



**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROFORESTAL**

**“EFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN EL
ENRAIZAMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO DE CLADODIOS
DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)”**

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROFORESTAL

Presentado por:
Elvis Michael Carrera Abanto (0000-0001-5492-7096)

Asesora:
Zoila Rosa Salinas Sifuentes (0000-0002-9326-8406)

Lima – Perú
2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 17 de mayo de 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Blgo. Santiago Hilarión Pastor Soplín
Integrante: Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo
Integrante: Ing. Héctor Domingo Velásquez Alcántara

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: EFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN EL ENRAIZAMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO DE CLADODIOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)

Presentada por:

- Elvis Michael Carrera Abanto

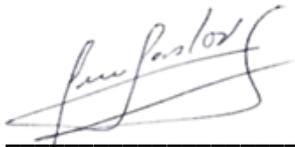
Para optar el Título Profesional de Ing. Agroforestal

Asesorada por: Mg. Zoila Rosa Salinas Sifuentes

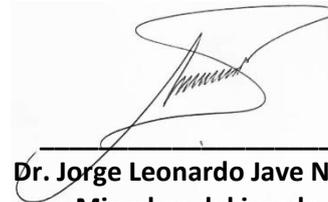
Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Integrante 1: Elvis Michael Carrera Abanto			Nota (escrito): dieciocho
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Blgo. Santiago Hilarión Pastor Soplín
Presidente del jurado



Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo
Miembro del jurado



Ing. Héctor Domingo Velásquez Alcántara
Miembro del jurado



Mg. Zoila Rosa Salinas Sifuentes
Asesora

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN¹

Lima, 19 de agosto_ del 2023

Señor,

Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación

Universidad Científica del Sur

Presente. –

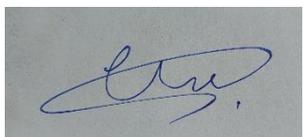
De nuestra consideración,

Yo: Elvis Michael Carrera Abanto, egresado de la carrera de Ing. Agroforestal de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con la asesora de tesis Zoila Rosa Salinas Sifuentes, declaramos que este informe final de tesis titulado: EFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN EL ENRAIZAMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO DE CLADODIOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*), sustentado para obtener el título de Ingeniero Agroforestal es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos ², que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI: 75869014



Firma del asesor de tesis
DNI: 06013176

¹ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

² Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Efectos de microorganismos eficientes (EM) en el enraizamiento y desarrollo vegetativo de cladodios de pitahaya (Hylocereus undatus)

Autores. Elvis Michael Carrera Abanto.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2192809697).

Resultado de la evaluación. 9%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras, se excluyeron citas.



DEDICATORIA

A Dios, por la vida, por darme fortaleza y sabiduría para alcanzar mis objetivos, mi familia quienes me brindaron todo su apoyo incondicional; mis profesores por los sabios consejos y compañeros por el trabajo en equipo.

Por último, lo dedico a mi país, para seguir haciendo patria y contribuir con un granito de arena.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por toda la fortaleza y por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida, dándome fuerza en los momentos difíciles y por los logros obtenidos durante mi carrera universitaria. A mis padres y amigos por siempre contar con su apoyo incondicional en todo momento.

A mis docentes que con sus conocimientos y experiencias supieron orientarme en mi etapa académica y en especial a mi asesora Mg. Zoila Rosa Salinas Sifuentes, por estar constantemente pendiente de cada avance realizado de mi proyecto e investigación.

Finalmente, también agradezco a todas esas personas que me brindaron su apoyo y me ayudaron en este logro importante de mi vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
II.	MARCO TEÓRICO	16
1.	Antecedentes	16
2.	Bases Teóricas	20
1.1.	Variedades de pitahaya	20
1.2.	Requerimientos edafoclimáticos	22
1.3.	Etapas fenológicas de la Pitahaya	23
1.4.	Manejo agronómico	26
1.5.	Sistemas de propagación.....	33
1.6.	Producción a nivel internacional y nacional de la pitahaya	33
1.7.	Comercialización de la pitahaya	36
III.	OBJETIVOS.....	38
1.	Objetivo general.....	38
2.	Objetivos específicos	38
IV.	METODOLOGÍA	38
1.	Lugar de estudio.....	38
2.	Preparación y análisis de las características del sustrato	38
3.	Recolección del material vegetal	39
4.	Aplicación de microorganismos eficientes (EM).....	39
5.	Diseño de la investigación y recolección de datos	40
6.	Análisis estadístico	41
V.	RESULTADOS.....	41
1.	Características físicas, químicas y de contenido de nutrientes del suelo.....	41
2.	Evaluación del desarrollo vegetativo del cultivo de pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) ...	43
2.1.	Longitud de brote	43

