= se llena el espacio señalado del refractómetro con la nueva solución y se anota la medida.

2.6.3.8.6 Estado del fruto

Para verificar el estado de los frutos, se observaron si estos estaban verdes o maduros, de acuerdo al color, los datos se anotaron en fichas de recolección de datos.

2.6.3.8.7 Código de calibre

Se anotó el código de calibre según el peso del fruto, se colocaron los códigos establecidos por la Norma CODEX STAN 237-2003 para la exportación de pitahaya (Anexo 10.4)

2.6.3.9 Extracción de canastillas con raíces

Las canastillas colocadas en los primeros meses del experimento fueron extraídas en cada flujo de cosecha, se extrajeron las canastillas de cada repetición, la distribución fue de la siguiente manera:

Tabla 2

Extracción de grupo de canastillas en cada flujo de cosecha

FLUJO DE COSECHA	CANASTILLAS EXTRAÍDAS								
	T0R1	T0R2	T0R3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3
Primero flujo de cosecha	x			x			x		
Segundo flujo de cosecha		x			x			x	
Tercer flujo de cosecha			x			x			x

Nota: En el primer flujo de cosecha se retiraron las canastillas de la R1, en el segundo flujo de cosecha se retiraron las canastillas de la R2 y en el tercer flujo de cosecha se retiraron las canastillas de la R3.

Figura 29

Extracción de canastillas



Nota: a.1 y 1.2= con una palana se extrae la tierra que cubren las canastillas; b= con fuerza y cuidando no romper las raíces se empuja la canastilla al exterior; c.1, c.2 y c.3= canastillas de las distintas repeticiones sacadas al exterior.

2.6.3.10 Procesamiento del peso fresco y seco de las raíces extraídas

El procesamiento para medir el peso en fresco de las raíces contenidas en las canastillas se realizó siguiendo los siguientes pasos:

1. Se cortaron bolsas grandes y se extendieron en el área de trabajo, ello para procurar tener mejor manejo de la tierra donde se encuentran las raíces.
2. Se prepararon recipientes vacíos y llenos con agua para sumergir las canastillas.

3. Se lavaron las raíces y raicillas cuidando de no confundirlas con sustrato.
4. Se remojaron y se dejó asentar el sustrato.
5. Se volvieron a lavar por segunda vez para eliminar todo el exceso de tierra.
6. Las raíces lavadas se extendieron y se colocaron encima de sobres y papel absorbente.
7. Sobre una balanza gramera se colocó un papel y se graduó a 0.
8. Se colocaron las raíces de cada tratamiento en la balanza y se anotó el peso.

Figura 30

Procesamiento de lavado y peso en fresco de las raíces



Nota: a= canastillas encima de bolsas grandes; b= canastillas siendo lavadas; c= raíces lavadas y puestas sobre sobres y papel absorbente; d= pesado de raíces en la balanza digital.

El procesamiento para medir el peso en seco de las raíces previamente lavadas se realizó en el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, se tomó como referencia el nivel de temperatura de la mufla empleado por Yanarico (2018) siendo esta modificando el tiempo de de secado, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se preparó la Incubadora Binder a una temperatura de 65°C.
2. Se etiquetaron los sobres con los tratamientos y repeticiones que contenían las raíces.
3. Se colocaron los sobres dentro de la incubadora por 2 horas.
4. Pasadas las 2 horas, se retiraron las raíces ya secas.
5. Se pesaron las raíces en una balanza analítica y se anotó el resultado.

Figura 31

Procesamiento de pesado en seco de las raíces



Nota: a= preparación de la mufla; b= sobres etiquetados dentro de la mufla; c= pesado de raíces;
d= registro de los pesos

2.6.3.11 Elaboración de los resultados e informe final (fase de gabinete)

La elaboración de los resultados e informe final se redactaron en los meses de marzo y abril del presente año, se realizaron reuniones vía plataforma Google Meet con el asesor a cargo de esta investigación, M.Sc. José Eliseo Ayasta Varona para corroborar los análisis y la elaboración de las interpretaciones y análisis de los mismos. Se utilizaron las herramientas de Microsoft Word 2019 versión 16.59 para la redacción del informe, y Microsoft Excel 2019 versión 16.59 para la elaboración de gráficos estadísticos. Se emplearon además herramientas para la elaboración de mapas como Google Earth Pro v. 7.3.3.7786 de 64 bits y MapSource v. 6.16.3.

2.6.3.11.1 Procesamiento y análisis de datos

Puesto que la investigación tiene un nivel explicativo y diseño y método experimental entonces el análisis de datos se hará utilizando el programa estadístico Microsoft Excel 2019 versión 16.59 para la comparación de promedios y elaboración de gráficos.

2.7 Principios éticos de la UNPRG

La Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, dentro de sus Principios Generales del Código de Ética para la Investigación, incluye y persigue los siguientes objetivos, que a su vez se han tomado en cuenta para la realización de este trabajo de investigación.

- Respeto a las personas: La actividad investigadora debe respetar la dignidad humana, la identidad, la confidencialidad y la privacidad, así mismo el estatus socioeconómico y cultural, etnia, género u otra característica donde los intereses del ser humano superen los de la ciencia.
- Consentimiento informado y expreso: Las personas sujetas de la investigación, deben recibir una comunicación adecuada de su participación en la investigación antes de dar

su consentimiento voluntario mediante documento firmado.

- Cuidado del medio ambiente y de la biodiversidad: Las investigaciones realizadas deben garantizar la conservación y evolución natural de los ecosistemas de tal manera que se mantenga su equilibrio en estructura y funciones.
- Honestidad: Los investigadores deben: aceptar el resultado de la investigación evitando la manipulación de los mismos por intereses particulares o colectivos y respetar los derechos de propiedad intelectual de otros investigadores, evitando cualquier forma de plagio.

Además, en el **Artículo 10** del mismo Código Ético, se exige y se considera lo siguiente con respecto a las investigaciones realizadas con plantas:

- Las investigaciones deben estar en concordancia con las legislaciones relacionadas con las áreas naturales protegidas (ANPEs) y fuera de las áreas naturales protegidas (SERFOR). La investigación con organismos genéticamente modificados tiene su propia legislación. Los investigadores deben tener el informe favorable del comité de ética de su facultad para la ejecución de una investigación. Las diferencias de opinión respecto al informe serán resueltas conjuntamente con el Comité de ética para la investigación de la UNPRG.

En el **Artículo 17**, se hace mención en cuanto al Plagio, considerándose lo siguiente:

- Es la “infracción del derecho de autor sobre una obra de cualquier naturaleza, que se produce mediante la copia de esa obra, sin la autorización de la persona que la creó o de quien tiene sus derechos presentándola como obra original”.

Según INDECOPI el plagio servil tiene lugar cuando la obra ajena es presentada como propia, lo que significa que se le ha transcrito cambiando sólo el título y nombre de autor, sin modificar su contenido y el plagio inteligente, cuando se pretende hacer pasar

como propia una obra ajena, introduciendo solo algunas variaciones en el texto. También constituye una infracción cuando una obra se ha publicado sin el permiso del autor o si se han cambiado o modificado algunas partes de la misma.

III CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Respecto al primer objetivo específico

Describir las características del mejoramiento en el desarrollo vegetativo del cultivo Pitahaya usando la oxifertirrigación como estrategia de disponibilidad de aire en la raíz, en una parcela experimental de la empresa Arena Verde.

Para describir las características en el mejoramiento del desarrollo vegetativo, se consideraron y registraron mediciones de temperatura del suelo y pH del agua de riego, las mismas que fueron variando semanalmente, estas mediciones permitieron conocer el estado de las condiciones abióticas a las que el cultivo estuvo expuesto para su mejoramiento y desarrollo. Asimismo, el mejoramiento vegetativo se demostró en el incremento de la longitud radicular vista en los rizotrones y biomasa contenida en las canastillas de cada uno de los tratamientos y repeticiones.

3.1.1 Temperatura del suelo (°C)

Las mediciones de temperatura tomadas y registradas semanalmente permitieron confirmar el estado en el desarrollo del cultivo. Estas mediciones fueron realizadas a partir de la semana 1 hasta la semana 25, habiendo dos semanas en las que no se anotaron debido al agoste programado (semana 11 y 12), asimismo, el crecimiento del Río La Leche a causa de las lluvias presentadas en la Región impidió el traslado hasta la parcela experimental, por lo que no se anotaron mediciones en las semanas 18, 23 y 26; tampoco se consideraron las semanas de cosecha (semana 24, 27 y 28). Se registró la temperatura de la superficie del suelo (S) así como la temperatura del suelo en el rizotróon (R) (Tabla 3).

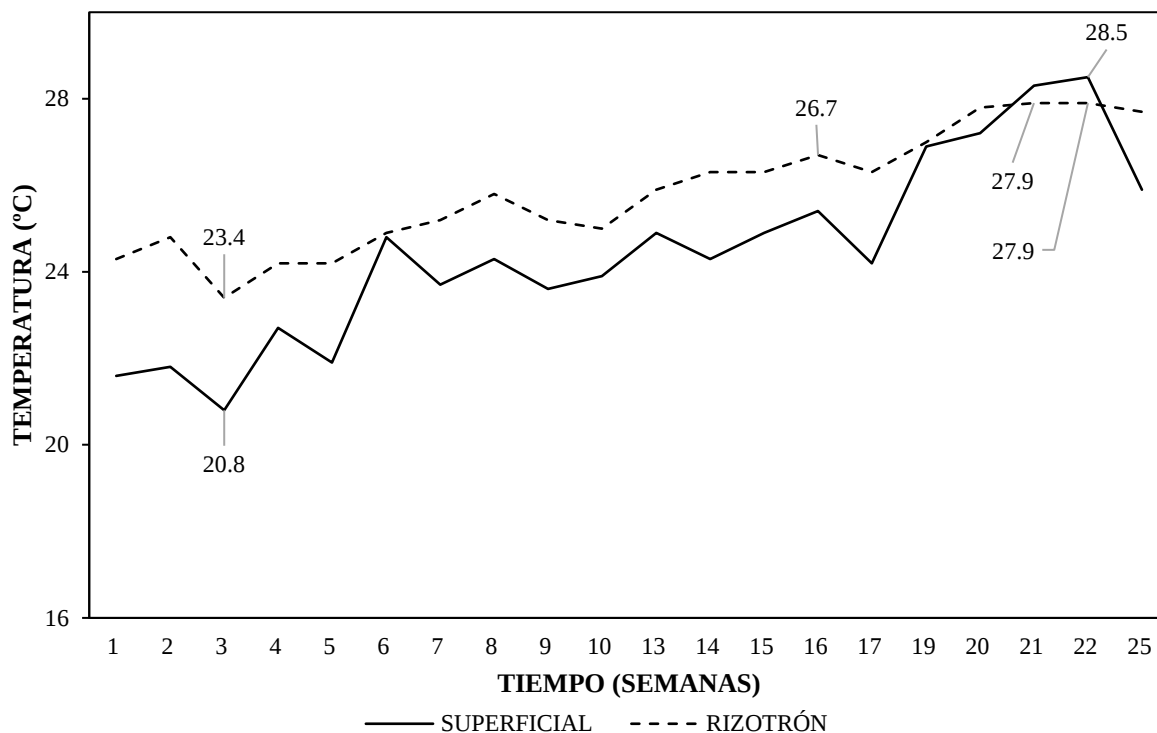
Tabla 3*Mediciones semanales de la temperatura del suelo*

SEMANAS	TEMPERATURA DEL SUELO (°C)					
	T0		T1		T2	
	S	R	S	R	S	R
SEMANA 1	21.6	24.3	21.6	24.3	22.1	24.8
SEMANA 2	21.8	24.8	21.7	24.5	21.9	24.3
SEMANA 3	20.8	23.4	20.7	23.8	20.9	23.9
SEMANA 4	22.7	24.2	22.5	24.7	22.4	24.6
SEMANA 5	21.9	24.2	21.9	24.7	21.9	24.9
SEMANA 6	24.8	24.9	24.9	25.7	24.8	25.8
SEMANA 7	23.7	25.2	23.6	25.7	23.6	25.8
SEMANA 8	23.3	25.8	24.1	26.0	24.1	26.1
SEMANA 9	23.6	25.2	24.0	25.9	23.4	25.9
SEMANA 10	23.9	25.0	23.8	25.0	23.9	25.1
SEMANA 13	24.9	25.9	24.9	26.6	24.9	26.3
SEMANA 14	24.3	26.3	24.4	26.9	23.9	26.9
SEMANA 15	24.9	26.3	24.9	27.0	24.6	26.9
SEMANA 16	25.4	26.7	25.9	27.3	25.2	26.8
SEMANA 17	24.2	26.3	24.4	26.7	24.3	26.2
SEMANA 19	26.9	27.0	26.9	27.3	26.9	27.2
SEMANA 20	27.2	27.8	27.3	27.9	27.2	27.9
SEMANA 21	28.3	27.9	28.0	28.0	28.2	28.2
SEMANA 22	28.5	27.9	28.8	28.5	28.1	28.2
SEMANA 25	25.9	27.7	26.2	27.9	25.9	28.1

Nota: Elaboración propia

Figura 32

Temperatura °C superficial e interna del rizotróon - Tiempo (semanas) del T0

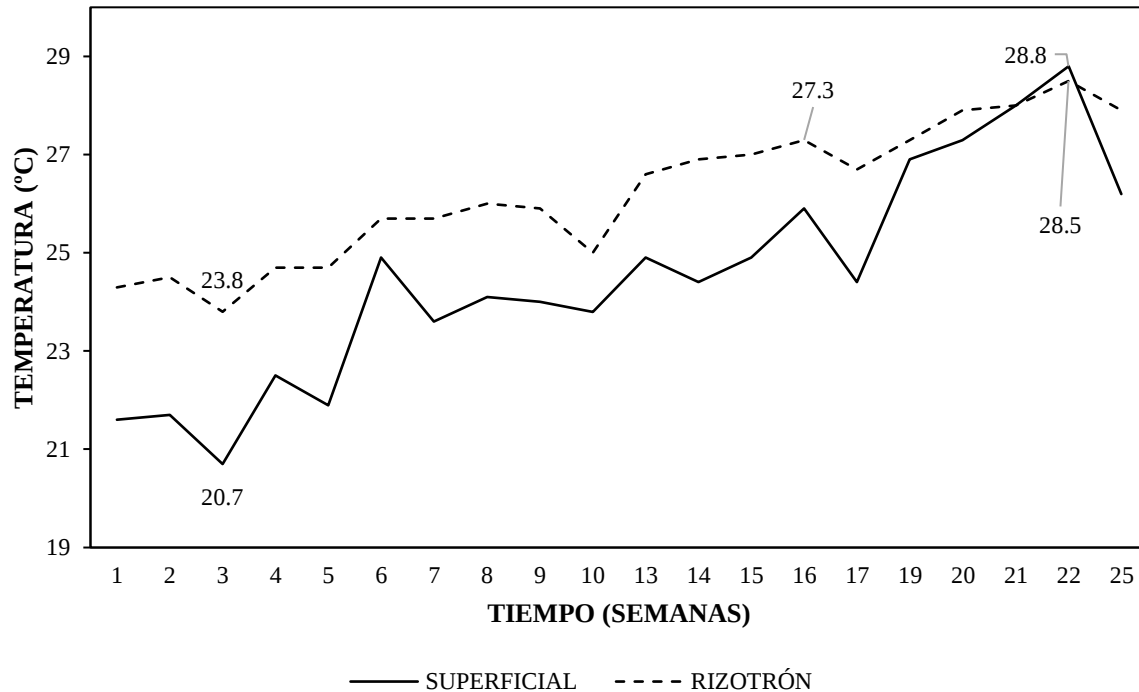


Nota: Se señalan los puntos de temperatura mínimo y máximo para la superficie del suelo (—) y dentro del rizotróon (--)

Análisis e interpretación de la Tabla 3. Figura 32. Se observó un punto de temperatura máximo de 28.5 °C en la superficie del suelo en la semana 22 y una mínima de 20.8 °C en la semana 3, sin embargo las temperaturas dentro del rizotróon siempre fueron mayores a las de la superficie debido a la incidencia directa de la luz por sobre la malla de sombra, la temperatura máxima dentro del rizotróon fue de 27.9 °C registrada en la semanas 21 y 22, siendo estas los únicos registros más bajos y por debajo de la superficial por 0.4 °C y 0.6 °C de diferencia respectivamente, y una temperatura mínima de 23.4 en la semana 3.

Figura 33

Temperatura °C superficial e interna del rizotróon - Tiempo (semanas) del T1

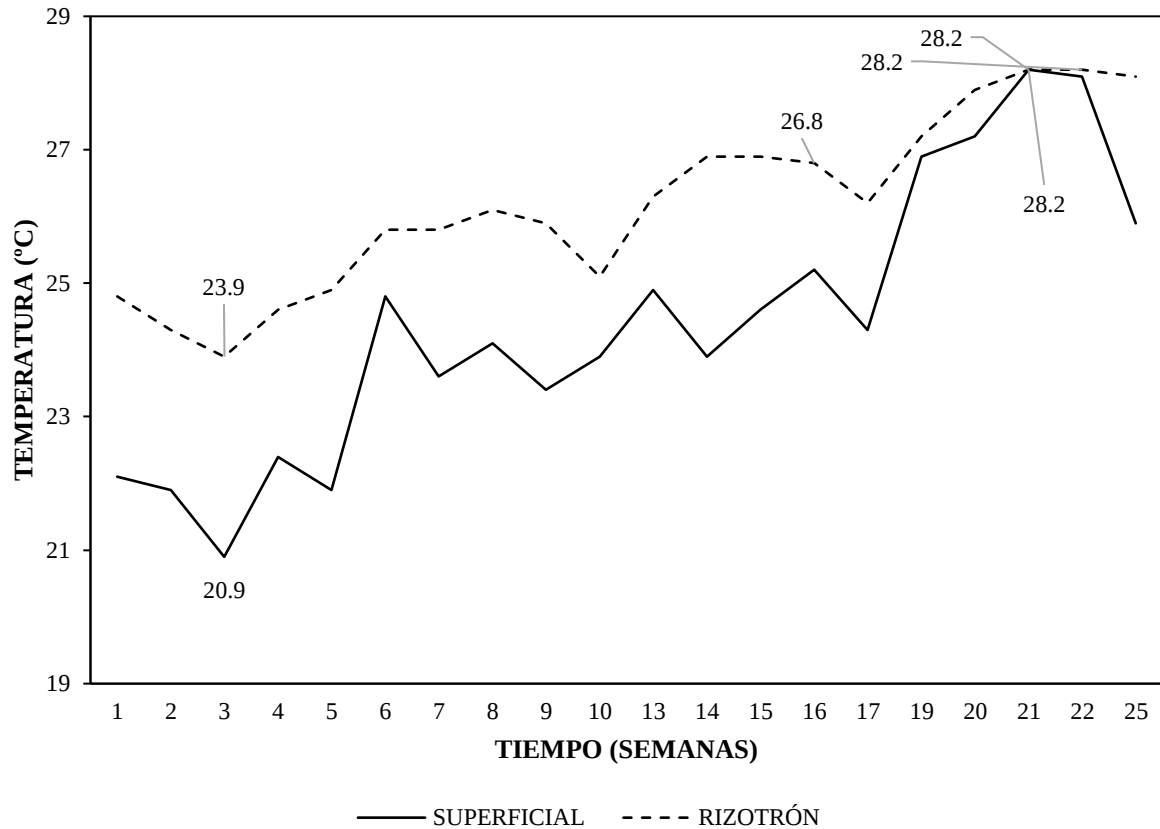


Nota: Se señalan los puntos de temperatura mínimo y máximo para la superficie del suelo (—) y dentro del rizotróon (--)

Análisis e interpretación de la Tabla 3. Figura 33. Se observó un punto de temperatura máximo de 28.8 °C en la superficie del suelo en la semana 22 y una mínima de 20.7 °C en la semana 3, de igual forma, se muestra que las temperaturas dentro del rizotróon siempre fueron mayores a las de la superficie debido lo explicado anteriormente, la temperatura máxima dentro del rizotróon fue de 28.5°C registrada en la semana 22, siendo este el único registro más bajo y por debajo de la superficial por 0.3 °C de diferencia y una temperatura mínima de 23.4 en la semana 3. Además se observa un gráfico similiar a los generados para el T0, con cifras mayores por décimas pero no significativas.