2.2.	Peso fresco de brote	44
2.3.	Peso seco de brote	45
3.	Evaluación del desarrollo radicular del cultivo de pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>).....	47
3.1.	Longitud de raíz	47
3.2.	Peso fresco de raíz	48
3.3.	Peso seco de raíz	49
VI.	DISCUSIÓN	51
1.	Características físicas, químicas y de contenido de nutrientes del suelo.....	51
2.	Evaluación del desarrollo vegetativo del cultivo de pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>) ...	53
3.	Evaluación del desarrollo radicular del cultivo de pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>).....	55
VII.	CONCLUSIONES	58
VIII.	RECOMENDACIONES.....	58
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
X.	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fases fenológicas reproductivas de <i>Hylocereus undatus</i>	26
Figura 2 Alternativas de estructuras para el sostén de los tallos de pitahaya	28
Figura 3 Longitud promedio de brote de pitahaya	44
Figura 4 Peso fresco promedio de brote de pitahaya.....	45
Figura 5 Peso seco promedio de brote de pitahaya	46
Figura 6 Longitud promedio de raíz de pitahaya	47
Figura 7 Peso fresco promedio de raíz de pitahaya.....	49
Figura 8 Peso seco promedio de raíz de pitahaya	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la pitahaya (<i>Hylocereus</i> spp.).....	17
Tabla 2 Clasificación taxonómica de la pitahaya (<i>Hylocereus</i> spp.).....	20
Tabla 3 Clasificación taxonómica de la pitahaya roja y amarilla	22
Tabla 4 Requerimiento de nutrientes de acuerdo a la edad de pitahaya	31
Tabla 5 Principales países productores de pitahaya.....	34
Tabla 6 Producción nacional de pitahaya (t) de las principales zonas productoras.....	35
Tabla 7 Evolución de las exportaciones de pitahaya de 2016-2020.....	36
Tabla 8 Tratamiento y dosis utilizados en la investigación	40
Tabla 9 Características físicas y químicas del suelo, según fecha y tratamiento	42
Tabla 10 Longitud promedio de brote	43
Tabla 11 Peso fresco promedio de brote.....	44
Tabla 12 Peso seco promedio de brote	46
Tabla 13 Longitud promedio de raíz	47
Tabla 14 Peso fresco promedio de raíz.....	48
Tabla 15 Peso seco promedio de raíz	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del producto Bioem	71
Anexo 2. Documento de autorización para realizar el experimento.....	73
Anexo 3. Cuadros estadísticos de las variables de desarrollo vegetativo	74
Anexo 4. Cuadros estadísticos de las variables de desarrollo radicular	81
Anexo 5. Informes de análisis de laboratorio	88
Anexo 6. Materiales utilizados en la investigación	90
Anexo 7. Registro fotográfico	91

**“EFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN EL ENRAIZAMIENTO Y
DESARROLLO VEGETATIVO DE CLADODIOS DE PITAHAYA (*Hylocereus
undatus*)”**

Resumen

La principal forma de propagar la pitahaya (*Hylocereus undatus*) es de manera vegetativa por lo que es importante la calidad del material vegetativo utilizado, ya que de ello depende el resto del proceso productivo. El objetivo de esta investigación fue determinar los efectos de los microorganismos eficientes (EM) en el enraizamiento y desarrollo vegetativo de cladodios de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Las evaluaciones se realizaron en unidades experimentales homogéneas, con 48 cladodios de pitahaya de 30 cm, los factores de estudio fueron los EM en dosis de 25 ml/L, 50 ml/L y 75 ml/L. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y doce repeticiones. Los datos obtenidos fueron sometidos ANOVA y posteriormente a la comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$). Los resultados evidenciaron que la aplicación de EM influyó significativamente en la longitud de brote, peso fresco y peso seco de brote, así como en la longitud de raíz, peso fresco y peso seco de raíz, logrando incrementar sus valores con la aplicación de 75 ml/L de EM (T3). Los parámetros evaluados en cada variable tuvieron una tendencia al incremento a medida que la dosis aplicada fue mayor. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las medias en todas las variables a dosis de 50 ml/L de EM (T2) y 75 ml/L de EM (T3).

Palabras clave: Microorganismos eficientes, enraizamiento, desarrollo vegetativo, pitahaya.

**“EFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN EL ENRAIZAMIENTO Y
DESARROLLO VEGETATIVO DE CLADODIOS DE PITAHAYA (*Hylocereus
undatus*)”**

Abstract

The propagation of the plants is essential, since the rest of the production process will depend on the quality of the vegetative material used. The objective of this research was to determine the effects of efficient microorganisms (EM) on the rooting and vegetative development of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) cladodes. The evaluations were carried out in inhomogeneous experimental units, with 60 pitahaya cladodes of 30 cm, the factors studied were ME, in doses of 25 ml/L, 50 ml/L and 75 ml/L. A completely randomized design (DCA) with four treatments and twelve replicates was used. The data obtained were subjected to an analysis of variance and a comparison of means (Tukey, $p \leq 0.05$). The results showed that the application of efficient ME significantly influenced the shoot length, fresh weight and dry weight of the shoot, as well as the root length, fresh weight and root dry weight, managing to increase their values with the application of 75 ml/L of ME (T3). The parameters evaluated in each variable had a tendency to increase as the applied dose was higher. However, no significant differences were found in the means in all the variables at doses of 50 ml/L of EM (T2) and 75 ml/L of ME (T3).

Keywords: Efficient microorganisms, rooting, vegetative development, pitahaya.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pitahaya es una especie perenne, hemiepífita de carácter trepadora con tallos de forma triangular y acostillados; por lo que requiere de un adecuado sistema de tutorado. Perteneció al orden Caryophyllales, familia de las cactáceas, género *Hylocereus* (Kishore, 2016). Siendo esta planta originaria de América Tropical, principalmente de América Central y el Caribe. Tiene la capacidad de adaptarse a diversas condiciones ambientales, razón por el cual está siendo sembrada ampliamente y es apreciada a nivel comercial en países asiáticos como China, Vietnam, Indonesia y Corea (Verona et al., 2020). En América Latina: Colombia, Brasil, Venezuela, México, Ecuador y Costa Rica son los principales países productores y exportadores (Enciso et al., 2011).

La demanda de la pitahaya a nivel internacional ha generado gran interés en el territorio nacional, de tal manera que están incrementando las áreas de cultivo de pitahaya principalmente en la región de Piura, Lambayeque, Ica y San Martín. Las variedades de pitahaya roja tienen mejor adaptabilidad al clima costero del Perú, mientras que las variedades de pitahaya amarilla se adaptan mejor a climas amazónicos. Es por ello que la pitahaya amarilla es más cultivada en la selva peruana, principalmente en la región San Martín, donde se cultiva la especie *H. megalantus* (Vargas y López, 2020).

La propagación es un factor importante para la buena productividad del cultivo de pitahaya, existen dos tipos de propagación: sexual, a partir de semillas botánicas obtenidas de frutos seleccionados, el cual es muy poco usado por los agricultores debido a que el tiempo que requiere la planta para producir es mayor a los 5 años. También se puede realizar por propagación asexual, a partir de estacas, tallos o esquejes (Cruz et al., 2015; García y Quirós,

2010), siendo el más común por medio de estacas, puesto que garantiza la conservación de las características de la planta madre, es de fácil manejo y el tiempo para entrar en producción es más corto en comparación a la propagación por semillas (Cerqueda, 2010; Le Bellec y Vaillant, 2011).

En relación a la propagación por estacas algunos autores recomiendan que es importante que pasen por un proceso de enraizamiento previamente al sembrado, con la finalidad de que los brotes y raíces se desarrollen uniformemente, puesto que la siembra directa de las estacas tiene una tasa muy baja de desarrollo y enraizamiento (Garbanzo et al., 2021). Los injertos, son otra alternativa para la propagación asexual, para lo cual es esencial un material vegetal de calidad, con características genéticas óptimas para ser injertadas en otras variedades (Costa et al., 2006). También se puede realizar cultivos *in vitro*, de esta manera se asegura que se obtengan plantas saludables y libres de enfermedades, además es usado para mejorar genéticamente cualquier especie (Cuellar et al., 2006; Montesinos et al., 2015).

Por lo general, para facilitar la propagación y desarrollo de cultivos se hace uso de fertilizantes sintéticos, trayendo consigo efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Es por ello que surge la necesidad de evaluar nuevas alternativas, siendo una de ellas la aplicación de microorganismos eficientes, los cuales comprenden una gran diversidad microbiana, con más de 80 especies de microorganismos capaces de coexistir como comunidades microbianas e incluso complementarse, siendo algunas especies aeróbicas, anaeróbicas y fotosintéticas. A nivel comercial vienen en presentaciones de productos líquidos formulados (Morocho y Leiva, 2019).

Los mayores avances sobre los microorganismos eficientes iniciaron con las investigaciones del profesor Teruo Higa en Okinawa (1970), quien siempre tuvo el interés por la búsqueda de nuevas alternativas naturales en la agricultura, y tras varios experimentos reunió y seleccionó 80 especies de microorganismos con efectos positivos en el desarrollo vegetativo, y la productividad de los cultivos (Morocho y Leiva, 2019). Entre los microorganismos fotosintéticos que forman parte de los EM se encuentra el *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides* (Hoyos et al., 2008). Además, los EM contienen bacterias rizosféricas que promueven la producción de auxinas y citoquininas, ambas fitohormonas importantes para el desarrollo vegetativo y radicular de las plantas (Zafar et al., 2012).