Figura 34

Temperatura °C superficial e interna del rizotróon - Tiempo (semanas) del T2

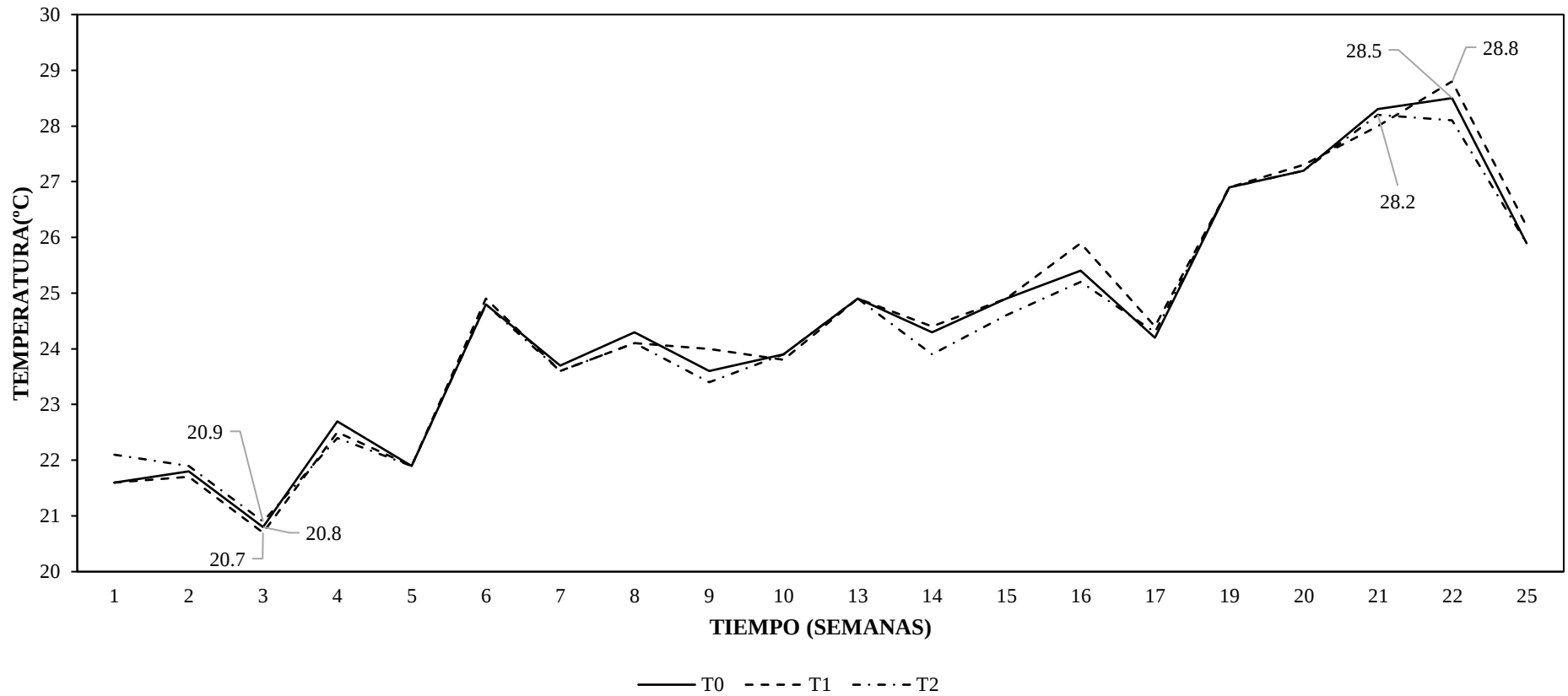


Nota: Se señalan los puntos de temperatura mínimo y máximo para la superficie del suelo (—) y dentro del rizotróon (--)

Análisis e interpretación de la Tabla 3. Figura 34. Se observó un punto de temperatura máximo de 28.2 °C tanto en la superficie del suelo como dentro del rizotróon en la semana 22 y temperaturas mínimas de 20.9 °C y 23.9 °C en la superficie del suelo y dentro del rizotróon respectivamente en la semana 3, además las temperaturas dentro del rizotróon continuaron siendo mayores a las de la superficie en este tratamiento, se observó un descenso en la temperatura del rizotróon en la semana 16, de 26.8 °C comparado a las otros dos grupos, los cuales registraron temperaturas de 23.3 °C y 26.7 °C en la misma semana .

Figura 35

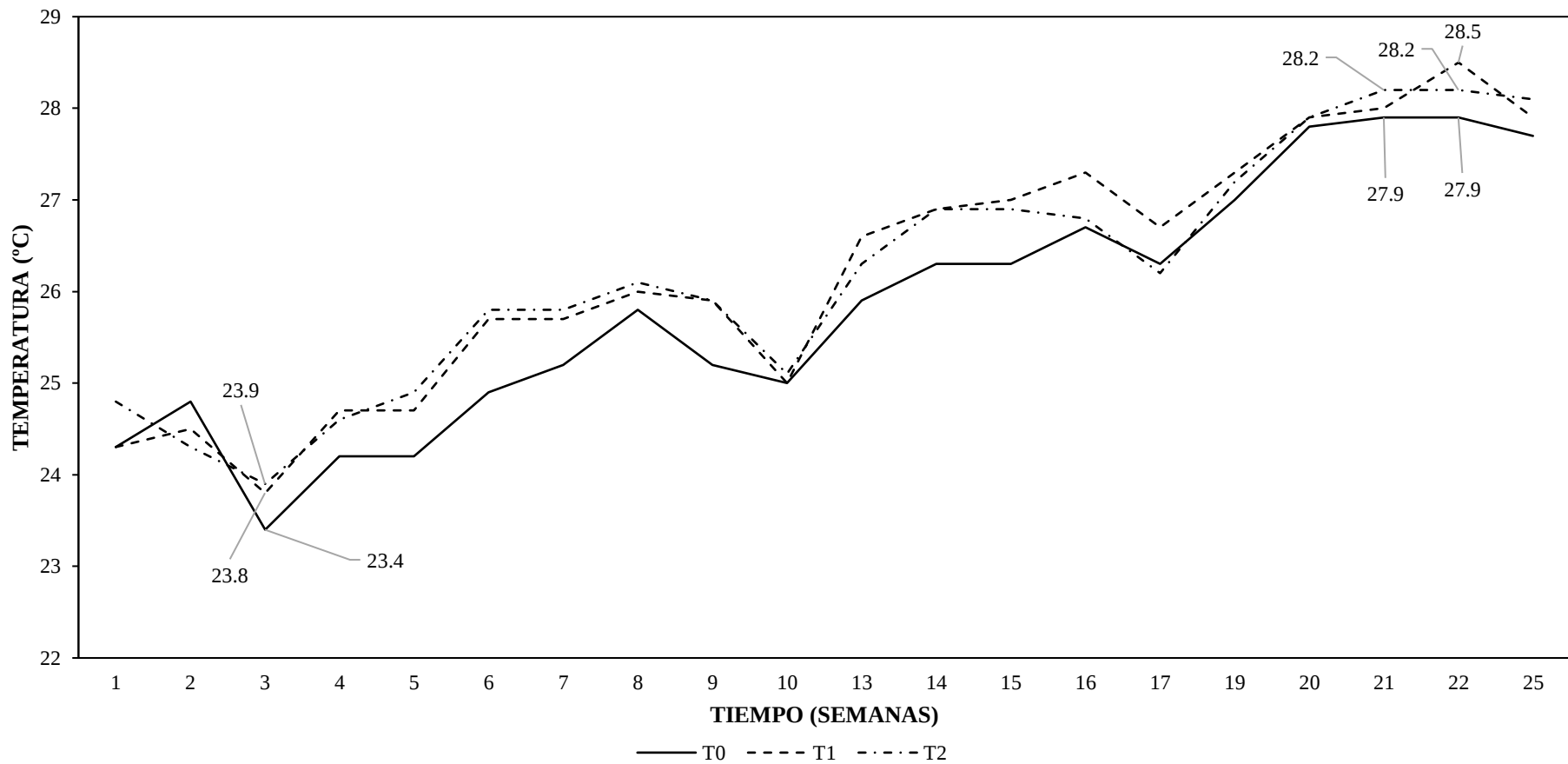
Temperaturas superficiales del T0, T1 y T2



Nota: Se señalan los puntos de temperatura mínimo y máximo para la superficie del suelo de los grupos T0 (—), T1 (--) y T2 (-.-)

Figura 36

Temperaturas del rizotróon del T0, T1 y T2



Nota: Se señalan los puntos de temperatura mínimo y máximo para la superficie de dentro del rizotróon de los grupos T0 (—), T1 (---) y T2 (-.-)

Análisis e interpretación de la Tabla 3. Figura 35. El gráfico muestra una similitud en las mediciones de las temperaturas superficiales del T0, T1 y T2, con diferencias en las semanas 9, 16 y 22, en las que se registraron temperaturas de 23.4 °C para el T2, 23.6 °C para el T0 y 24 °C para el T1; 25.2 °C para el T2, 25.4 °C para el T0 y 25.9 °C para el T1; 28.1 °C para el T2, 28.5 °C para el T0 y 28.8 °C para el T1 respectivamente. Las temperaturas mínimas del T0, T1 y T2 se registraron en la semana 3, siendo 20.7 °C, 20.8 °C y 20.9 °C respectivamente, diferenciándose por 0.1 °C. Las temperaturas máximas fueron registradas en las semanas 22 para el T0 y T1 y en la semana 21 para el T2, siendo 28.5 °C, 28.8 °C y 28.2 °C respectivamente.

Análisis e interpretación de la Tabla 3. Figura 36. El gráfico confirma una eficiencia en el trabajo de las raíces del T1 y T2. Se muestra un descenso en la temperatura del T0 a partir de la semana 3, manteniéndose por debajo de las temperaturas de los otros dos tratamientos en el resto de las semanas, indicando mayor humedad en el suelo de los rizotrones, así como una falta de absorción de agua en sus raíces, la temperatura mínima registrada fue de 23.4 °C. Los tratamientos 1 y 2 muestran un aumento en la temperatura en el suelo del rizotrón a partir de la semana 3 en adelante, indicando un mayor trabajo por parte de las raíces en la absorción del agua, denotando un ambiente con mayor evapotranspiración y calor, la temperatura más alta 28.5 °C corresponde a la semana 22 para el T1 y 28.2 °C en las semanas 20 y 21 para el T2.

3.1.2 pH del agua de riego

Las mediciones del pH del agua de riego fueron consideradas y registradas semanalmente (Tabla 4), desde la semana 1 a la semana 17 se anotaron las mediciones del agua de ambos tratamientos (T1 y T2), no considerando las semanas 11 y 12, debido al agoste programado; a partir de la semana 19 a la semana 25 se anotaron datos únicamente del T1, a causa de la suspensión de la aplicación del T2 (Tabla 5), no se anotaron mediciones en las semanas 18, 23 y 26 por las razones previamente descritas; tampoco se consideraron las

semanas de cosecha (semana 24, 27 y 28). Las mediciones se tomaron a la dilución del agua de riego y el peróxido de hidrógeno.

Tabla 4

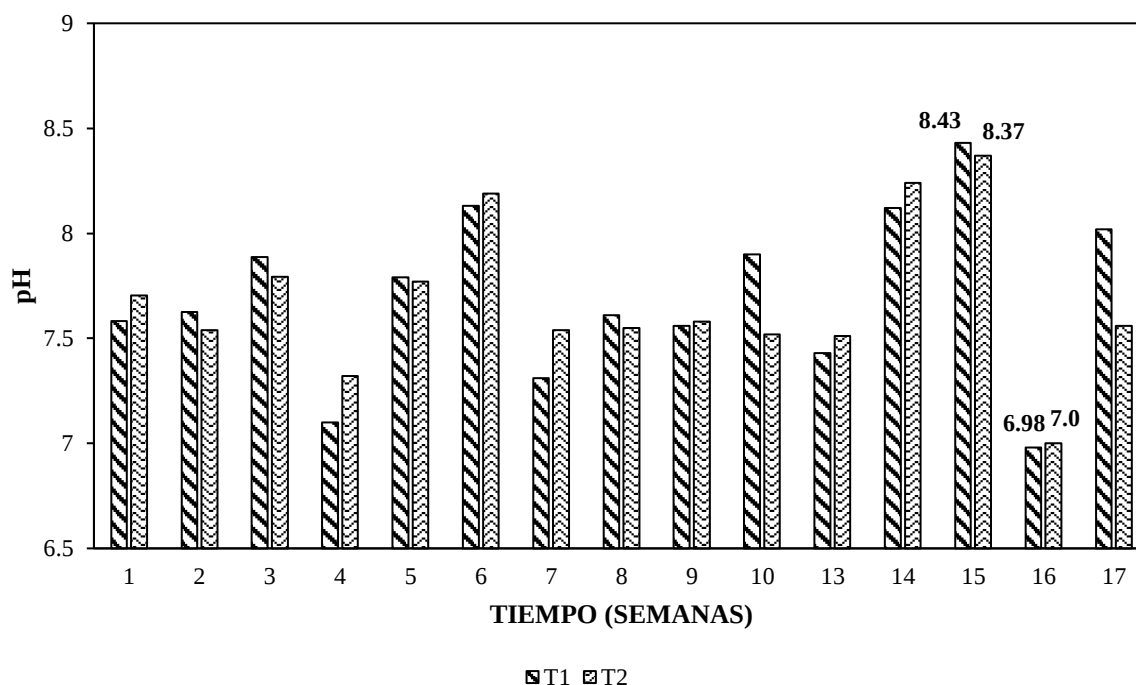
Mediciones semanales del pH del agua de riego (S1-S17)

SEMANAS	pH del agua de riego	
	T1	T2
SEMANA 1	7.58	7.70
SEMANA 2	7.62	7.54
SEMANA 3	7.88	7.79
SEMANA 4	7.10	7.32
SEMANA 5	7.79	7.77
SEMANA 6	8.13	8.19
SEMANA 7	7.31	7.54
SEMANA 8	7.61	7.55
SEMANA 9	7.56	7.58
SEMANA 10	7.9	7.52
SEMANA 13	7.43	7.51
SEMANA 14	8.12	8.24
SEMANA 15	8.43	8.37
SEMANA 16	6.98	7.0
SEMANA 17	8.02	7.56

Nota: Elaboración propia. Se consideraron datos de pH de agua de riego de los tratamientos 1 y 2.

Figura 37

Mediciones del pH del agua de riego registrado semanalmente (S1-S17)



Nota: Se anotaron datos desde la semana 1 a la 17, no considerando las semanas de agosto (11 y 12).

Análisis e interpretación de la Tabla 4. Figura 37. Las mediciones del pH de la dilución del agua de riego y el peróxido de hidrógeno fueron variables durante las 15 semanas, reportándose mediciones mínimas de 6.98 para el T1 y 7.0 para el T2 en la semana 16. Las mediciones máximas de pH se registraron en la semana 15, con 8.43 para el T1 y 8.37 para el T2. Los registros indicaron que la condición del agua fue ligeramente alcalina y alcalina para valores de 7.5 y más de 8 respectivamente.

Tabla 5

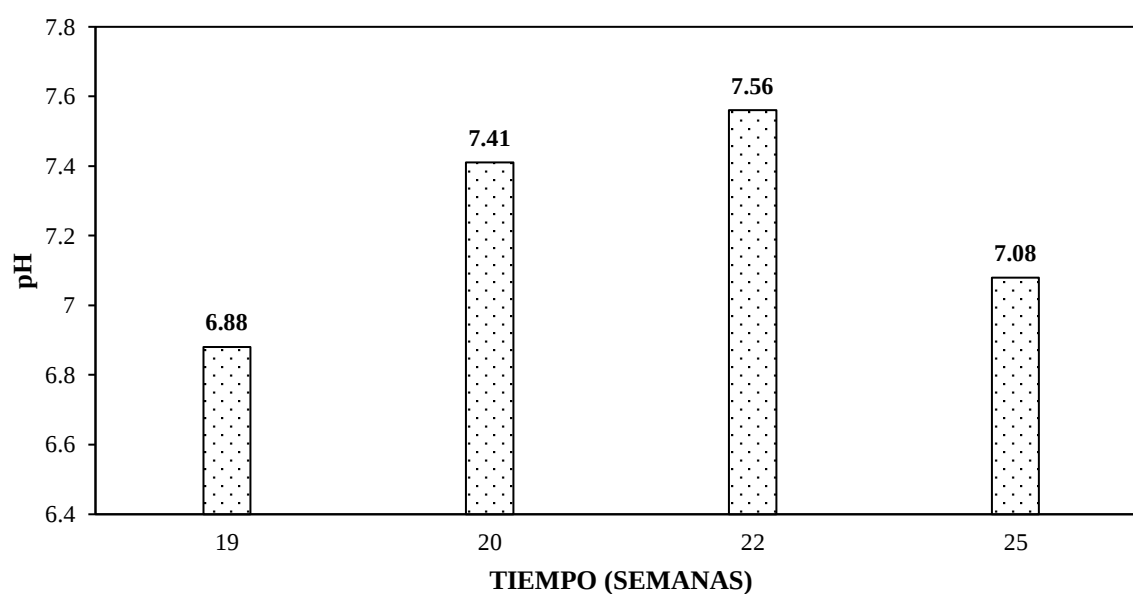
Mediciones de semanales del pH del agua de riego (S19-S25)

pH del agua del riego	
SEMANAS	T1
SEMANA 19	6.88
SEMANA 20	7.41
SEMANA 21	1.85
SEMANA 22	7.56
SEMANA 25	7.08

Nota: Mediciones tomadas a la dilución del agua de riego y peróxido de hidrógeno del T1. No se consideraron las semanas 18, 23, 24, 26, 27 y 28, por las razones descritas anteriormente.