Con respecto a la eficiencia de los EM existen diversos estudios que documentan sus beneficios; por ejemplo, en el cultivo de tomate tras la aplicación de microorganismos eficientes, los resultados de biomasa y rendimiento fueron mejores en comparación con el control (sin ninguna aplicación), obteniendo 20 % más en el rendimiento (Alarcon et al., 2020). En cultivo de frijol se determinó que los microorganismos eficientes influyen significativamente en los parámetros morfológicos y productivos, incrementando la producción de hojas en 92%, la altura de planta en 72% y el rendimiento del cultivo en 153% (Calero et al., 2019).

En cultivo de brócoli se ha encontrado que la aplicación de una mezcla de EM y compost, permite la obtención de resultados positivos en cuanto al peso fresco y seco del brócoli, con un aproximado de 8% más en ambas variables con respecto al control, concluyendo que los EM representan una alternativa sustentable frente a los problemas existentes por el uso de agroquímicos (Peralta et al., 2019). Los EM constituyen una herramienta importante para la agricultura sostenible, debido a su eficacia en el mejoramiento del rendimiento de los

cultivos; y por su aporte en las propiedades químicas y biológicas del suelo (Alvarez et al., 2018; Díaz et al., 2008; Sánchez et al., 2011). Siendo esencial realizar investigaciones en cuestiones de la propagación de la pitahaya.

La calidad del material vegetal propagada es muy importante para el éxito de la plantación, por ello esta investigación tiene como objetivo determinar el efecto de los EM, a diferentes dosis, en el enraizamiento y desarrollo vegetativo en estacas de la pitahaya, *H. undatus*.

II. MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes

Ruiz (2021) evaluó la aplicación de microorganismos eficientes y microorganismos de montaña en la productividad del cultivo de pitahaya. La investigación tuvo un diseño de bloques completo al azar, con cinco tratamientos: T1 (microorganismos de montaña), T2 (EM), T3 (mezcla de microorganismos de montaña y EM), T4 (Fitohormonas) y T5 (Testigo). Las fitohormonas fueron obtenidas del producto comercial “AGROSOL”, el cual contiene giberelinas (31 ppm), auxinas (30.5 ppm) y citoquininas (81.9 ppm). En la investigación se determinó que el T3 tuvo mejor rendimiento (9627.50 kg/ha), mayor longitud promedio de brote (82.75 cm), mayor número de frutos promedio (15 unidades) y mayor peso promedio de frutos (0.72 kg). Además, la relación de beneficio/ costo del T3 fue \$ 2.41 en comparación al testigo (T5) que obtuvo un valor de \$ 1.14. Se concluyó que la aplicación de combinaciones de microorganismos tiene mayor efectividad que los productos comerciales, permitiendo un comportamiento agronómico favorable para el cultivo de pitahaya.

Guanuche y Holguin (2021) evaluaron la eficacia de la bioestimulación con biol enriquecido con microorganismos en el desarrollo radicular de la pitahaya. La investigación tuvo un diseño de bloques completo al azar, con tres tratamientos y un control: T1 baja (1.5 L/20 L de agua), T2 media (2.5 L/20 L de agua), T3 alta (3 L/20 L de agua) y T (control sin biol). Como resultado determinaron que el T2 tuvo mejores resultados en la cantidad de raíces, longitud, diámetro y peso radicular, así como en el número y peso de brotes.

Sánchez et al. (2022) evaluaron el efecto de la aplicación de tres dosis de fertilización sobre la etapa de floración y producción de la pitahaya. Los tratamientos consistieron en la aplicación de tres dosis de fertilización y tres dosis de fitohormonas (Tabla 1). El producto comercial de fitohormonas utilizado fue el Big-Hor Plus®: 0.13 ppm auxinas, 2.5 ppm citoquininas, 0.13 ppm giberelinas. La investigación tuvo un diseño de bloques completo al azar, con nueve tratamientos y tres repeticiones. Los ensayos se realizaron en plantaciones de pitahaya de 2.5 años. Concluyeron que la fertilización (136 g/planta) y la aplicación de fitohormonas (NPK 138⁺ ppm) influyeron de manera significativa en la etapa de floración, fructificación y en el rendimiento. No obstante, no evidenciaron variaciones significativas en los tratamientos en cuanto al peso, longitud y diámetro del fruto.

Tabla 1

Tratamientos de fertilización y fitohormonas

Tratamientos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fitohormonas (ppm)		
				Auxinas	Citoquininas	Giberelinas
T1	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	3.25	62.5	3.25
T3	0	0	0	6.5	125	6.5
T4	78	28	30	0	0	0

T5	78	28	30	3.25	62.5	3.25
T6	78	28	30	6.5	125	6.5
T7	106	38	58	0	0	0
T8	106	38	58	3.25	62.5	3.25
T9	106	38	58	6.5	125	6.5

Nota. Sánchez et al., 2022.