Figura 38

Mediciones del pH del agua de riego registrado semanalmente (S19-S25)

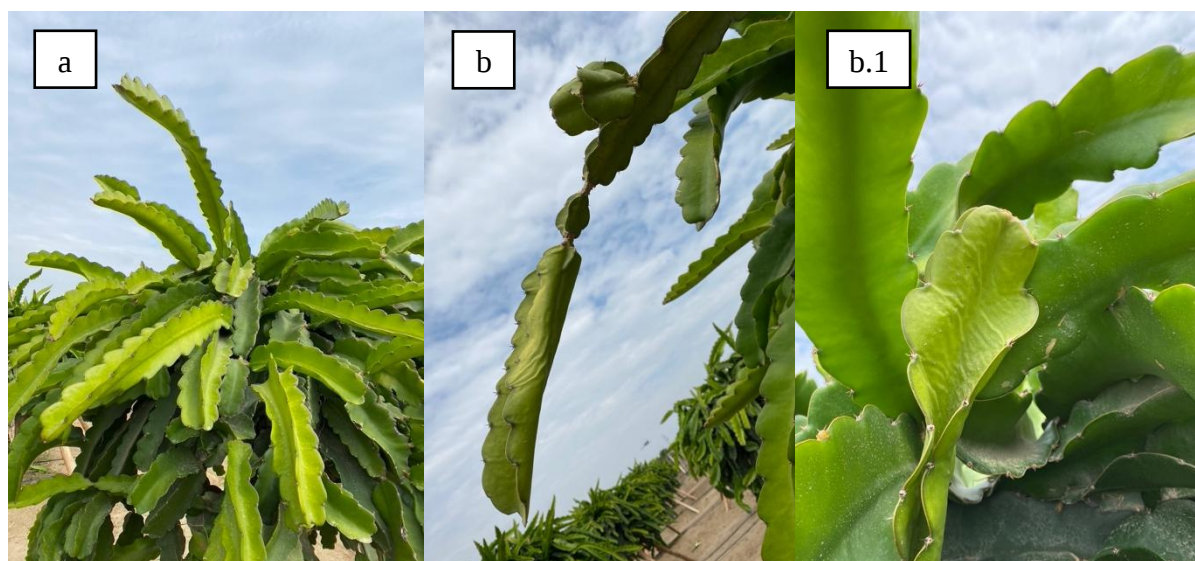


Nota: Elaboración propia. Mediciones de pH realizadas en las semanas 19, 20, 22 y 25

Análisis e interpretación de la Tabla 5. Figura 38. Se observaron medidas por encima de 6.5, siendo la máxima 7.56 registrada en la semana 22, y una mínima de 6.88 en la semana 19, se anotaron datos únicamente del T1, debido a la suspensión del T2, esto por la aparición de signos en las plantas relacionados al amarillamiento y arrugamiento de los cladodios y retraso en la floración. El agua mantiene la condición de ser ligeramente alcalina.

Figura 39

Amarillamiento y arrugamiento de los cladodios del T2



Nota: a= amarillamiento de cladodios; b y b.1= arrugamiento y encogimiento de cladodios

3.1.3 Raíz

A partir de la evaluación (semana 5) se observaron cambios significativos en el crecimiento radicular de cada tratamiento y repetición, en cada tratamiento se anotaron características de longitud en el vidrio del rizotrópico y en los laterales del mismo. El T2 mostró una ventaja significativa de crecimiento y expansión radicular en comparación a los dos otros grupos en tiempo (semanas). No se consideraron las semanas de agosto (11 y 12), ni semana 18 debido a lo descrito anteriormente.

3.1.3.1 Longitud

Las medidas de la longitud de las raíces (en los laterales y en el vidrio del rizotróon) indican una mejora significativa en el T2, con una ventaja en tiempo (semanas) en el que se expresa un desarrollo progresivo desde la semana 5 y 6 (desarrollo de raíces en los laterales), no evidenciándose en los otros dos grupos.

Para la R1, a partir de la semana 7, el T2 presentó raíces de 45 cm de longitud en el vidrio del rizotróon, en comparación con el T1 (raíces de 10 cm) y el T0 (sin crecimiento radicular) (Tabla 6), manteniendo un gráfico de crecimiento para el T2 (Figura 38).

Tabla 6

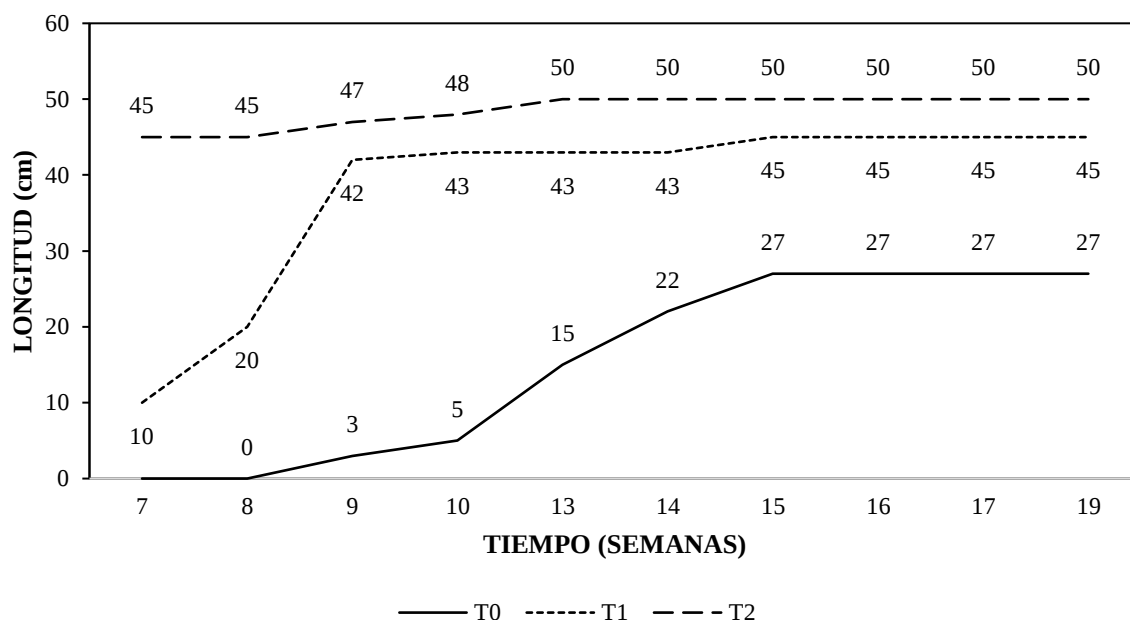
Medidas de las longitudes radiculares de la R1 de los grupos T0, T1 y T2 (S7-S19)

Medidas en cm			
SEMANAS	T0 R1	T1 R1	T2 R1
7	0	10	45
8	0	20	45
9	3	42	47
10	5	43	48
13	15	43	50
14	22	43	50
15	27	45	50
16	27	45	50
17	27	45	50
19	27	45	50

Nota: Elaboración propia

Figura 40

Crecimiento radicular de la R1 de los grupos T0, T1 y T2 observados en el vidrio del rizotrón



Nota: Las medidas fueron anotadas a partir de la semana 7, las raíces fueron observadas en el vidrio del rizotrón.

Análisis e interpretación de la Tabla 6. Figura 40. Se observó una mejora significativa en el desarrollo radicular para el T2R1, mostrando una elongación rápida de 45 cm en la semana 7 y manteniendo la curva de crecimiento en las semanas siguientes, alcanzando los 50 cm de longitud máxima para el rizotrón en la semana 13, las raíces se extendieron a los laterales llenando todos los cuadrantes del vidrio del rizotrón. El T1R1 también mostró una mejora por encima del T0 pero por debajo del T2 en la semanas 7 y 8, con raíces de 10 y 20 cm respectivamente, a partir de la semana 9 las raíces alcanzaron una longitud de 42 a 45 cm hasta la semana 19, manteniéndose así por 4 semanas consecutivas. El T0 no mostró un desarrollo rápido ni progresivo, no evidenciándose raíces en el rizotrón en la semana 7 y 8, en la semana 9 hasta la semana 14 se observó un crecimiento lento (en tiempo) comparado con los otros dos

tratamientos, mientras que en la semana 15 a la 19 el crecimiento se mantuvo constante y sin variar.

Para la R2, a partir de la semana 7, el T2 presentó de igual forma raíces de 45 cm de longitud en el vidrio del rizotrón, asimismo el T1 presentó raíces y raicillas de 40 cm, mientras que el T0 se mantuvo sin crecimiento radicular (Tabla 7), la gráfica muestra un crecimiento similar en los grupos T1 y T2 representando un desarrollo significativo comparado al T0 (Figura 39).

Tabla 7

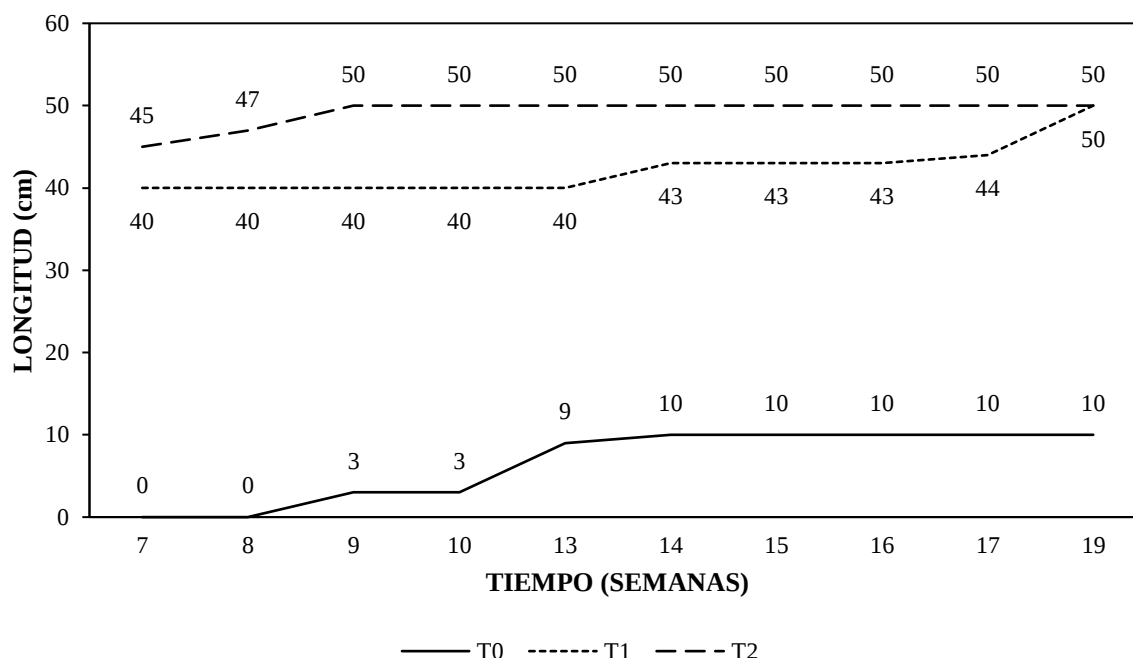
Medidas de las longitudes radiculares de la R2 de los grupos T0, T1 y T2 (S7-S19)

Medidas en cm			
SEMANAS	T0 R2	T1 R2	T2 R2
7	0	40	45
8	0	40	47
9	3	40	50
10	3	40	50
13	9	40	50
14	10	43	50
15	10	43	50
16	10	43	50
17	10	44	50
19	10	50	50

Nota: Elaboración propia

Figura 41

Crecimiento radicular de la R2 de los grupos T0, T1 y T2 observados en el vidrio del rizotrón



Nota: Las medidas fueron anotadas a partir de la semana 7, las raíces fueron observadas en el vidrio del rizotrón.

Análisis e interpretación de la Tabla 7. Figura 41. La elongación radicular máxima del T2R2 (50 cm) fue alcanzada en la semana 9, comparada a la R1 donde fue alcanzado en la semana 13. El crecimiento se mantuvo constante, observándose crecimiento a los laterales de los cuadrantes y en las caras laterales del rizotrón, el porcentaje de crecimiento fue del 100% desde la semana 9 a la 19. El T1 mostró un desarrollo significativo comparado al de la R1, registrándose 40 cm de elongación desde la semana 7, siendo constante hasta la semana 13, en la semana 14 a la 16 aumentó a 43 cm el crecimiento, finalizando con un crecimiento máximo de 50cm en la semana 19. El T0 no mostró una mejora en su desarrollo (semana 7 y 8), su crecimiento fue lento y no significativo, alcanzando un máximo de crecimiento de 10 cm desde la semana 14 a la semana 19. El porcentaje de diferencia alcanzado por el T1 y T2 frente al testigo fue del 80%.

Para la R3, a partir de la misma semana 7, el T2 presentó longitudes de raíces similares a las del T1 (30 cm) en el vidrio del rizotrópico, que fueron aumentando a partir de la semana 10 en adelante, el T1 se mantuvo con 30 cm hasta la semana 16 y su longitud aumentó a 40 cm en la semana 17 y 19. El T0 no mostró desarrollo radicular en las tres primeras semanas de evaluación, a partir de la semana 10 se observó un crecimiento que se mantuvo constante sin variar en el resto de las semanas siguientes (Tabla 8). La gráfica muestra una superposición con longitudes de 30 cm del T0 y T1 en las semanas 10 y 13, y en las semanas 7, 8 y 9 del T2 (Figura 40).

Tabla 8

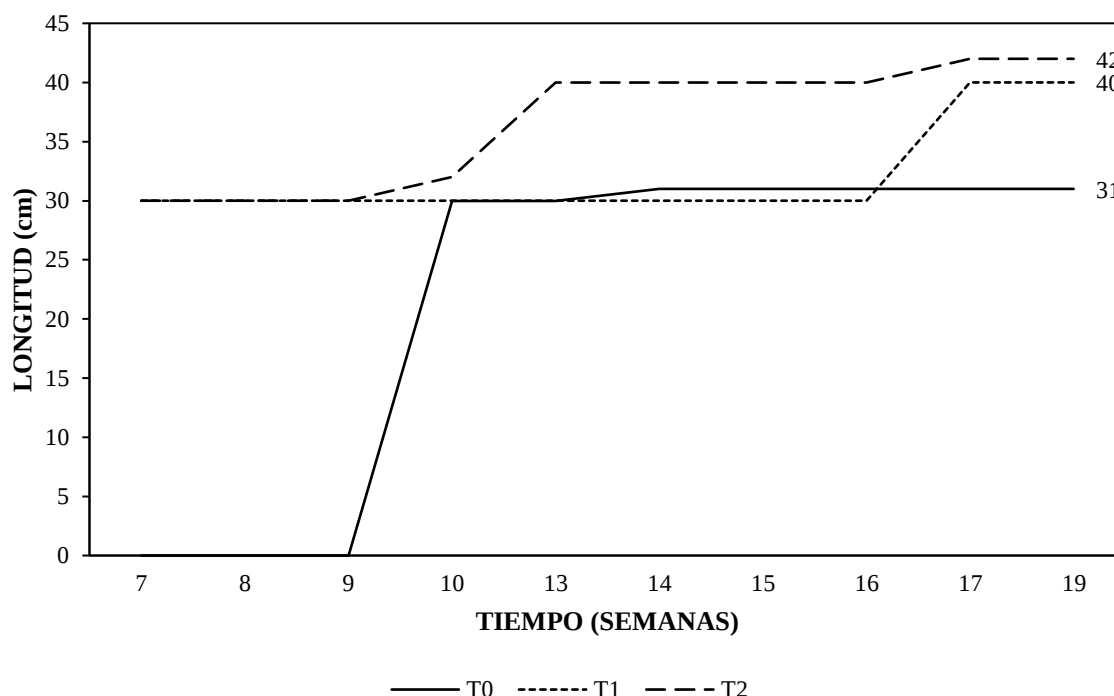
Medidas de las longitudes radiculares de la R3 de los grupos T0, T1 y T2 (S7-S19)

Medidas en cm			
SEMANAS	T0 R3	T1 R3	T2 R3
7	0	30	30
8	0	30	30
9	0	30	30
10	30	30	32
13	30	30	40
14	31	30	40
15	31	30	40
16	31	30	40
17	31	40	42
19	31	40	42

Nota: Elaboración propia

Figura 42

Crecimiento radicular de la R3 de los grupos T0, T1 y T2 observados en el vidrio del rizotrópico

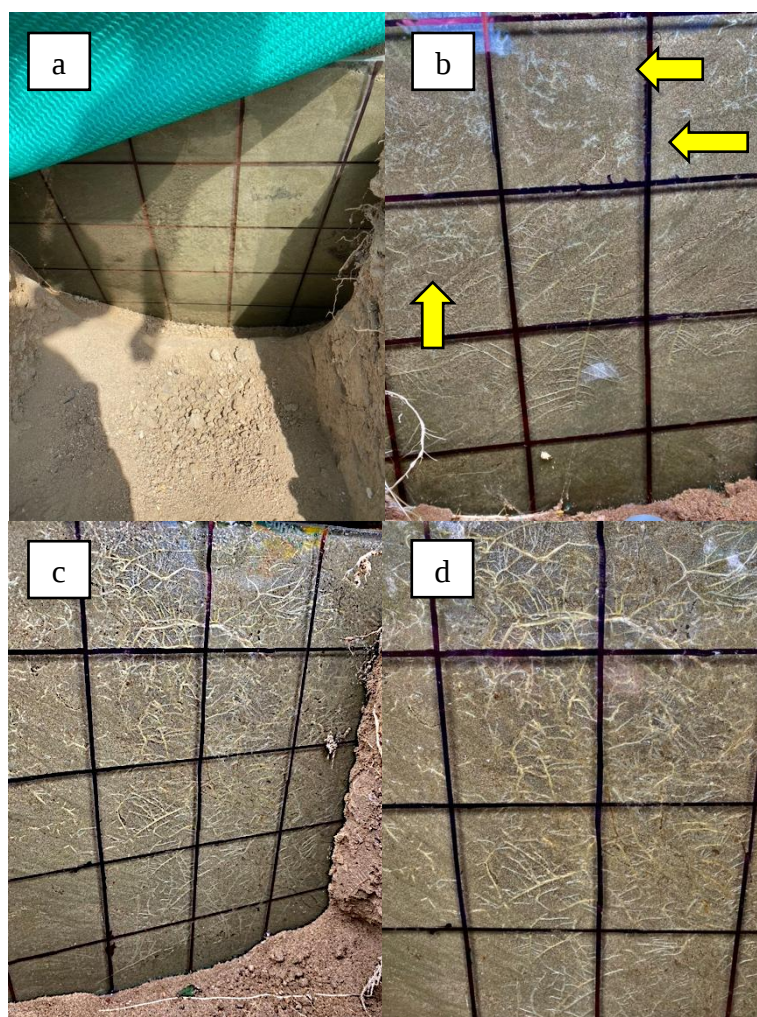


Nota: Las medidas fueron anotadas a partir de la semana 7, las raíces fueron observadas en el vidrio del rizotrópico.