Garbanzo et al. (2021) evaluaron el efecto de diferentes tamaños de cladodios y la aplicación de bioestimulantes sobre el enraizamiento de pitahaya. La fase experimental se basó en dos experimentos: para el primer experimento se utilizaron estacas de 40 cm, mientras que en el segundo experimento se utilizaron cladodios de 20 y 110 cm, ambos experimentos fueron expuestos a tres soluciones de origen natural: agua de pipa (*Cocos nucifera*) proveniente del coco no maduro, agua de coco proveniente del fruto maduro (*Cocos nucifera*) y lentejas (*Lens culinaris*) en diferentes concentraciones: 150 ml/L, 300 ml/L y 600 ml/L. Se evidenció que la solución de coco a 300 ml/L y 600 ml/L tuvieron 8 cm de longitud más en comparación al testigo. Asimismo, se determinó la existencia de una relación directa entre el tamaño del cladodio y la brotación, lo cual puede deberse a que los cladodios de mayor tamaño guardan y pueden generar más foto-asimilados puesto que tienen mayor probabilidad de fotosintetizar, favoreciendo al esqueje brotar con mayor rapidez. En esta investigación se concluyó que tamaños de cladodios superiores a 60 cm garantizan mejor desarrollo del cultivo.

Rodríguez (2022) evaluó la frecuencia de la aplicación de biol en tres frecuencias 8, 15 y 21 días en cultivo de pitahaya de la variedad de pulpa blanca y pulpa roja. La investigación tuvo un diseño de bloques completo al azar. Y se obtuvo que el T5 (Variedad de pulpa blanca – con aplicación de biol cada 15 días) obtuvo mejor relación beneficio/costo (\$1.41) y resultados

estadísticamente significativos en cuanto al diámetro, peso y calidad del fruto. No obstante, todos los tratamientos presentaron bajos promedios de número de frutos por cada planta de pitahaya, debido a la falta de implementación de un sistema de riego tecnificado que permita el control del aborto floral frente a la exposición a altas temperaturas. Por otro lado, se determinó en la variedad de pulpa blanca con 15 y 21 días de frecuencia de aplicación mayor efectividad en comparación a la variedad de pulpa roja.

Monge et al. (2022) evaluaron el efecto del biol sobre las características del suelo y la producción de brotes tanto vegetativos como reproductivos de pitahaya. La brotación vegetativa permite formar en volumen a la planta y de este modo aumentar su capacidad fotosintética, mientras que la brotación reproductiva hace referencia a la formación de flores. La investigación tuvo un diseño de bloques completo al azar, y consistió en la aplicación del producto comercial Fertibiol 45L[®] y agua destilada (control). El producto mencionado corresponde a un biofertilizante y biocontrolador 100% orgánico, cuyos principales componentes son el *Bacillus* (15% v/v), *Pseudomonas* (15% v/v), y *Azotobacter* (15% v/v). La investigación encontró que el Fertibiol influye positivamente en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, como el P (+112%), S (+120%) y Zn (+18%), y ocasiona un efecto antagonista sobre algunos hongos como *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp. No obstante, los brotes de reproducción disminuyeron un 56%, mientras que en el desarrollo de brotes vegetativos no se evidenciaron efectos.

Cabrera et al. (2018) evaluaron el efecto de la aplicación de biol y purín (abonos líquidos) en pitahaya. La investigación tuvo un diseño de bloques completo al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Para los ensayos utilizaron 300 esquejes de la especie *H. undatus*. La investigación determinó que la aplicación del fertilizante orgánico foliar biol en dosis de 60

L/ha permitió obtener mejores resultados en cuanto al número de brotes vegetativos, longitud, peso y diámetro del fruto, así como aumentar el rendimiento de cultivo de pitahaya, alcanzando 7924 kg/ha.

De la Cruz et al. (2019) evaluaron el efecto de la aplicación de tres dosis: 2 t/ha, 4 t/ha y 8 t/ha de humus y compost en cultivo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*). La investigación tuvo un diseño de bloques al azar, con siete tratamientos y tres repeticiones. La aplicación de humus y compost evidenciaron un efecto similar en aplicaciones de la misma dosis. Encontraron que con la aplicación de 2 t/ha de humus y compost fueron menores la cantidad de brotes, días de floración; así como el diámetro, longitud y peso de los frutos, en comparación con la aplicación de 8 t/ha. Por otro lado, lograron maximizar el rendimiento del cultivo de pitahaya, obteniendo 11 021.1 kg/ha con la aplicación de 8 t/ha de humus y 11 229.20 kg/ha con la aplicación de 8 t/ha de compost.

2. Bases Teóricas

1.1. Variedades de pitahaya

La pitahaya (*Hylocereus* spp.) es oriunda de América. Presenta 16 especies y es reconocido como un cactus trepador. El género *Hylocereus*, cuenta con dos especies de mayor distribución a nivel comercial: *Hylocereus undatus* y *Hylocereus megalanthus*, anteriormente conocida como *Selenicereus megalanthus* (Montesinos et al., 2015; Vargas y López, 2020). En la siguiente tabla se presenta su taxonomía.