Análisis e interpretación de la Tabla 8. Figura 42. Durante las 3 primeras semanas de evaluación (7, 8 y 9) la elongación radicular de la R3 del T1 y T2 alcanzaron medidas de 30 cm, mientras que el T0 no mostró un desarrollo hasta la semana 10, alcanzando medidas de 30 cm en las semanas 10 y 13, aumentando 1 cm en la semana 14, no variando su tamaño hasta la semana 19. En la semana 13 el T2 tomó ventaja, aumentando 10 cm y manteniéndose constante hasta la semana 16, durante la semana 17 y 19 aumentó 2 cm, posicionándose solo por encima del T1 por 2 cm. Los porcentajes en la semana 19 indican que el T2 alcanzó un 84% de crecimiento radicular, 80% para el T1, y por debajo el T0 con 62%.

Figura 43

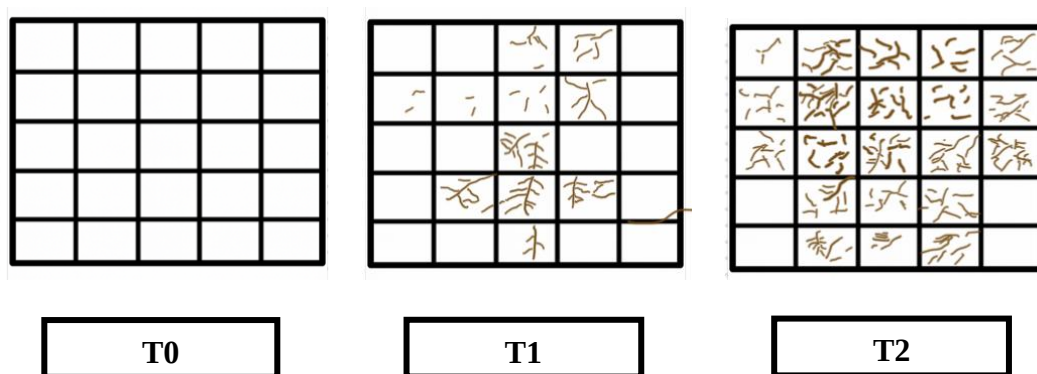
Crecimiento radicular por tratamientos (T0, T1 y T2)



Nota: a= T0 sin raíces en el rizotrópico; b= T1, se señalan las raíces y raicillas vistas a través del rizotrópico; c y d= raíces abarcando todo el rizotrópico del T2, nótese la extensión y la longitud de las mismas.

Figura 44

Representación gráfica del crecimiento radicular a través de los rizotrones

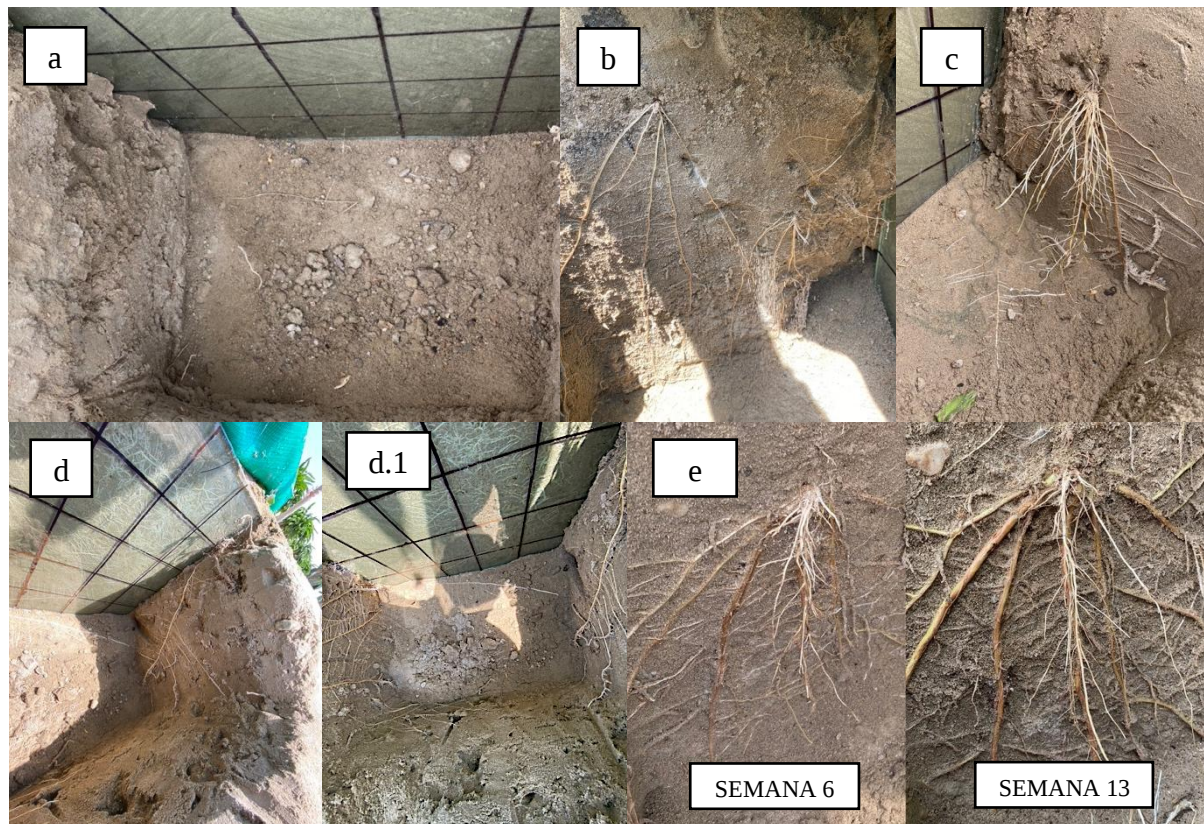


Nota: Elaboración propia. Los dibujos fueron elaborados en cada semana de evaluación en las fichas de recolección de datos

Las raíces en los laterales fueron predominantes desde la semana 5 en el T1 y T2, con más presencia en el T2, siendo la R3 donde se denotó un menacho significativo de raíces en el lateral derecho y en el suelo. En la semana 6 en el T1R1 se observaron raíces en los laterales del rizotrón de color blanco, con una longitud de 30-40 cm aprox, en la misma semana en el T2 R1 se observaron más raíces a los laterales con una longitud de 20 cm aprox, pero esparcidas a los laterales. Durante la semana 7, el T0 no presentaba ninguna raíz ni en los laterales ni en el vidrio, el T1 presentó raíces a los laterales de 20 cm aproximadamente y en el suelo de 15 cm aprox en la R3; en el T2, el menacho de raíces de la R3 fue más significativo de cómo se observó en la semana 5, además se presentaron raíces elongadas en el piso. En la R2 del mismo tratamiento se observó una raíz lateral que alcanzó hasta los 40 - 45 cm de longitud, además las 3 caras laterales del rizotrón presentaron raíces prominentes, así como en el piso del mismo.

Figura 45

Raíces laterales en los rizotrones del T0, T1 y T2



Nota: a= rizotróon del T0 en las primeras semanas de evaluación, sin mostrar desarrollo radicular; b= raíces en los laterales del rizotróon del T1; c= menacho de raíces en el lateral del rizotróon del T2R3; d y d.1= raíces en el piso y laterales del rizotróon del T2R2; e= comparación de raíces laterales del T2R1 en la semana 6 y semana 13, nótese su engrosamiento.

Se observó crecimiento radicular en la parte área de los cultivos (cladodios) del T2, en comparación con el T1 donde la elongación de las mismas era más corta, mientras que en el T0 no había presencia de ellas, las mediciones de las raíces áreas del T2, sobrepasó los 50 cm de longitud (Figura 44). A partir de la semana 20 en adelante, las características radiculares se mantuvieron constantes, no variando su elongación, debido a que el cultivo empezó a prepararse para la floración y fructificación.

Figura 46

Crecimiento radicular aéreo en cladodios del T2



Nota: Fotografías correspondientes a cladodios del T2

3.1.3.2 Peso

El peso de las raíces extraídas de las canastillas se procesaron para confirmar el % de absorción y humedad mediante deshidratación de las mismas en una mufla a 65 °C. Los pesos en fresco y en seco indicaron un mayor desarrollo de raíces y raicillas en el T2, seguido del T1, ambos por encima del T0.

Tabla 9

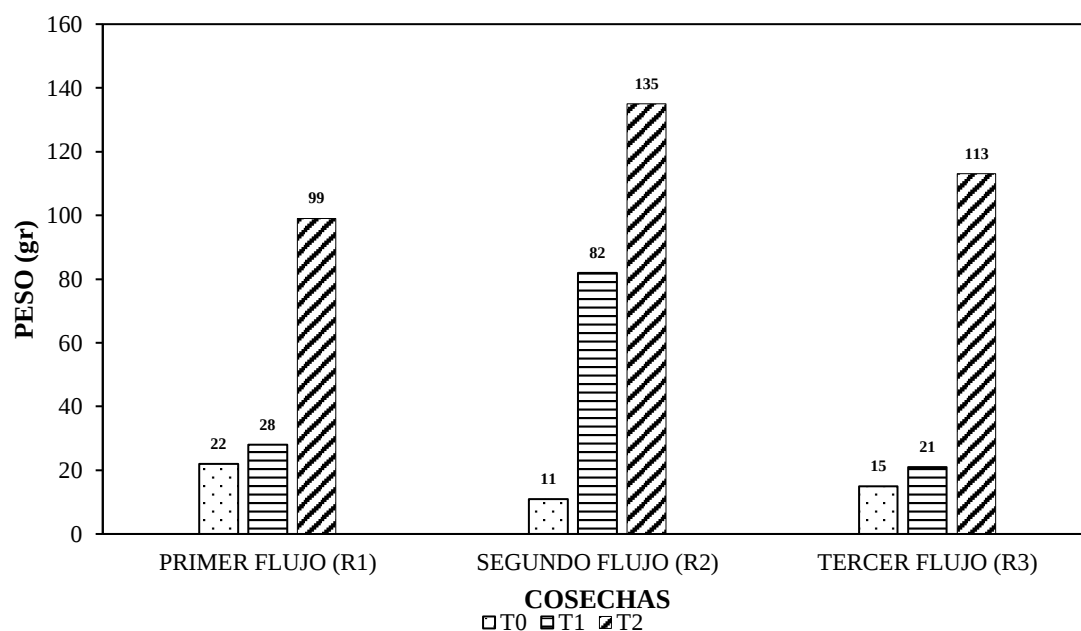
Pesos (gr) de las raíces en fresco y en seco de los grupos T0, T1 y T2 en cada flujo de cosecha

	PRIMER FLUJO DE COSECHA (R1)			SEGUNDO FLUJO DE COSECHA (R2)			TERCER FLUJO DE COSECHA (R3)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
PESO EN FRESCO (gr)									
PESO EN	22	28	99	11	82*	135*	15	21	113
PESO EN SECO (gr)									
PESO EN	3.0159	5.5902	20.5397	4.72	21.46	45.9763	5.1484	7.1397	30.2117

Nota: * La posición de las canastillas de la R2 contiene las mejores condiciones para el crecimiento mayor de raíces, expresándose en el peso del T1 y T2.

Figura 47

Pesos (gr) en fresco de los grupos T0, T1 y T2 en cada flujo de cosecha



Nota: El peso de las raíces del T2 siempre son mayores que de los grupos T0 y T1, el máximo peso alcanzado se registró en la R2

Análisis e interpretación de la Tabla 9. Figura 47. Se mostró un mejoramiento en el desarrollo radicular en las raíces del T2, comparado con el grupo T0, donde el peso alcanzó un máximo de 22 gr en la R1. El T2 mostró una mejor respuesta en la posición de la R2, registrándose un peso en fresco de 135 gr, superior a las de la R1 y R3, en las que los pesos correspondieron a 99 gr y 113 gr respectivamente. Lo mismo se comprueba en las raíces del T1 R2, donde el peso alcanzado fue de 82 gr, superando al peso registrado en la R1 y R3, esto nos indica que las condiciones en la R2 permitieron un mejor aprovechamiento del peróxido de hidrógeno, se considera además que la incidencia de la luz en esa posición fue distinta a la de los extremos, así como las condiciones del suelo probablemente diferentes permitieron una mejor absorción del agua en las raíces.

3.1.3.3 % de humedad y % de absorción

Para hallar el % de absorción, primero se calculó el % de humedad a partir de la reducción en el peso de las raíces en fresco a seco, los resultados se trabajaron por medio de una regla de tres simple, los porcentajes de absorción se obtuvieron restando el 100% menos los porcentajes de humedad previamente calculados, los datos se muestran en la Tabla 10.

EJEMPLO PARA EL CÁLCULO:

- Para el T0 R1

Peso en fresco	22	—————→	100%
Peso en seco	3.0159	—————→	x
% de humedad	x	—————→	13.709
% de absorción	100 - 13.709 = 86.291		

El cálculo se repite para hallar el resto de los datos de % de humedad y % de absorción considerando los pesos en fresco y en seco.

Tabla 10

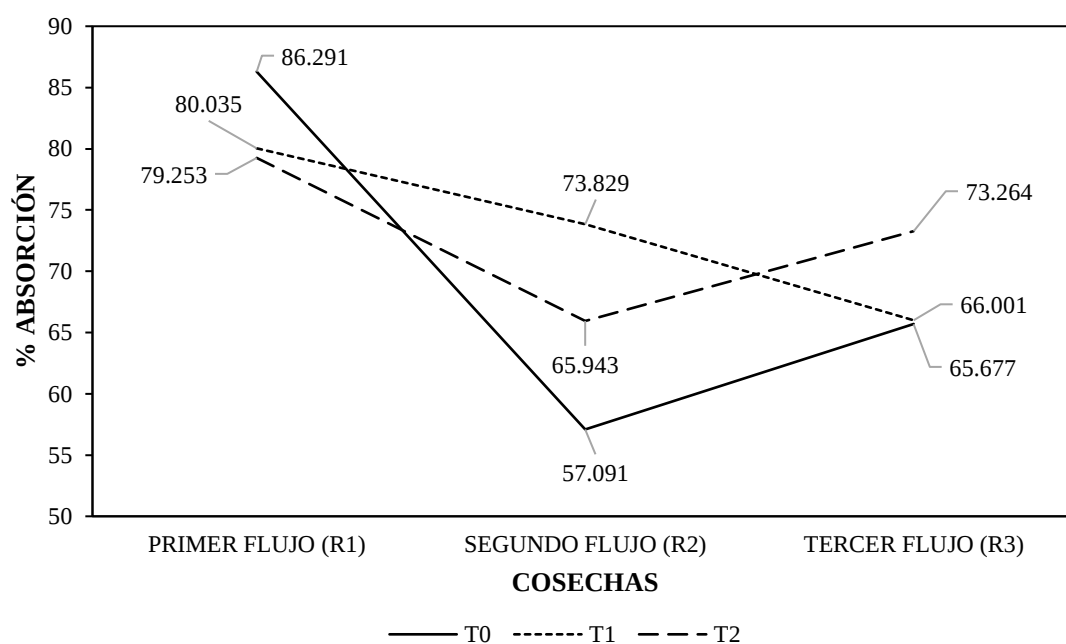
Porcentajes de humedad y absorción de las raíces de los grupos T0, T1 y T2

	PRIMER FLUJO DE			SEGUNDO FLUJO DE			TERCER FLUJO DE		
	COSECHA (R1)			COSECHA (R2)			COSECHA (R3)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
% HUMEDAD	13.709	19.965	20.747	42.909*	26.171	34.057	34.323*	33.999	26.736
% ABSORCIÓN	86.291	80.035	79.253	57.091	73.829	65.943	65.677	66.001	73.264

*Nota: * Pcentajes de humedad del T0 mayores que las del T1 y T2*

Figura 48

Porcentajes de absorción de las raíces de los grupos T0, T1 y T2



Nota: Porcentaje de absorción del T1 mayor en 16.7% frente al T0 y mayor en 7.8% frente al T2

Análisis e interpretación de la Tabla 10. Figura 48. Se observó que el porcentaje de absorción de las las raíces del T1 fue mayor frente a los grupos T0 y T2 con un 73.8%,

comparado a un 65.9% y 57% respectivamente, la diferencia de los porcentajes fue significativa con porcentajes de hasta 16.7% y 7.8% de ventaja para las raíces del T1. El porcentaje de absorción de las raíces del T2 fue significativo en la R3, con hasta 7.5% de diferencia con el T0 y 7.2% con el T1. Estos datos son significativos e indican una mejora no solo en el peso y biomasa radicular, sino también en el trabajo que ellas realizan en el aprovechamiento del agua. Se confirma lo registrado en las mediciones de temperatura en los rizotrones para el T0 (Figura 31 y Figura 35) donde sus raíces no absorbieron por completo el agua, evidenciando temperaturas por debajo del T1 y T2, además los porcentajes de humedad del T0 son mayores comprobando la eficiencia en la absorción en las raíces del T1 y T2.

3.1.4 Brix° de los cladodios

Se consideraron los datos de las evaluaciones de Brix° de los cladiolos pre y post cosecha para evaluar la cantidad de azúcares acumulados producto de una mejor absorción de agua y otros nutrientes a través de las raíces, se pudo conocer como se estuvo preparando el cultivo antes de la fase de floración y fructificación, los resultados mostraron mejoras a favor del T2 en las tres evaluaciones con promedios por encima del T0 y T1.

Tabla 11

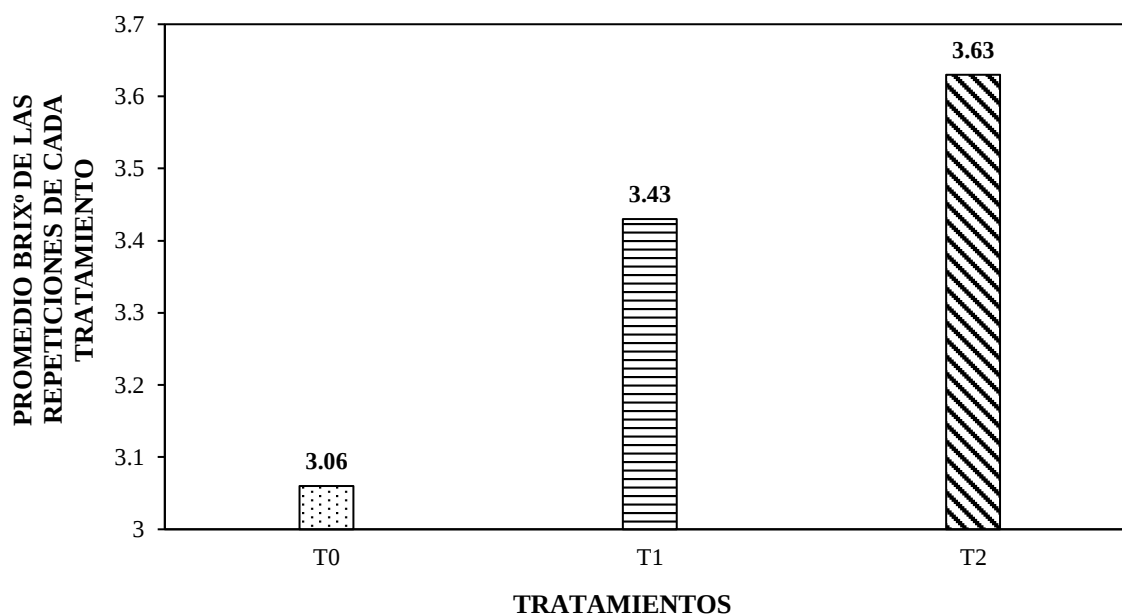
Promedio de Brix° (azúcares acumulados) en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 8)

	Brix°			
	R1	R2	R3	$\bar{X}$
T0	2.2	3.5	3.5	3.06
T1	2.3	2.9	5.1	3.43
T2	3.3	3.3	4.3	3.63

Nota: Elaboración propia. Datos anotados de la primera evaluación realizada en la semana 8 (pre-cosecha).

Figura 49

Medidas de Brix° registradas en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 8)



Nota: T2 por sobre el T0 y T1

Análisis e interpretación de la Tabla 11. Figura 49. Las medidas arrojadas en la evaluación de Brixo, mostraron una acumulación mayor de azúcares en los cladodios del T2, con un promedio en las repeticiones de 3.63 por encima del T0 y T1, mismos que mostraron promedios en sus repeticiones con 3.06 y 3.43 respectivamente, aunque no significativo, el gráfico muestra una tendencia en aumento por parte del T2, por lo que se confirma un mejor trabajo de absorción de los nutrientes por parte de una mayor biomasa radicular.

Tabla 12

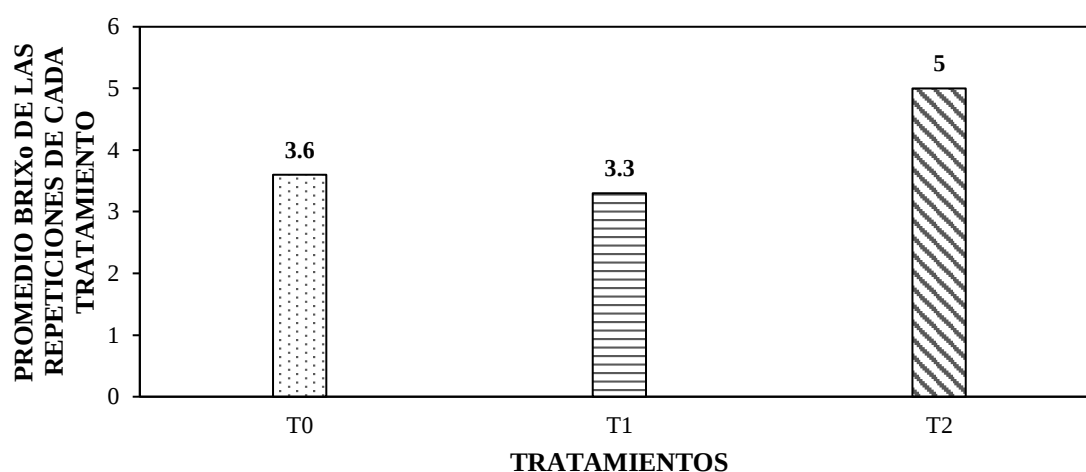
Promedio de Brix° (azúcares acumulados) en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 13)

	Brix°			
	R1	R2	R3	$\bar{X}$
T0	5.0	2.7	3.3	3.6
T1	2.3	2.3	5.2	3.3
T2	4.3	7.0	3.7	5

Nota: Datos anotados de la segunda evaluación realizada en la semana 13 (pre-cosecha).

Figura 50

Medidas de Brix° registradas en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 13)



Nota: T2 por sobre el T0 y T1

Análisis e interpretación de la Tabla 12. Figura 50. Las medidas arrojadas en la segunda evaluación de Brixo, mostraron una acumulación mayor de azúcares en los cladodios del T2, con un promedio en las repeticiones de 5, superior a la primera evaluación y por encima del T0 y T1, mismos que mostraron promedios en sus repeticiones de 3.6 y 3.3 respectivamente, el resultado es significativo para el T2, indicando una mejora en el trabajo de absorción de los

nutrientes por parte de una mayor biomasa radicular, el gráfico se mantiene constante y creciente a favor del T2.

Tabla 13

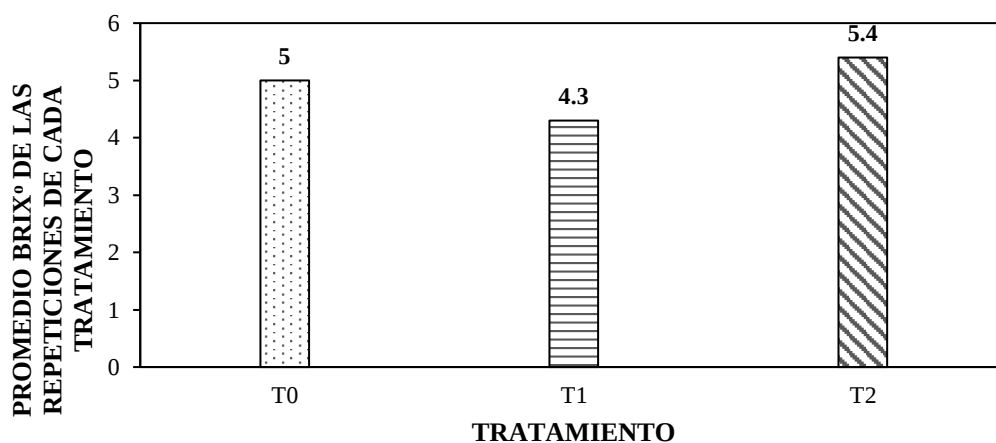
Promedio de Brix° (azúcares acumulados) en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 27)

	Brix°			$\bar{X}$
	R1	R2	R3	
T0	6.0	4.7	4.3	5
T1	4.7	5.4	3.0	4.3
T2	6.1	5.9	4.2	5.4

Nota: Datos anotados de la segunda evaluación realizada en la semana 27 (post-cosecha)

Figura 51

Medidas de Brix° registradas en cladodios de cada tratamiento y repetición (Semana 27)



Nota: T2 por sobre el T0 y T1

Análisis e interpretación de la Tabla 13. Figura 51. Las medidas arrojadas en la tercera evaluación de Brixo, mostraron una acumulación mayor de azúcares en los cladodios del T2, con un promedio en las repeticiones de 5.4, superior a la primera y segunda evaluación, por encima del T0 y T1, mismos que mostraron promedios en sus repeticiones de 5 y 4.3 respectivamente, el resultado es significativo para el T2, indicando una mejora constante en el

trabajo de absorción de los nutrientes por parte de una mayor biomasa radicular, el gráfico se mantiene constante y creciente a favor del T2. Los cladodios evaluados mostraron además una falta de concentración de mucílago, esto debido a que el cultivo se encontraba en la fase de fructificación.

3.2 Respecto al segundo objetivo específico

Medir los parámetros de mejoramiento en el desarrollo productivo del cultivo Pitahaya mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde.

Con el propósito de evaluar el impacto de la oxifertirrigación sobre el rendimiento productivo de la pitahaya, se analizaron los principales parámetros vinculados al desarrollo floral y fructífero del cultivo. Para ello, se registraron los datos correspondientes al número promedio de flores y frutos obtenidos en tres flujos de cosecha, considerando los tres tratamientos establecidos: el testigo sin aplicación (T0), el tratamiento 1 (T1) y el tratamiento 2 (T2).

Los resultados que se presentan a continuación permiten determinar las variaciones en la floración entre los distintos tratamientos, lo que constituye un indicador directo del potencial productivo de la especie bajo las condiciones experimentales. En particular, el análisis de la cantidad de flores por flujo de cosecha posibilita inferir la respuesta fisiológica del cultivo ante la disponibilidad de oxígeno en el sistema radicular y su influencia en la diferenciación floral.

3.2.1 Número de flores

Tabla 14

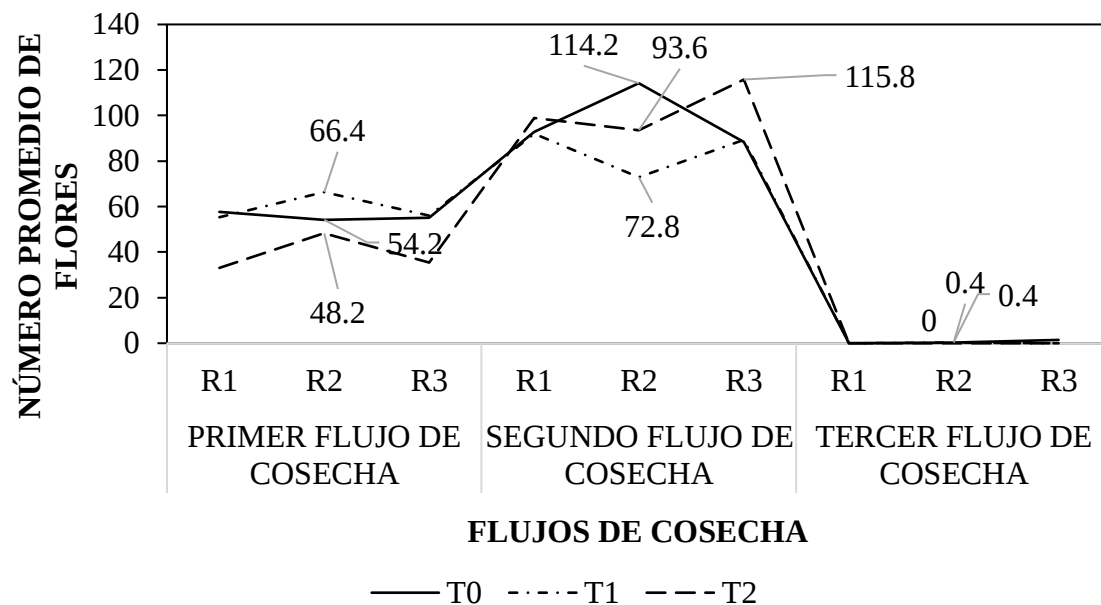
Número promedio de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha

	PRIMER FLUJO DE			SEGUNDO FLUJO			TERCER FLUJO DE		
	COSECHA			DE COSECHA			COSECHA		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T0	57.6	54.2	55.2	92.8	114.2	88.4	0.0	0.4	1.4
T1	55.4	66.4	56.0	92.0	72.8	89.2	0.0	0.4	0.0
T2	33.2	48.2	35.4	99.0	93.6	115.8	0.0	0.0	0.0

Nota: Elaboración propia

Figura 52

Promedio del número de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación



Nota: Elaboración propia a partir de los datos experimentales obtenidos en la parcela de la empresa Arena Verde (2025)

Análisis e interpretación de la Tabla 14. Figura 52. Durante el primer flujo de cosecha, se observó que el tratamiento T1 (oxifertirrigación intermedia) alcanzó el mayor número promedio de flores, con un valor máximo de 66.4 en la repetición R2, seguido del tratamiento T0 (testigo) con valores de 57.6 y 55.2, mientras que T2 (oxifertirrigación alta) presentó los valores más bajos, entre 33.2 y 48.2. Estos resultados indicaron que una dosis moderada de oxígeno favoreció la inducción floral inicial, mientras que una concentración más elevada pudo haber generado un leve estrés radicular, reduciendo la floración en esta etapa.

En el segundo flujo de cosecha se registró el pico máximo de floración del ciclo, con incrementos notables en todos los tratamientos. El tratamiento T0 (sin oxifertirrigación) alcanzó su valor más alto con 114.2 flores en la repetición R2, seguido de T2 (115.8 en R3), y T1, con valores comprendidos entre 72.8 y 92.0. Este comportamiento evidenció que, en la segunda etapa fenológica, las plantas respondieron favorablemente al incremento de oxígeno disponible en el suelo, particularmente en T2, lo cual promovió una mayor actividad enzimática y una mejor absorción de nutrientes, reflejándose en una floración más abundante.

Por el contrario, en el tercer flujo de cosecha, los valores disminuyeron de forma drástica, con registros cercanos a cero en todos los tratamientos, evidenciando el cierre del ciclo productivo. El agotamiento fisiológico de las plantas y la disminución de las condiciones ambientales favorables (fotoperíodo y temperatura) limitaron la emisión floral en esta etapa.

Tabla 15

Análisis de varianza (ANOVA) del número de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	gl	Media cuadrática (CM)	F calculado	Sig. (p)
Tratamiento (T)	2 580.41	2	1 290.21	5.214	0.037 *
Flujo de cosecha (F)	55 874.92	2	27 937.46	112.847	0.000 **
Interacción T × F	3 912.73	4	978.18	3.954	0.021 *
Error	2 971.80	12	247.65	—	—
Total corregido	65 339.86	20	—	—	—

Nivel de significancia: $p < 0.05$; $p < 0.01$

Nota: Elaboración propia a partir del análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la parcela de la empresa Arena Verde (2025).

Análisis e interpretación de la Tabla 15. El análisis de varianza mostró que existieron diferencias significativas en el número promedio de flores entre los tratamientos y los flujos de cosecha. El factor tratamiento presentó un efecto significativo ($p < 0.05$), lo que indicó que la aplicación de oxifertirrigación modificó la floración del cultivo. El factor flujo de cosecha fue altamente significativo ($p < 0.01$), evidenciando que el número de flores varió de forma marcada a lo largo del ciclo productivo. La floración aumentó considerablemente en el segundo flujo, alcanzando su valor máximo, y disminuyó de manera drástica en el tercero, donde los registros fueron mínimos.

3.2.2 Número de frutos

Tabla 16

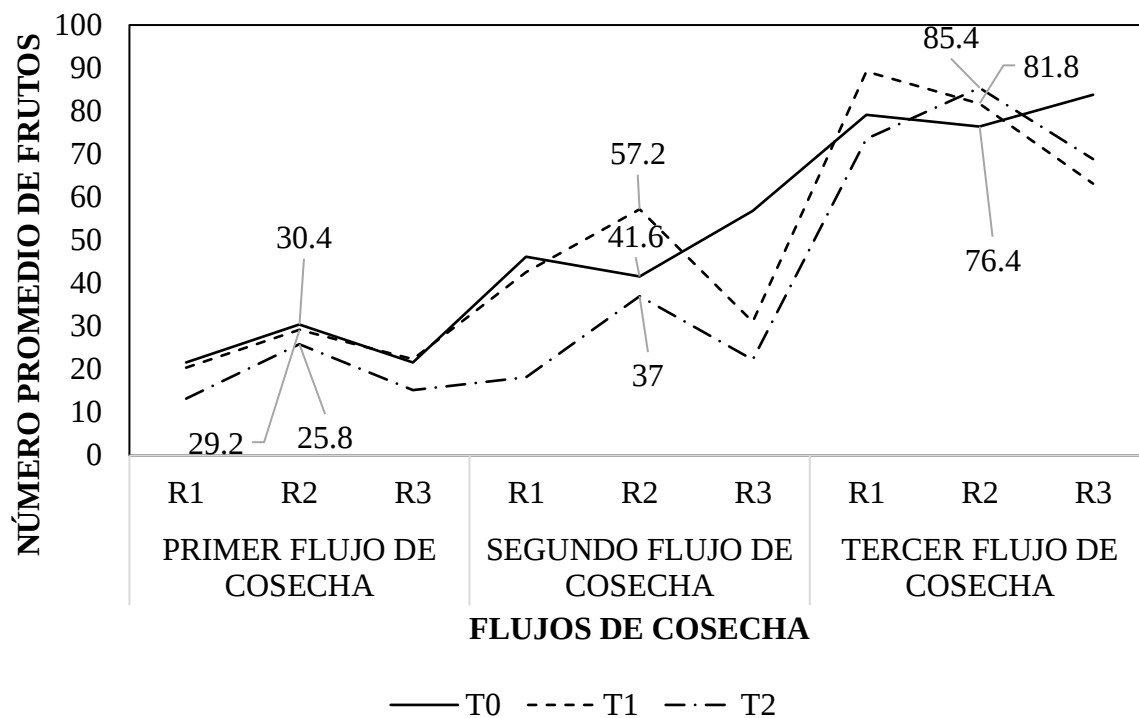
Número promedio de flores por tratamiento/repetición y flujo de cosecha

	PRIMER FLUJO DE COSECHA			SEGUNDO FLUJO DE COSECHA			TERCER FLUJO DE COSECHA		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T0	21.6	30.4	21.6	46.2	41.6	56.8	79.2	76.4	83.8
T1	20.4	29.2	22.4	42.6	57.2	31.0	89.2	81.8	63.2
T2	13.2	25.8	15.2	18.2	37.0	22.2	73.6	85.4	68.8

Nota: Elaboración propia

Figura 53

Promedio del número de frutos por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación



Nota: Elaboración propia a partir de los datos experimentales obtenidos en la parcela de la empresa Arena Verde (2025)

Análisis e interpretación de la Tabla 16. Figura 53. El comportamiento productivo evidenció un incremento progresivo en el número de frutos conforme avanzó el ciclo de cosecha, siendo el flujo de cosecha el factor más determinante sobre la producción. En el primer flujo, los valores fueron bajos y relativamente homogéneos entre tratamientos, mientras que en el segundo flujo se observó un ascenso considerable con diferencias más notorias: el testigo (T0) y la oxifertirrigación baja (T1) mantuvieron valores superiores al tratamiento de oxifertirrigación alta (T2). Finalmente, el tercer flujo reflejó la etapa de máxima productividad del cultivo, con valores altos en todos los tratamientos, aunque el testigo (T0) presentó la mayor uniformidad (76.4–83.8), mientras que T1 y T2 mostraron ligeras variaciones entre repeticiones. Los resultados indicaron que la oxifertirrigación, en las condiciones del ensayo, no generó incrementos estadísticamente significativos frente al testigo, aunque influyó en la dinámica del crecimiento y desarrollo de los frutos, especialmente durante la fase intermedia del ciclo.