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la pitahaya (Hylocereus spp.)

Nombre científico	<i>Hylocereus</i> spp.
--------------------------	-------------------------------

Reino	Plantae
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllale
Familia	Cactaceae - cactácea
Tribu	Hylocereeae
Género	<i>Hylocereus</i>
Especie	<i>H. calcaratus</i> (Weber), <i>H. costaricensis</i> , <i>H. escuintlensis</i> (Kimn.), <i>H. extensus</i> (Salm- Dyck ex De Candolle), <i>H. guatemalensis</i> (Eich.), <i>H. minutiflorus</i> y <i>H. megalanthus</i> (Schum. ex Vaupel), <i>H. monacanthus</i> , <i>H. stenopterus</i> (Weber), <i>H. ocamponis</i> (Salm-Dyck), <i>H. purpusii</i> , <i>H. setaceus</i> (Salm-Dyck ex De Candolle), <i>H. triangularis</i> (L.), <i>H. tricae</i> (Hunt), <i>H. trigonus</i> (Haw.), <i>H. undatus</i> (Haw.).

Nota. Verona et al., 2020.

Pitahaya roja (*Hylocereus undatus*)

Esta especie posee flores grandes de aproximadamente 29 cm de longitud, de coloración verdosa o amarillenta. Interiormente cuenta con segmentos de perianto de color blanco. El fruto de la pitahaya es por lo general de color rojizo y de pulpa blanca, cubierto por bracteolos de color rojo y verde en las puntas. El tamaño promedio del fruto es de 11.3 cm a 14.2 cm, mientras que la circunferencia promedio del fruto es de 25.5 cm a 29.1 cm (Warusavitharana et al., 2017). Presenta tallos triangulares, de ángulo convexo entre las yemas del tallo.

Existen diversas especies de pitahayas que son conocidas como pitahaya roja: *H. undatus*, *H. polyrhizus*, *H. costaricensis*, *H. triangularis* y *H. purpusii* (Montesinos et al., 2015), los cuales son cultivados principalmente en Centro América e Israel. Su uso principal es alimenticio, las semillas son utilizadas como probióticos, la pulpa es ampliamente utilizada en bebidas por su agradable sabor y su alto contenido antioxidante.

Pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)

La pitahaya amarilla presenta flores blancas muy largas de 32 cm a 38 cm aproximadamente, siendo estas medidas superiores al fruto de otras especies. A diferencia de la pitahaya roja que presenta un ángulo convexo entre las yemas, la pitahaya amarilla presenta un ángulo cóncavo. Sus frutos pueden llegar a tener una longitud de hasta 12 cm y un peso de 250 g, la corteza amarilla con espinas y su pulpa blanca jugosa son características propias de esta variedad (Delgado, 2015).

Tabla 3

Clasificación taxonómica de la pitahaya roja y amarilla

Nombre científico	<i>Hylocereus undatus</i>	<i>Hylocereus megalanthus</i>
Nombre común	Pitahaya roja	Pitahaya amarilla
Reino	Plantae	Plantae
División	Magnoliophita	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllale	Caryophyllale
Familia	Cactaceae	Cactaceae
Género	<i>Hylocereus</i>	<i>Hylocereus</i>
Especie	<i>Hylocereus undatus</i>	<i>Hylocereus megalanthus</i>

Nota. Esquibel y Araya, 2012.

1.2. Requerimientos edafoclimáticos

La pitahaya es una planta epífita o hemiepífita que al igual que todos los cultivos tiene requerimientos edafoclimáticos para su desarrollo. Por lo general, esta planta se desarrolla óptimamente a una altura de 500 a 1 900 msnm, entre 70% y 80% de humedad relativa y a precipitaciones de 1200 mm/año a 2500 mm/año (Sotomayor et al., 2019). La especie *Hylocereus undatus* se caracteriza por su resistencia al déficit de agua, y se adapta

excelentemente a temperaturas de 21 a 29 °C. Mientras que la *Hylocereus megalanthus* presenta mejor producción a una temperatura promedio de 18 y 25 °C, entre 1000 y 1750 msnm de altitud, y 1500 y 2000 mm de precipitación (Monge et al., 2021).

La pitahaya es una planta que por lo general prefiere el clima cálido y húmedo, no obstante, también se crece en climas secos (Ramos, 2018). Las temperaturas superiores a 38 °C pueden generar quemaduras en la planta, es por ello por lo que en climas muy cálidos y secos es esencial el uso de mallas de sombreado artificial de 30 a 60 % para proteger a la planta de la alta radiación solar. Las especies más tolerantes a altas temperaturas son el *H. monacanthus* y *H. costaricensis*, debido a la capa cerosa que cubre sus tallos.