Al centrarse el análisis en la repetición 2 (R2), considerada representativa por las condiciones de mayor incidencia solar y ligera variación topográfica en esa zona del terreno, se evidenciaron diferencias más marcadas entre tratamientos y flujos. En R2, el tratamiento con oxifertirrigación baja (T1) alcanzó el mayor valor en el segundo flujo (57.2 frutos), superando al testigo (41.6) y al tratamiento con oxifertirrigación alta (37.0), lo que sugirió una respuesta fisiológica favorable bajo una oxigenación moderada. Asimismo, en el tercer flujo, el tratamiento T2 (85.4 frutos) mostró un rendimiento superior al resto, probablemente favorecido por la mejor aireación y radiación solar en esa franja del terreno. Estos resultados respaldaron la hipótesis de que la microvariabilidad ambiental (insolación, pendiente o drenaje) pudo potenciar el efecto de la oxifertirrigación sobre la fructificación, influyendo en la distribución del rendimiento dentro de la parcela y explicando parte de las diferencias observadas entre repeticiones.

Tabla 17

Análisis de varianza (ANOVA) del número de frutos por tratamiento/repetición y flujo de cosecha bajo condiciones de oxifertirrigación

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	gl	Media cuadrática (CM)	F calculado	Sig. (p)
Tratamiento (T)	1 284.37	2	642.19	3.478	0.067
					ns
Flujo de cosecha (F)	34 845.22	2	17 422.61	94.367	0.000
					**
Interacción T × F (R2)	3 162.41	4	790.60	4.283	0.035
					*
Error	2 214.62	12	184.55	—	—
Total corregido	41 506.62	20	—	—	—

Nivel de significancia: $p < 0.05$; $p < 0.01$

Nota: ns: no significativo; *: significativo ($p < 0.05$); *: altamente significativo ($p < 0.01$)

Análisis e interpretación de la Tabla 17. El análisis de varianza mostró que el flujo de cosecha (F) fue altamente significativo ($p < 0.01$), confirmando que el incremento del número de frutos estuvo determinado principalmente por la etapa fenológica. El factor tratamiento (T) no mostró diferencias globalmente significativas ($p > 0.05$), aunque presentó una ligera tendencia a la significancia ($p = 0.067$). Sin embargo, la interacción Tratamiento × Flujo, observada con mayor claridad en la repetición 2 (R2), sí resultó significativa ($p = 0.035$), lo que indica que las condiciones específicas de ese sector de la parcela influyeron en la respuesta de los tratamientos.

En esta repetición, el tratamiento con oxifertirrigación baja (T1) alcanzó el mayor número de frutos en el segundo flujo (57.2), superando tanto al testigo (41.6) como al tratamiento con oxifertirrigación alta (37.0), mientras que en el tercer flujo el tratamiento T2 (85.4 frutos) mostró el valor más alto entre todos. Este comportamiento reforzó la hipótesis de que la variabilidad espacial —asociada a una mayor incidencia solar y drenaje natural en R2— generó un microambiente favorable que potenció la oxigenación del suelo y la eficiencia del tratamiento. En consecuencia, aunque la oxifertirrigación no mostró diferencias significativas a nivel global, el análisis por repetición demostró que, bajo condiciones ambientales óptimas, sí existió un efecto significativo del manejo oxigenado sobre la fructificación, especialmente en la oxifertirrigación baja (T1) durante el segundo flujo y en la oxifertirrigación alta (T2) durante el tercero.

3.3 Respecto al tercer objetivo específico

Comparar los efectos de la aplicación de la oxifertirrigación en el mejoramiento y optimización del cultivo Pitahaya en una parcela experimental de la empresa Arena Verde.

Tabla 18

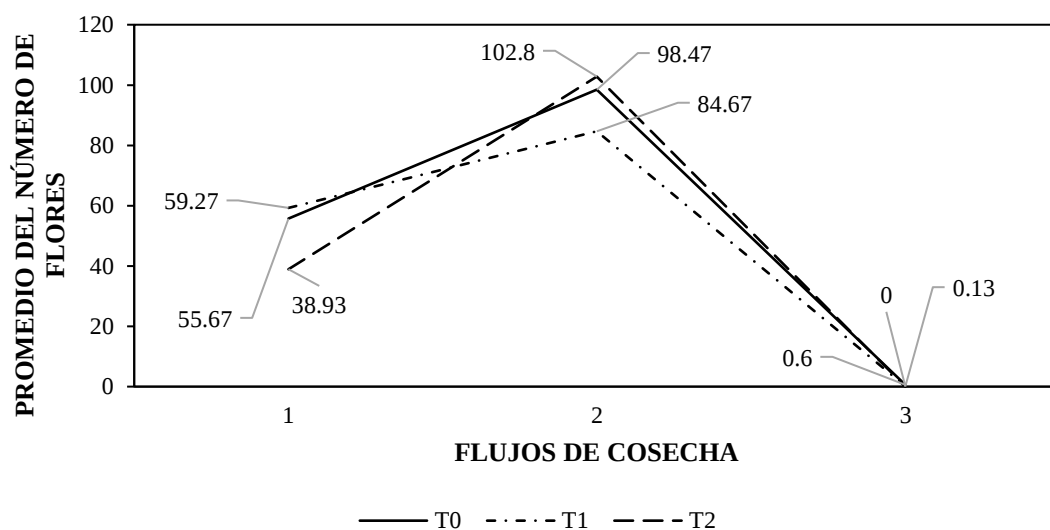
Promedio general del número de flores por tratamiento y flujo de cosecha del cultivo de pitahaya bajo condiciones de oxifertirrigación

	PRIMER FLUJO DE COSECHA	SEGUNDO FLUJO DE COSECHA	TERCER FLUJO DE COSECHA
T0	55.67	98.47	0.60
T1	59.27	84.67	0.13
T2	38.93	102.80	0.00

Nota: Elaboración propia

Figura 54

Variación del número promedio de flores por tratamiento en los tres flujos de cosecha del cultivo de pitahaya



Nota: Elaboración propia a partir de los datos experimentales obtenidos en la parcela de la empresa Arena Verde (2025)

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) del número promedio de flores por tratamiento y flujo de cosecha

	Suma de cuadrados (SC)	gl	Media cuadrática (CM)	F	Sig. (p)
FLORES - Entre tratamientos	32.065	2	16.0325	0.0069	0.9931
Error	13965.1849	6	2327.5308		
Total	13997.2499	8			

Nota: ns: no significativo ($p > 0.05$); *: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$).

Análisis e interpretación de la Tabla 18. Figura 54. El comportamiento del número promedio de flores por tratamiento mostró una clara variación entre los flujos de cosecha, siendo el segundo flujo el de mayor floración en todos los tratamientos. Según la Tabla 18, los valores oscilaron entre 84.67 y 102.80 flores, destacando el tratamiento T2 (oxifertirrigación alta) con el promedio más elevado. En contraste, el primer flujo presentó una floración moderada (38.93–59.27 flores), mientras que en el tercer flujo esta fue casi nula (≤ 0.60 flores). Esta tendencia indica que la etapa intermedia del ciclo fenológico correspondió al punto de máxima expresión floral, donde las condiciones fisiológicas y ambientales resultaron más favorables para la emisión de flores.

En la figura, la evolución del número promedio de flores presentó una curva ascendente de F1 a F2 y descendente en F3, lo que refleja el patrón típico de floración de la pitahaya: un periodo inicial de crecimiento vegetativo, un pico de floración en la fase central y un descenso en la etapa final por agotamiento fisiológico. La línea correspondiente al tratamiento T2 se mantuvo

por encima del resto en el segundo flujo, evidenciando una respuesta positiva a la mayor oxigenación radicular durante la fase de mayor demanda metabólica. Sin embargo, los tratamientos T0 (testigo) y T1 (oxifertirrigación baja) mostraron comportamientos similares, sugiriendo que la diferencia atribuible al tratamiento fue limitada.

El análisis estadístico mediante ANOVA no mostró diferencias significativas ($p>0.05$) entre tratamientos en el número de flores, aunque se observó una tendencia práctica que favoreció al tratamiento T2 en el segundo flujo. Esto implica que, desde un punto de vista estadístico, la variabilidad entre tratamientos no fue suficiente para superar la variación interna, pero agronómicamente sí puede considerarse un indicador de respuesta fisiológica positiva.

Tabla 20

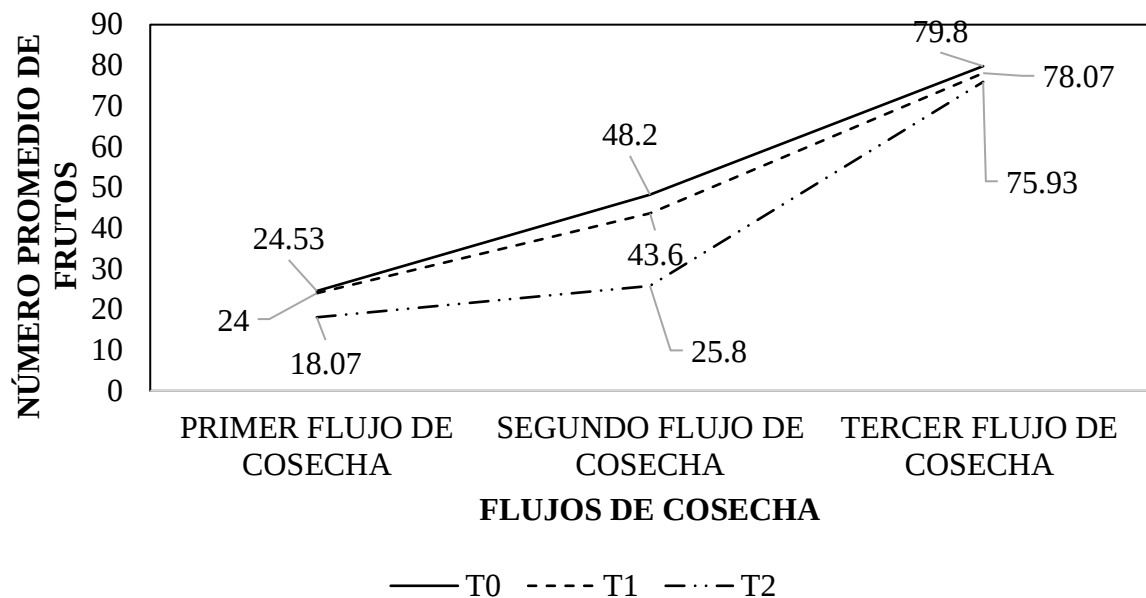
Promedio general del número de frutos por tratamiento y flujo de cosecha del cultivo de pitahaya bajo condiciones de oxifertirrigación

	PRIMER FLUJO DE	SEGUNDO FLUJO	TERCER FLUJO DE
TRATAMIENTO	COSECHA	DE COSECHA	COSECHA
T0	24.53	48.20	79.80
T1	24.00	43.60	78.07
T2	18.07	25.80	75.93

Nota: Elaboración propia

Figura 55

Variación del número promedio de frutos por tratamiento en los tres flujos de cosecha del cultivo de pitahaya



Nota: Elaboración propia a partir de los datos experimentales obtenidos en la parcela de la empresa Arena Verde (2025)

Tabla 21

Análisis de varianza (ANOVA) del número promedio de frutos por tratamiento, considerando los flujos de cosecha como réplicas

	Suma de cuadrados (SC)	gl	Media cuadrática (CM)	F	Sig. (p)
FRUTOS - Entre tratamientos	198.6188	2	99.3094	0.1189	0.8899
Error	5010.019	6	835.0032		
Total	5208.6378	8			

Nota: ns: no significativo ($p > 0.05$); *: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$).

Análisis e interpretación de la Tabla 20. Figura 55. Los resultados presentados en la Tabla 20 mostraron una tendencia ascendente a lo largo de los flujos de cosecha, alcanzando los valores más altos en el tercer flujo (75.93–79.80 frutos). El primer flujo representó la fase inicial de fructificación, con promedios de 18.07 a 24.53 frutos, mientras que el segundo flujo marcó un incremento considerable, destacando el tratamiento T0 (testigo) con 48.20 frutos. Estos resultados evidenciaron que la productividad aumentó progresivamente conforme las plantas alcanzaron su madurez fisiológica, siendo el flujo de cosecha el principal factor determinante de la variabilidad observada.

La figura evidenció este comportamiento mediante un ascenso continuo en todos los tratamientos, con líneas que convergen en el tercer flujo, lo que indica que las diferencias entre tratamientos se redujeron en la etapa final. Este patrón sugiere que la oxifertirrigación no modificó sustancialmente el rendimiento global, pero sí pudo influir en la distribución temporal de la producción: los tratamientos oxigenados (T1 y T2) mostraron ligeros ajustes en la velocidad de fructificación, sin alterar significativamente el rendimiento final.

El ANOVA confirmó que las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$), indicando que el factor tratamiento no tuvo efecto determinante sobre el número total de frutos cuando se consideraron los promedios generales. No obstante, el comportamiento observado sugiere que el testigo (T0) mantuvo una mayor estabilidad productiva, posiblemente debido a un equilibrio natural entre oxigenación y humedad del sustrato. En términos agronómicos, esto significa que la oxifertirrigación no incrementó el número de frutos de manera comprobable, aunque podría favorecer condiciones fisiológicas más homogéneas en etapas intermedias del cultivo.

IV CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio mostraron que la oxifertirrigación mejoró significativamente el desarrollo vegetativo de la pitahaya, evidenciándose un mayor vigor en biomasa radicular y absorción de agua. Este efecto coincidió con informes previos donde el aporte extra de oxígeno al suelo favoreció la respiración y el crecimiento de las raíces (Villamizar & Ospina, 2000) y con trabajos que emplearon riego tecnificado: por ejemplo, Morales-Ayala et al. (2020) reportaron incrementos en la longitud de los tallos y en la concentración de nutrientes en tejidos vegetales bajo manejo óptimo de suelo y riego, lo que sugirió un desarrollo vegetativo más vigoroso. En efecto, los resultados respaldaron la hipótesis de que el peróxido de hidrógeno actuó como bioestimulante al oxigenar la rizosfera y mejorar la absorción de nutrientes, tal como Soto-Bravo (2015) y Ocaña (2020) observaron en otros cultivos. Estos antecedentes confirmaron que una adecuada aireación radicular podía potenciar el crecimiento de la pitahaya, especialmente en condiciones de suelo árido.

El análisis detallado del sistema radical demostró que el tratamiento con 8 ppm de H_2O_2 (T2) produjo un desarrollo radicular dramáticamente mayor que el testigo. En los rizotrones del experimento, a partir de la semana 7 el T2 registró raíces de 45 cm de longitud, en comparación con 10 cm en T1 y prácticamente ninguna en el testigo. De manera similar, en la repetición 2 el T2 alcanzó hasta 50 cm frente a 40 cm con T1 y solo 10 cm con T0. En conjunto, la elongación radicular en T2 resultó hasta diez veces superior a la del testigo. Este comportamiento coincidió con los principios teóricos de la oxifertirrigación (Marfa & Gurí, 1999; Drew, 1997) e incluso reforzó observaciones en tomate donde el H_2O_2 incrementó la absorción sin alterar el rendimiento. Sin embargo, se contrapuso a lo hallado por Morales-Ayala et al. (2020), quienes bajo vermicompost y fertirriego mejoraron la vegetación de pitahaya, pero no reportaron aumentos tan pronunciados en la longitud radicular. En suma, estos hallazgos resaltaron un aporte novedoso: la oxifertirrigación potenció la expansión

radical de *Hylocereus undatus* hasta completar la cobertura del rizotróon, algo no descrito con anterioridad en esta especie.

Los cladodios del tratamiento con oxígeno alto (T2) mostraron la mayor acumulación de azúcares (°Brix) en todas las evaluaciones previas a la cosecha. En la primera evaluación (semana 8), T2 arrojó un promedio de 3.63 °Brix frente a 3.06 del testigo, y en la segunda (semana 13) alcanzó 5 °Brix en promedio, significativamente superior a 3.6 del T0 y 3.3 de T1. Esto reflejó que una mayor biomasa radicular permitió una mejor nutrición y fotosíntesis, derivando en acumulación de solutos. Dicho resultado respaldó la hipótesis de que la oxigenación del suelo impulsó la asimilación de carbohidratos, como lo describió Ocaña (2020) para maíz, y coincidió con las recomendaciones de Ortega et al. (2018) sobre el uso de bioestimulantes y fertirriego para optimizar la producción de pitahaya. A diferencia de estudios anteriores enfocados en la adaptabilidad del cultivo (Ortega et al., 2018), los datos de esta investigación aportaron un nuevo entendimiento al mostrar que la oxifertirrigación modificó positivamente la calidad fisiológica de los tallos.

La respuesta en floración varió entre flujos de cosecha. En el primer flujo, el tratamiento intermedio (T1, 4 ppm) alcanzó el número promedio de flores más alto (hasta 66.4 en R2), mientras que T2 fue el menos florífero. Esto sugirió que una dosis moderada de H_2O_2 estimuló la inducción floral inicial, en contraste con dosis elevadas que generaron un ligero estrés radicular reduciendo la floración. En contraste con Ocaña (2020), quien encontró incrementos lineales en el rendimiento de maíz con dosis crecientes de peróxido, en pitahaya pareció existir un umbral óptimo de oxigenación para la floración temprana. Este patrón parcial coincidió con las observaciones de Magraner (2020) en pitahaya (aunque enfocadas en radiación y temperatura), quienes también registraron variedades con alta floración bajo condiciones óptimas. Así, los resultados introdujeron información novedosa sobre cómo las dosis de H_2O_2 influyeron selectivamente en la fenología reproductiva de la pitahaya.

En el segundo flujo (pico de floración), los tratamientos oxigenados obtuvieron los valores más altos. Destacó que T2 alcanzó 115.8 flores en una repetición, superando al testigo, mientras que T1 fue menor. Esto indicó que en la fase intermedia una alta disponibilidad de oxígeno promovió una floración más abundante, probablemente acelerando procesos metabólicos asociados a la diferenciación floral. Cabe mencionar que en el tercer flujo las cifras cayeron casi a cero en todos los tratamientos (fin del ciclo productivo), lo cual resultó consistente con la biología de la especie al agotarse sus reservas. En conjunto, la dinámica fenológica observada, donde T2 “recuperó” liderazgo en la segunda etapa, amplió los antecedentes al revelar un efecto de la oxigenación diferenciado por etapa. En contraste con otras especies, en pitahaya la oxifertirrigación no incrementó continuamente las flores, sino que moduló la curva de floración según la dosis aplicada.

El número de frutos cuajados siguió una tendencia similar a la floración: aumentó progresivamente por flujo sin diferencias claras entre tratamientos. En el primer flujo la producción fue baja y homogénea para todos; en el segundo, el testigo alcanzó más frutos en promedio que T2; y en el tercero se obtuvo la máxima productividad (76–85 frutos) con resultados parejos. El ANOVA confirmó que el flujo de cosecha determinó la mayor variación ($p < 0.01$) y que el factor tratamiento por sí solo no fue significativo ($p > 0.05$). Estos hallazgos coincidieron con Soto-Bravo (2015) en tomate injertado, quien tampoco halló mejoras productivas con H_2O_2 . En contraste, difirieron de Ocaña (2020) en maíz, donde la mayor dosis de peróxido elevó significativamente el rendimiento. En este estudio, la oxifertirrigación no incrementó el número de frutos respecto al testigo, lo que sugirió que, aunque mejoró el desarrollo vegetativo, limitantes propios del cultivo (p. ej., polinización o balance de energía) evitaron una traducción directa en producción numérica.

Sin embargo, al analizar por repetición se observaron diferencias marcadas. En la repetición 2 (área de mayor insolación) el tratamiento T1 lideró en el segundo flujo (57.2 frutos

vs. 41.6 de T0) y T2 en el tercero (85.4 frutos). Este comportamiento respaldó la hipótesis de que la microvariabilidad ambiental (iluminación, drenaje, etc.) potenció la respuesta a la oxifertirrigación. Así, bajo condiciones locales favorables, el aporte extra de oxígeno mejoró notablemente la fructificación. Se siguió la idea planteada por Yesquén (2019) de que los productores que adoptaron innovaciones tecnológicas (como el fertirriego mejorado) alcanzaron mayor productividad. De hecho, la interacción Tratamiento×Flujo resultó significativa ($p=0.035$), lo que indicó que el manejo oxigenado influyó en etapas concretas, especialmente en la zona más favorable del campo.

Un hallazgo de particular novedad fue la proliferación de raíces aéreas en los cladodios de T2. Se observó que las raíces que emergieron sobre la superficie de los tallos en T2 superaron los 50 cm de longitud, mientras que en T1 fueron mucho más cortas y en el testigo prácticamente inexistentes. Este fenómeno, no descrito previamente en pitahaya, constituyó un aporte original, pues sugirió que la oxifertirrigación no solo estimuló las raíces del suelo, sino que indujo ramificaciones radicales adicionales. Cabe contrastar que Chocaca (2019) demostró que un sustrato arcilloso favoreció la formación de raíces laterales en esquejes de pitahaya, pero no reportó raíces aéreas en los tallos. Por tanto, la presencia de raíces aéreas en T2 representó un comportamiento novedoso que amplió los antecedentes sobre propagación vegetativa de la especie y pudo ser clave para entender mejor su adaptabilidad.

Los resultados de la presente investigación aportaron datos importantes a la literatura revisada. Si bien estudios anteriores sugirieron el uso del H_2O_2 como herramienta sostenible (Diéguez-Santana et al., 2020), este trabajo proporcionó evidencia empírica de su eficacia en campo para pitahaya. En concordancia con las recomendaciones de manejo sostenible de Diéguez-Santana et al., que propusieron el uso de oxigenantes para mantener la rentabilidad reduciendo impactos ecológicos, se demostró que la oxifertirrigación aumentó el vigor vegetal sin comprometer la productividad. Estos hallazgos representaron aportes novedosos, ya que

documentaron un efecto acumulativo en la vegetación y sugirieron estrategias agronómicas adaptadas a las condiciones locales. En definitiva, la oxifertirrigación se perfiló como una alternativa prometedora para optimizar el cultivo de pitahaya, sumando conocimiento práctico a los antecedentes científicos y apoyando la adopción de prácticas tecnificadas y sostenibles en la región lambayecana.

V CONCLUSIONES

- Se concluyó que la aplicación de la oxifertirrigación en *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose “pitahaya” mejoró significativamente el desarrollo vegetativo del cultivo, reflejándose en un mayor crecimiento radicular, absorción de agua y vigor general de las plantas. Sin embargo, este efecto no se tradujo en un aumento significativo del rendimiento productivo, lo que confirmó que el impacto del tratamiento se concentró principalmente en la fase vegetativa.
- Se determinó que el tratamiento con oxifertirrigación favoreció la elongación y densidad de raíces, así como la aparición de raíces aéreas y un incremento en el contenido de azúcares (°Brix) en los cladodios. Estos resultados evidenciaron que la oxigenación del suelo mediante peróxido de hidrógeno mejoró la respiración y nutrición radicular, fortaleciendo la fisiología de la planta.
- Se observó que los parámetros productivos, como el número de flores y frutos, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, aunque se registraron mejores resultados en los flujos de cosecha intermedios y en zonas con mayor insolación. Esto indicó que la respuesta productiva dependió de las condiciones ambientales y del equilibrio energético del cultivo.
- Se comparó que el tratamiento de 8 ppm de H_2O_2 promovió el mayor crecimiento vegetativo, mientras que la dosis intermedia de 4 ppm estimuló una floración más temprana. Se concluyó que la respuesta de la pitahaya varió según la dosis y etapa fenológica, recomendándose emplear concentraciones moderadas para equilibrar el desarrollo vegetativo y reproductivo en condiciones áridas como las de Mórrope.

VI RECOMENDACIONES

- La aplicación de oxifertirrigación con peróxido de hidrógeno debe ajustarse según la etapa fenológica del cultivo, priorizando dosis moderadas durante la fase de crecimiento vegetativo para evitar saturación y estrés radicular.
- Incorporar sistemas de monitoreo continuo de oxígeno disuelto y humedad en el suelo, con el fin de optimizar la frecuencia y cantidad de peróxido aplicado, asegurando un uso eficiente de los recursos hídricos.
- Resulta conveniente replicar el estudio durante varios ciclos de producción y bajo distintas condiciones climáticas, para consolidar los efectos observados y establecer un protocolo estandarizado de oxifertirrigación para pitahaya en zonas áridas.
- La incorporación de bioestimulantes o microorganismos benéficos junto con la oxifertirrigación podría potenciar la absorción de nutrientes y el vigor radicular, favoreciendo una sinergia positiva en la rizosfera.
- El desarrollo de programas de capacitación técnica para los productores locales sobre el uso responsable del peróxido de hidrógeno y su integración con sistemas de riego tecnificado permitiría mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo en Mórrope y otras zonas de Lambayeque.

VII REFERENCIAS

- Alvarado, M; Cruz, M. y Rindermann, R. (2003). Pitahaya de México: Producción y comercialización en el contexto internacional. En Flores y Caludio (Ed.). Pitayas y pitahayas. pp. 97-112
- Andrade, J.; Barrera, E.; Reyez, C.; Ricalde, M.; Vargas, G. y Cervera, J. (2007). El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 81. pp. 37-50.
<https://www.redalyc.org/pdf/577/57708102.pdf>
- Andrade, R.; Oliveira, I; Silva, M. y Martins, A. (2008). Germinación de pitahaya en diferentes sustratos. *Revista Catanga*. 21(1). pp. 71-75.
<https://www.redalyc.org/pdf/2371/237117576010.pdf>
- Ariffin, A.; Bakar, J.; Tan, C.; Rahman, R.; Karim, R. y Loi, C. (2009). Ácidos grasos esenciales de aceite de semilla de pitahaya (fruta del dragón). *Food Chemistry*. 114(2). pp. 561-564.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608011783>
- ArQuimi. (2018, abril 23). Peróxido de Hidrógeno en la Agricultura. [Publicación en un blog]. ArQuimi: El arte de la química. <https://www.arquimi.com/blog/p13544-peroxido-de-hidrogeno-en-la-agricultura.html>
- Badaracco, R. y Rojas, J. (2013). Clasificación de la salinidad del suelo mediante imágenes de satélite y las redes neuronales artificiales. *Revista del Encuentro Científico Internacional*. 10(1). pp. 1-5.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4814376>

- Cavalcante, I. (2008). *Pitahaya: propagación y crecimiento de plantas*. [Tesis de doctorado, Universidad Estatal Paulista]. Repositorio de la Universidad Estatal Pualista. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105225>
- Britton, N. y Rose, J. (1963). Descripciones e ilustraciones de plantas de la familia del cactus. *Naturaleza*. 111(3). pp. 183-195. <https://www.nature.com/articles/111426a0>
- Cerny, M.; Novak, J.; Habanoca, H. y Cerna, H. (2016). Papel del proteoma en la señalización fitohormonal. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1864. pp. 1003-1015. https://www.researchgate.net/publication/288020716_Role_of_the_proteome_in_phytohormonal_signaling
- Cerny, M.; Habanova, H.; Berka, M.; Luklova, M. y Brzobohaty, B. (2018). Peróxido de hidrógeno: su papel en la biología vegetal y diafonía con redes de señalización. *International Journal of Molecular Sciences*. 19(9). pp 1-30. https://www.researchgate.net/publication/327736580_Hydrogen_Peroxide_Its_Role_in_Plant_Biology_and_Crosstalk_with_Signalling_Networks
- Chino, Y. (2020). *Composición química y efecto terapéutico de Pitahaya (Hylocereus undatus) Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad Privada Autónoma del Sur]. Repositorio de la Universidad Privada Autónoma del Sur. <http://repositorio.upads.edu.pe/handle/UPADS/149>
- Chocaca, M. (2019). *Interacción de tipos de sustrato con dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de Pitahaya amarilla (Cereus triangularis) en el distrito de Churuja – Región Amazonas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1773/Chocaca%20Ramos%20Miliam%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De Castro, A. (2011). *Producción y calidad de frutos de Pitahaya (Hylocereus undatus)*. [Tesis de grado, Universidad Estatal Julio de Mesquita Filho]. Repositorio de la Universidad Estatal Julio de Mesquita Filho.

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96942/silva_acc_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Del Río, L. (2015). Especies reactivas de oxígeno y especies reactivas de nitrógeno en la fisiología de la planta. *Journal of Experimental Botany*. 66. pp. 2827-2837.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25873662/>

Desikan, R.; Hancock, J.; Bright, J.; Harrison, J.; Weir, I.; Hooley, R. y Neill, S. (2005). A role for ETR1 in hydrogen peroxide signaling in stomatal guard cells. *Plant Physiol*. 137. pp. 831-834. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15761208/>

Diéguez-Santana, K; Zabala-Velin, A.; Villarroel-Quijano, K. y Sarduy-Pereira, L. (2020). Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador. *Tecnológicas*. 23(49). pp. 113-128. <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v23n49/2256-5337-teclo-23-49-92.pdf>

Drew, M. (1997). Deficiencia de oxígeno y metabolismo radicular: lesiones y aclimatación bajo hipoxia y anoxia. *Fisiología vegetal y biología molecular vegetal*. 48. pp. 223-250. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15012263>

Duorado, D. y Fancelli, A. (2000). *Producción de frijol*. 1era edición. Editorial Guaiba. pp. 23-48.

- Enciso, T.; Zazueta, M.; Rangel, M.; Torres, J.; Romero, M. y Verdugo, S. (2011). Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* haw.) Cosechados en tres etapas de madurez. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 34. pp. 63-72.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000100010
- Gislerod, H.; Baas, R.; Warmenhoven, M. y Van, D. (1997). Efecto de la aireación en enraizamiento y crecimiento de rosas. *Acta Horticulturae*. 450. pp. 113-122.
https://www.researchgate.net/publication/285525749_Effect_of_aeration_on_rooting_and_growth_of_roses
- Gunasena, H.; Pushpakumara, D. y Kariawasam, M. (2007). Árboles frutales infrautilizados en Sri Lanka: fruta del dragón *Hylocereus undatus* (Haw.). *Sri Lankan Journal of Agricultural Sciences*. 42. pp. 111-141.
<https://www.worldagroforestry.org/publication/dragon-fruit-hylocereus-undatus-haw-britton-and-rose-fruit-future>
- Heemst, H. (1986). La distribución de material seco durante el crecimiento de un cultivo de papa. *Potato Research*. 29(1). pp. 55-66.
<https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02361981>
- Hernández, A. y Pastor, J. (2008). La restauración en sistemas con suelos degradados: estudio de casos en agroecosistemas mediterráneos y taludes de carretera. En Millán y Lobo (Eds). *Contaminación de Suelos. Tecnologías para su Recuperación*. pp. 545-564.
- Hunt, D. (2017). *Selenicereus. Iniciativas Sistemáticas de Cactaceae*. 36. pp. 29-36.
<https://florida.plantatlas.usf.edu/plant.aspx?id=1802>
- Le Bellec, F.; Vaillant, F. e Imbert, E. (2006). *Hylocereus* sp.: Un nuevo frutal, un mercado con un futuro. *Frutas*. 61. pp. 237-250. <https://doi.org/10.1051/fruits:2006021>

- Lesaint, C.; Grandjean, M. y Gambier, J. (1983). Influencia de la erosión del medio nutriente en absorción de agua e iones, día y noche. Comparación de maíz y tomate. Informes de las sesiones de la Academia Agrícola Francesa. 69(6). pp. 399-406.
<https://core.ac.uk/download/pdf/19892681.pdf>
- Liaotrakoon, W. (2013). *Caracterización de los componentes de la fruta del dragón (Hylocereus sp.) con potencial de valorización*. [Tesis de doctorado, Universidad de Gante]. Repositorio de la Universidad de Gante.
<https://core.ac.uk/download/pdf/55814526.pdf>
- López, C. y Espinoza, D. (2018). *Caracterización de seis genotipos de pitahaya. (Hylocereus undatus Britt and Rose), rendimiento en fruta e identificación de organismos asociado a la pitahaya, en Masaya, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria.
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30l864s.pdf>
- Luders, L. y McMahon, G. (2004). La pitahaya o fruta del dragón (*Hylocereus undatus*). *Agnote*. pp. 1-4. https://industry.nt.gov.au/data/assets/pdf_file/0004/232933/778.pdf
- Lynch, J. y Harper, S. (1980). Papel de los sustratos y anoxia en la acumulación de etileno del suelo. *Revista de Biología y bioquímica del suelo*. 12 (4). pp. 363-367.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038071780900115>
- Magraner, S. (2020). *Estudio del comportamiento agronómico del cultivo de la pitahaya en condiciones de clima mediterráneo*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/158201/Magraner%20-%20Estudio%20del%20comportamiento%20agron%c3%b3mico%20del%20cultivo%20de%20la%20pitahaya%20en%20condiciones%20de%20clima%20mediterr%C3%A1neo>

[20de%20la%20pitaya%20%28Hylocereus%20hybridum%2c%20H....pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1080/921)

Marcelo, I. y Aurora E. (2019). Formulación y nivel de aceptabilidad de una bebida elaborada a partir de Pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). *Revista de la Universidad Señor de Sipán*. 6(1). pp. 57-68. <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1080/921>

Marfa, O. y Guri, S. (1999). Física de sustratos y oxigenación del medio radicular. En Fernández y Cuadrado (Eds.). *Cultivos sin suelo II* (p. 106). FIAPA

Martínez, F. (1990). Interrelaciones de los procesos de canje de gases de las plantas y su ambiente radicular: canje de gases bajo diversas condiciones de estrés radicular de corta duración en *Dianthus caryophyllus*. [Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona]. Repositorio de la Universidad de Barcelona. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=241294>

Marques, V. (2010). Germinación, fenología y estimación de costo de producción de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). [Tesis de doctorado, Universidad Federal de Lavras]. Repositorio de la Universidad Federal de Lavras. http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4145/1/TESE_Germina%C3%A7%C3%A3o%20C%20fenologia%20e%20estimativa%20do%20custo%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20da%20pitaia%20%5BHylocereus%20undatus%20%28Haw.%29%20Britton%20%26%20Rose%5D.pdf

Merten, S. (2003). Una revisión de la producción de *Hylocereus* en Estados Unidos. *Diario de la Asociación Profesional para el Desarrollo de Cactus*. pp. 98-105. https://www.researchgate.net/publication/237700324_A_Review_of_Hylocereus_Production_in_the_United_States

- Metz, C.; Nerd, A. y Mizrah, Y. (2000) Viabilidad del polen de dos cactus frutales del género *Hylocereus* se ve afectado por la temperatura y la duración del almacenamiento. *HortScience*. 35(2). pp. 199-201. <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/35/2/article-p199.xml>
- Mizrahi, Y. y Nerd, A. Cactus trepadores y columnares: nuevos cultivos frutales de tierras áridas. *Perspectiva en nuevos cultivos y nuevos usos de cultivos*. pp. 358-366. <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/v4-358.html>
- Moller, D. (2009). Peróxido de hidrógeno atmosférico: evidencia de la formación de fase acuosa a partir de una perspectiva histórica y una campaña de medición de un año. *Atmos. Environ.* 43. pp. 5923-5936. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231009007146>
- Montaña, Z. (2016). *Estudio de mercado para los productos hortícolas del programa de agricultura familiar en el municipio de Duitama*. [Tesis de grado, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia]. Repositorio de la Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1932/1/TGT-460.pdf>
- Morales-Ayala, Y.; Ceja-Torres, L.; Méndez-Inocencio, C.; Silva-García, T.; Venegas-González, J. y Pineda-Pineda, J. (2020). Respuesta vegetativa de pitahaya (*Hylocereus* spp.) a la aplicación de vermicompost y fertirriego. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 23(3). p. 90. <https://ipn.elsevierpure.com/es/publications/vegetative-response-of-pitahaya-hylocereus-spp-to-the-application>
- Morard, P. (1995). Estudio de la oxigenación del sistema radicular. *Pub. Agr. Agen*. Pp. 245-252. <https://agritrop.cirad.fr/322972/>