En la producción de pitahaya la luz cumple un rol importante, puesto que incide directamente en la floración, absorción de los nutrientes disponibles en el suelo y en el rendimiento. La pitahaya es exigente en horas luz para la germinación de los botones florales, así como para el desarrollo de diversos procesos fisiológicos, por ello es recomendable la exposición parcial a la luz solar con 30% de sombra (Ramos, 2018).

Por otro lado, esta planta también tiene la capacidad de adaptación a suelos que no presentan óptimas características para la siembra, tales como suelos secos y pedregosos, no obstante, entre los requerimientos edáficos de la pitahaya se encuentra que sean suelos francos arcilloso o franco arenoso con alto contenido de materia orgánica (>5), de 5.3 a 7 de pH. Asimismo, debe presentar un buen sistema de drenaje con la finalidad de prevenir la propagación de enfermedades, a causa de la retención de agua, como es la pudrición de los brotes generados por diversos agentes patógenos (Vargas et al., 2020).

1.3. Etapas fenológicas de la Pitahaya

La periodicidad de los factores climáticos tales como la temperatura, radiación solar, precipitación, influye en la periodicidad en la vida de los seres vivos. Existe limitada información referente a la fenología reproductiva de la pitahaya, puesto que el comportamiento de cada especie de pitahaya es variable, de modo que los periodos de desarrollo vegetativo y reproductivo puede ser diferente de acuerdo con los genotipos (Martínez et al., 2017).

a. Brotación floral y ciclos de floración

La pitahaya por lo general florece durante el verano en la temporada de lluvias y puede tener de cuatro a siete ciclos de floración en 8 meses, de acuerdo a la variedad y otros factores como el clima. En el caso de la especie *H. undatus* requiere de mayor cantidad de horas luz en la etapa de floración, llegando a tener de uno a ocho ciclos de floración en Israel, cuyo clima va de templado a tropical, con abundante sol, siendo necesario en verano el uso de pantallas de sombra (30 al 60% de sombreado) para reducir las quemaduras solares (Pushpakumara et al., 2005). En el estado brasileño Santa Catarina se encontraron de tres a cuatro ciclos de floración entre verano (veranos largos cálidos y húmedos) y otoño (Braga et al., 2011). En cuanto a la *H. megalanthus* tiene un desarrollo fenológico reproductivo de 138 días, considerando desde la brotación del botón floral hasta la etapa de cosecha.

Osuna et al. (2016) menciona que la floración de la pitahaya se encuentra asociada con los factores ambientales tales como el aumento de temperatura y la humedad relativa. En verano, el tiempo que tardan las flores en llegar a la etapa de antesis es de dos semanas, mientras que en otoño tarda tres semanas. Este comportamiento, también es el mismo durante la formación y desarrollo de los frutos; durante la temporada de verano el tiempo de

la etapa de antesis a madurez es de cuatro semanas aproximadamente, mientras que en otoño el periodo es de seis semanas.

b. Antesis o floración

En esta etapa se separan los sépalos y pétalos de la flor, quedando los estambres y estigmas expuestos. Cuando el perianto llega a su máxima longitud (25 cm - 30 cm), la flor comienza a abrirse en las primeras horas de la mañana y permanece abierta hasta las 7 am u 8 am del mismo día (Martínez et al., 2017). De acuerdo a Nerd et al. (1999) en países como Israel y Vietnam el tiempo que pasa desde la fase de antesis hasta la cosecha es de 28 a 30 días, mientras que en Estados Unidos, es de 40 a 45 días.

c. Amarre del fruto

En la etapa de cuajado del fruto, la flor luego de ser polinizada pasa a ser fecundada, y posteriormente se forma y desarrolla el fruto. Es indispensable la calidad del polen, así como una adecuada velocidad de crecimiento del tubo de polinización y el fruto. Además, de buenas condiciones climáticas (Paredes, 2021). Este proceso puede ser influenciado por factores endógenos (presencia de nutrientes y hormonas). Cuando el fruto comienza a desarrollarse se genera competencia entre frutos y las partes vegetativas, lo cual puede inducir al desprendimiento de frutos (Pushpakumara et al., 2005).

d. Madurez de fruto

Los frutos adquieren una coloración específica de acuerdo a la especie (Figura 1) y van adquiriendo firmeza, siendo ambos indicadores para su cosecha. Las características de madurez de la pitahaya son su coloración, forma ovoide y tamaño (8 a 12 cm). El peso promedio del fruto de pitahaya es de 500 g (Sánchez et al., 2022).

Figura 1

Fases fenológicas reproductivas de la pitahaya



Nota. Fuente propia.