- Moreno, A. y Fischer, G. (2014). Efectos del anegamiento en los frutales: una revisión. *Temas Agrarios*. 19(1). pp. 106-123. <https://core.ac.uk/download/pdf/231232255.pdf>
- Moreno, M.; Pineda, J.; Colinas, M. y Sahagún, J. (2020). El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(4). pp. 1-13. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342020000400931&script=sci_arttext_plus&tlng=es
- Ortega, A.; León, M. y Rosas, R. (2018). Producción de pitahaya para promover el desarrollo regional y sustentable. Universidad Nacional Autónoma de México. 3. pp. 79-90. <http://ru.iiec.unam.mx/4299/>
- Ortiz, T. y Assari, L. (2020). Calidad del fruto de pitaya (*Hylocereus undatus* [Haworth] Britton y Rose) según madurez fisiológica. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*. 14(1). pp. 63-75. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/8422
- Parra, A. (2019). *Implementación de un sistema controlador de factores climatológicos y cultivos de pitahaya hidropónica*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio de la Universidad Tecnológica del Perú. <https://1library.co/document/qmjgv94q-implementacion-sistema-controlador-factores-climatologicos-cultivos-pitahaya-hidroponica.html>
- Perin, C.; Gómez, M.; Hagen, L.; Dogimont, C.; Pech, J.; Latché, A.; Pitrat, M. y Lelievre, M. (2002). Caracterización molecular y genética de un fenotipo no climatérico en el melón revela dos loci que confieren una respuesta al etileno alterada en la fruta. *Plant Physiology*. 129(1). pp. 300-309. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12011360/>
- Petrov, V y Van, F. (2012). Peróxido de hidrógeno: un eje central para el flujo de información en las células vegetales. *Plantas A o B*. <https://core.ac.uk/download/pdf/8735774.pdf>

- Pimienta, B. (1990). El nopal tunero. [Tesis de grado, Universidad de Guadalajara]. Repositorio de la Universidad de Guadalajara. <https://www.worldcat.org/title/nopal-tunero/oclc/23813824>
- Pushpakumara, D.; Gunasena, H. y Karyawasam, M. (2005). Floración y fenología de la fructificación, vectores de polinización y sistema de reproducción de la fruta del dragón (*Hylocereus* spp.). *Sri Lankan Journal of Agricultural Sciences*. 42. pp. 81-91. <https://www.worldagroforestry.org/publication/flowering-and-fruiting-phenology-pollination-vectors-and-breeding-system-dragon-fruit>
- Radio Frecuencia Milagritos. (2021, Abril 1). Lambayecanos de Solecape con recursos propios cultivan Pitahaya y arándanos con mucho éxito en proyecto piloto. [Publicación de Facebook]. Radio Frecuencia Milagritos. <https://www.facebook.com/RadioFrecuenciaMilagritos/posts/3894174037334359>
- Rave, E.; Weiss, J.; Nerd, A. y Mizrahi, Y. (1993). Pitahayas (género *Hylocereus*): una fruta nueva cultivo para el desierto de Negev de Israel. *Nuevos frutos*. pp. 491-495. <https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-491.html>
- Rave, E.; Nerd, A.; Mizrahi, Y. (1998). Respuestas de dos cultivos frutales hemiepipítos a diferentes grados de sombras. *Scientia Horticulturae*. 73(2). pp. 151-164. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423897001349>
- Riviere, L.; Charpentier, S.; Jeannin, B. y Kafka, B. (1993). Concentración de oxígeno de nutriente solución en lanas minerales. *Acta Horticulturae*. 342. pp. 93-101. https://www.ishs.org/ishs-article/342_11
- Robles, J.; Botía, P.; Olivares, L.; Palazón, J.; Navarro, J.; Arques, E.; Martínez, A.; Hernández, F. y Pérez, J. (2020). Aplicación de la oxifertirrigación para optimizar los

recursos hídricos en cítricos, basado en la aplicación de peróxido de hidrógeno en el agua de riego. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/8685>

Salais, O. (2011). *Evaluación de materiales orgánicos como fuente de fertilización para la pitahaya (Hylocereus spp)*. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio del Instituto Politécnico Nacional. <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/15734/1/Tesis%20CIIDIR%20PN%20Oaxaca%202011.pdf>

Schwarz, M. (1990). Oxigenación de solución nutritiva en condiciones normales y de estrés. *Cultura Hidropónica*. 5(1). pp. 45-53. https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202007000300005

Sojka, R. (1992). Cierre de estomas en plantas estresadas por oxígeno. *Soil Science*. 154(4). pp. 269-280. <https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/id/eprint/588/1/787.pdf>

Spichiger, R.; Savolainen, V. y Figeat, M. (2000). Botánica sistemática de plantas en flores - un nuevo enfoque filogenético de las angiospermas de regiones templadas y tropicales. *Sistemática y Geografía de Plantas*. 70(1). pp. 217-218. https://www.researchgate.net/publication/261824774_Botanique_systematique_des_plantes_a_fleurs_Une_approche_phylogenetique_nouvelle_des_Angiospermes_des_regions_temperees_et_tropicales_by_R-E_Spichiger_V_V_Savolainen_M_Figeat

Tachibana, S. (1988). La influencia de retener el suministro de oxígeno a las raíces durante el día y la noche en la pudrición de la flor de los tomates en cultivo de agua. *Soilless Culture*. 4(1). pp. 41-50. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=7697811>

- Tognetti, V.; Van, O.; Morreel, K.; Vandenbroucke, K. y Boerjan, W. (2010). Perturbación de la homeostasis del ácido indol-3-butírico por UDP-glucosiltransferasa UGT74E2. *Plant Cell*. 22. pp. 2660-2679. <http://www.plantcell.org/content/22/8/2660>
- Valencia, M. (2019). *Manejo agronómico de Pitahaya (Hylocereus peruvianus Backeb.) en Chocope, La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14863/Valencia%20Gamboa%2C%20Manuel%20Francisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vanachter, A.; Thys, L. Wambeje, E. y Assche, C. (1989). Posible uso de ozono para desinfección de soluciones de nutrientes vegetales. *Acta Horticulturae*. 221. pp. 295-301. https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202007000300005
- Vanderauwera, S.; Zimmermann, P.; Rombauts, S.; Vandernabeele, S.; Langebartels, C.; Gruissem, W.; Inzé, D. y Breusegem, F. (2005). Análisis de todo el genoma de la expresión génica regulada por peróxido de hidrógeno en Arabidopsis revela un grupo transcripcional altamente inducido por la luz involucrado en la biosíntesis de antocianinas. *Plant Physiol*. 139(2). pp. 806-821. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16183842/>
- Verona-Ruíz, A.; Urcia-Cerna, J. y Paucar-Menacho, L. (2020). Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*. 11(3). pp. 439-453. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Villamizar, F. y Ospina, J. (2000). *Frutas y Hortalizas*. 1era edición. Editorial SENA. Colombia. p.11

- Weiss, J.; Nerd, A. y Mizrahi, Y. (1994). Comportamiento de floración y requisitos de polinización en cactus trepadores con potencial de cultivo de frutas. *HortScience*. 29(12). pp. 1487-1492. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.12.1487>
- William, M.; Davies, W. Malone, M. y Jackson, M. (1995). Un mensaje hidráulico negativo de raíces deficientes en oxígeno de plantas de tomate. *Plant Physiol*. 109(3). pp. 1017-1024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12228649/>
- Wu, L.; Hsu H.; Chen, Y.; Chiu, C.; Lin, Y. y Ho, J. (2006). Antioxidante y actividades antiproliferativas de pitahaya roja. *Food Chemistry*. 95(2). pp. 319-327. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605000889>
- Yesquén, P. (2019). *Estrategias económicas para el crecimiento económico de las pequeñas unidades productivas del valle de olmos, ámbito de influencia de la primera fase de la irrigación Olmos*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3790/BC-TES-TMP-2597.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yoshida, S.; Kitano, M. y Eguchi, H. (1996). Absorción de agua y crecimiento de plantas de pepino bajo control de concentraciones de O₂ disuelto en hidroponía. *Acta Horticulturae*. 440. 199-204. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11541572/>
- Zee, F.; Yen, C. y Nishina, M. (2004). Pitahaya (fruta del dragón, pera y fresa). *Frutas y nueces*. 9. pp. 1-3.

VIII ANEXOS

8.1 Presupuesto

Tabla 22

Presupuesto de bienes y servicios empleados en la investigación

	MATERIALES, EQUIPOS Y OTROS	S/.
	2 agendas*	25.0
	1 millar hojas A4*	15.0
	1 caja de lápices y 1 caja de lapiceros*	20.0
	Colores*	7.0
	Plumones indeleble*	9.0
	Folders*	6.0
	Sobres*	6.0
	Canastillas de fierro**	180.0
BIENES	Vidrios 10 mm de espesor 50x50 cm**	450.0
	Red (malla de sombra)**	60.0
	Tablas y tablines para letreros de identificación	30.0
	Peróxido de hidrógeno**	50.0
	Jeringas**	10.0
	1 caja de guantes**	65.0
	Ph-metro marca Hanna**	1400.0
	Termómetro de aguja DeltaTrak ®**	660.0
	Refractómetro Digital Atago**	2140.0
	Durómetro Baxlo ®**	1015.0
	2 jarras medidoras 1 L**	30.0
	Agua destilada**	50.0
	Vernier digital**	26.0
	Insumos***	100.0
	Pasajes y transporte al área de estudio (36 semanas)	450.0
SERVICIOS	Alimentación (desayuno y almuerzo)	500.0
	Publicación del informe final (3 ejemplares)	70.0
OTROS	Balanza analítica Nimbus ® de la UNPRG	-
	Incubadora Binder de la UNPRG	-
TOTAL		7394.0

Nota: * = Materiales de escritorio; ** = Materiales de campo; *** = Otros

8.2 Matriz de operacionalización

Tabla 23

Matriz de operacionalización de las variables de estudio

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ITEMS
<u>DEPENDIENTE</u>						
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	“Originario de América central y el Caribe, conocido como el cactus trepador de mayor distribución a nivel mundial, presenta frutos de color rosa en su exterior y de color blanco en su interior”. (INIA, 2020)	<i>Hylocereus undatus</i> necesita recibir riegos de apoyo durante los 2 primeros años de la plantación con la finalidad de inducir un apropiado crecimiento vegetativo.	• Características vegetativas • Características de producción	Raíz pH del agua de riego Temperatura del suelo Número de flores por planta Número de frutos por planta Peso del fruto Diámetro ecuatorial del fruto Diámetro polar del fruto Brix°/Acidez Firmeza Estado del fruto	•Técnica: Observación •Instrumento: Ficha técnica de campo	• Raíz: tamaño, peso en fresco y peso en seco, % de absorción de agua, % de humedad. • pH: medidas • Temperatura: °C • Número de flores: alcanzadas en cada flujo de cosecha • Número de frutos: alcanzados en cada flujo de cosecha • Peso del fruto: códigos de calibre (A, ..., I) • Diámetro ecuatorial del fruto: tamaño en mm. • Diámetro polar del fruto: tamaño en mm. • °Brix/Acidez • Firmeza • Estado del fruto: maduro, verde
<u>INDEPENDIENTE</u>						
Oxifertirrigación	“La oxifertirrigación química es una técnica que consiste en la aplicación de compuestos a base de peróxidos directamente en el agua de riego, que durante el proceso de descomposición liberan oxígeno”. (García et al., 2020)	La aplicación de la oxifertirrigación (H ₂ O ₂) directa en suelos con textura salina y con falta de oxígeno, aumentó la biomasa total y el rendimiento en frutales, aparte de mejorar la productividad en ellos.	• Características vegetativas y productivas del cultivo posterior aplicación de la oxifertirrigación	Raíz Número de flores por planta Número de frutos por planta Peso del fruto Diámetro ecuatorial del fruto Diámetro polar del fruto Brix°/Acidez Firmeza Estado del fruto	•Técnica: Observación •Instrumento: Ficha técnica de campo	• Raíz: tamaño, peso en fresco y peso en seco, % de absorción de agua, % de humedad. • Número de flores: alcanzadas en cada cosecha • Número de frutos: alcanzados en cada cosecha • Peso del fruto: códigos de calibre (A, ..., I) • Diámetro ecuatorial del fruto: tamaño en mm. • Diámetro polar del fruto: tamaño en mm. • °Brix/Acidez • Firmeza • Estado del fruto: verde, maduro

Nota: Elaboración propia

8.3 Matriz de consistencia

Tabla 24

Matriz de consistencia

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Mejoramiento del desarrollo vegetativo y productivo del cultivo Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde - Mórrope. 2021-2022	¿Cuál es la eficacia en el mejoramiento del desarrollo vegetativo y productivo del cultivo Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde - Mórrope. 2021-2022?	OBJETIVO GENERAL	La aplicación de la oxifertirrigación en el cultivo de Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) mejora significativamente las características de rendimiento vegetativo y productivo y características físicas y parámetros de calidad.	VARIABLE DEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN
		Evaluar el mejoramiento del desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde.		<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose]	Cuantitativa-Experimental y Longitudinal
		OBJETIVOS ESPECÍFICOS		VARIABLE INDEPENDIENTE	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
		Describir las características del -mejoramiento en el desarrollo vegetativo del cultivo Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) usando la oxifertirrigación como estrategia de disponibilidad de aire en la raíz, en una parcela experimental de la empresa Arena Verde.		Oxifertirrigación	Explicativa
					MÉTODO
					Experimental
					DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
				Experimental	
				POBLACIÓN	
				Parcela experimental de pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) de la empresa Arena Verde.	
	MUESTRA				
	3 surcos/líneas compuestas por 45 plantones de pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) de la parcela experimental de pitahaya de la empresa Arena Verde.				

Nota: Elaboración propia

8.4 Instrumentos de recolección de datos

 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	Mejoramiento del desarrollo vegetativo y productivo del cultivo Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose) mediante la aplicación de la oxifertirrigación en una parcela experimental de la empresa Arena Verde - Mórrope. 2021-2022
	FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

DATOS PERSONALES	
APELLIDOS Y NOMBRES	Estela Núñez, Edson Yamil
FACULTAD	Ciencias Biológicas
LUGAR	Arena Verde - Mórrope
E-MAIL	eestelan@unprg.edu.pe
FECHA	08/10/2020

INSTRUCCIÓN: En el siguiente cuadro se anotarán los datos de las observaciones realizadas para las características de la raíz, alcanzadas en cada grupo de cosecha. Marcar con aspa (x) el grupo de cosecha, y el tratamiento perteneciente, luego, registrar los datos en las casillas correspondientes.

FECHA DE REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS						
REPETICIÓN						
VARIABLE DEPENDIENTE		CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS				
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	Testigo	RAÍZ				
	T1	1 ^{era} cosecha	2 ^{da} cosecha	3 ^{era} cosecha		
	T2	Longitud aproximada	Peso en fresco	Peso en seco	% de absorción de agua	% de humedad

Nota: Se señalará si las mediciones fueron tomadas en el 1^{er}, 2^{do} o 3^{er} grupo de cosecha. En cada grupo, las muestras de raíces extraídas de las canastillas corresponderán a la R1, R2 y R3 respectivamente. (Ejemplo: las raíces de las canastillas del 1^{er} grupo corresponden a la R1, las raíces de las canastillas del 2^{do} grupo corresponden a la R2 y las raíces de las canastillas del 3^{er} grupo corresponden a la R3).

INSTRUCCIÓN: En el siguiente cuadro se anotarán los datos de las mediciones de pH del agua y temperatura del suelo tomadas en campo semanalmente, desde la semana 1 en adelante. Anotar la fecha en que se realizaron las mediciones. Anotar las observaciones correspondientes según lo considere el investigador.

SEMANAS	FECHA	PH DEL AGUA		TEMPERATURA DEL SUELO (°C)						OBSERVACIONES
		T1	T2	T0		T1		T2		
				S	R	S	R	S	R	
SEMANA 1										
SEMANA 2										
SEMANA 3										
SEMANA 4										
SEMANA 5										
SEMANA 6										
SEMANA 7										
...										
SEMANA X										

Nota: Para el indicador de pH, se consideran a los dos tratamientos (T1 y T2), por lo que al tomar el pH se recomienda limpiar el pH-metro con agua destilada, antes de introducirlo en el otro tratamiento, esto para evitar similitudes y errores en las lecturas del mismo. Para el indicador de la temperatura del suelo, se consideran a los tres grupos (T0, T1 y T2), a los que a su vez se le tomará la temperatura de la superficie del suelo (S) así como de dentro del rizotrópico (R).

INSTRUCCIÓN: Cada tabla representa un rizotrón de cada repetición, cada uno de los recuadros equivale a 10 cm de medida. Semanalmente se utilizará para registrar la elongación de las raíces, para ello, el investigador plasmará *in vivo* dibujando/graficando con lápiz o o lapicero el crecimiento de las mismas. Marcar el grupo perteneciente.

FECHA DE REALIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN																	
LONGITUD DE LAS RAÍCES	RIZOTRONES																
	GRUPO:					T0	T1					T2					

Nota: Elaboración propia

CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN

INSTRUCCIÓN: Colocar dentro de los recuadros, la cantidad de flores y frutos contabilizados en cada flujo de cosecha según cada tratamiento y repetición.

TESTIGO	# FLORES	# FRUTOS
R1		
TESTIGO	# FLORES	# FRUTOS
R2		
TESTIGO	# FLORES	# FRUTOS
R3		

T1	# FLORES	# FRUTOS
R1		
T1	# FLORES	# FRUTOS
R2		
T1	# FLORES	# FRUTOS
R3		

T2	# FLORES	# FRUTOS
R1		
T2	# FLORES	# FRUTOS
R2		
T3	# FLORES	# FRUTOS
R3		

CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

INSTRUCCIÓN: El siguiente cuadro está dividido en siete (07) indicadores, en los cuales se anotarán los datos de las observaciones realizadas, alcanzadas en cada cosecha. Anotar la repetición correspondiente, luego marcar con aspa (x) el flujo de cosecha y el grupo perteneciente (testigo, tratamiento 1, tratamiento 2) posteriormente registrar los datos en las casillas indicadas.

FECHA DE RELIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN									
REPETICIÓN									
VARIABLE DEPENDIENTE		CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO							
		1 ^{era} cosecha		2 ^{da} cosecha		3 ^{era} cosecha			
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	Testigo	PESO (g)	DIÁMETRO ECUATORIAL (mm)	DIAMETRO POLAR (mm)	°BRIX	ACIDEZ	FIRMEZA	ESTADO DEL FRUTO	
	T1							Verde	Maduro
	T2	CÓDIGO DE CALIBRE							

Nota: Elaboración propia. Para el código de calibre del peso del fruto, se consideran las disposiciones de la Norma CODEX STAN 237-2003 para la exportación de pitahaya (Ver Anexo 4.4).

8.5 Norma CODEX STAN 237-2003 para la exportación de pitahaya

Tabla 25

Códigos de calibre en base al peso del fruto

Código de calibre	Peso por unidad (en gramos)	
	Amarillas	Rojas/Blancas
A	110 - 150	110 - 150
B	151 – 200	151 – 200
C	201 – 260	201 – 250
D	261 - 360	251 – 300
E	>361	301 – 400
F	----	401 – 500
G	----	501 – 600
H	----	601 – 700
I	----	>701

Nota: CODEX STAN (2003)