1.4. Manejo agronómico

a. Siembra

El suelo debe estar sin presencia de malezas, piedras, troncos y árboles que obstruyan el sembrado. En cuanto a las distancias de siembras es recomendable el sembrado de pitahaya a 3 x 3 m, a una densidad de 1 100 plantas/ha o de 3 x 1.5 m para 2 200 plantas/ha (Alvarado, 2014). No obstante, es recomendable realizar ensayos para determinar la densidad óptima que proporciona mayor productividad y de fácil manejo, puesto que altas densidades de siembra requieren de mayor labor de podas y entresaque de ramas.

Tutorado

Para el cultivo de pitahaya se usan tutores muertos y/o tutores vivos. Los tutores vivos presentan ventajas a nivel económico y técnico, a comparación de los tutores muertos, que son más costosos y vulnerables a factores climáticos (Vargas et al., 2020). El tamaño de los tutores depende del tipo de planta y las dimensiones del terreno, siendo por lo general tutores de 1.60 a 1.70 cm de alto. En cuanto al material de los tutores, pueden ser de concreto o de materiales alternos y deben ser sembrados de manera continua a la planta, de 30 cm a 50 cm de profundidad de acuerdo al peso de que va a soportar (Olvera et al., 2013).

Tutores vivos

Los tutores vivos tienen la capacidad de dar soporte a la planta, favorecer el crecimiento, así como permitir el adecuado anclaje de la pitahaya (López y Guido, 2015). Este tipo de tutorado se puede realizar usando postes de árboles con alta capacidad de adaptación local y resistentes. Algunas plantas frecuentemente usadas son el madero negro (*Gliricidia sepium*), helequeme (*Erythrina spp.*), ciruelo (*Spondias purpurea*) y ficus (*Ficus benjamina*). Las características principales son los siguientes:

- Rápido crecimiento en un tiempo corto
- Alta capacidad de enraizamiento
- Capacidad de rebrote luego de ser podada
- Corteza suave que permitan la adhesión de las raíces adventicias al tutor
- Elevada tolerancia a plagas y enfermedades

Tutores muertos

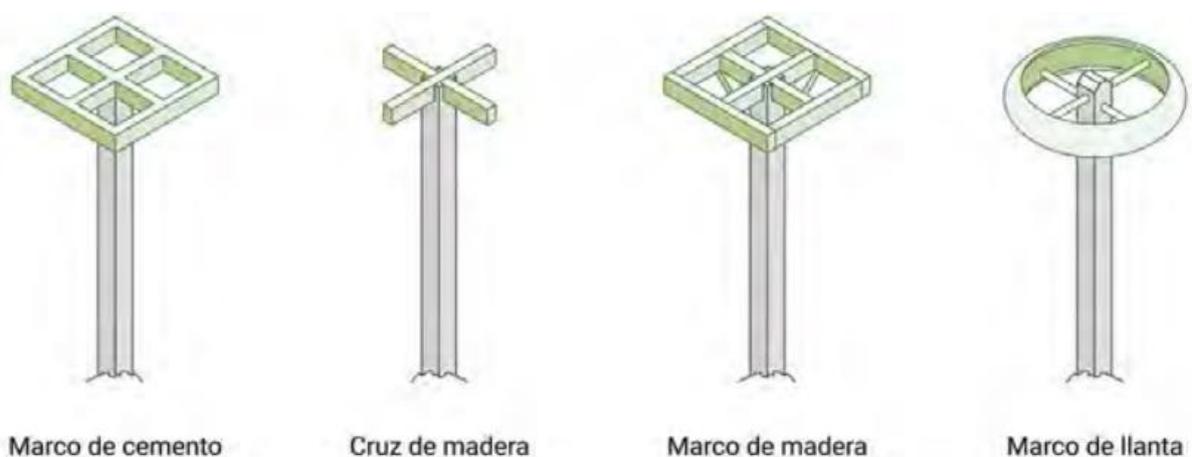
Este tipo de tutores pueden ser estructuras metálicas, postes de concreto o PVC, así como tronco de árboles (Aguinda, 2022). Las especies más usadas son el madero negro (*Gliricida* sp.), quebracho (*Lysiloma* sp) y guachipelín (*Diphysa robinoides*).

En caso del uso de tutores de tronco de árboles, es recomendable la aplicación de aceite negro para evitar la pudrición temprana. En el caso de tutores de concreto, estas deben ser de 4 pulgadas de diámetro (Díaz, 2015). Las características principales de un tutor muerto son:

- Presenta larga vida útil
- Elevados costos
- Pueden combinarse con otros tipos de estructuras, tales como llantas, estructura de madera o aros de metal (Figura 2).
- Las raíces adventicias se adhieren sin dificultad al tutor.

Figura 2

Alternativas de estructuras para el sostén de los tallos de pitahaya



Nota. López y Guido, 2015.

b. Resiembra

La resiembra se realiza un mes después de la siembra, en el cual se remueve el material afectado con alguna enfermedad o que se encuentren muertas, para de esta manera prevenir la proliferación de la plaga o enfermedad en el resto del cultivo (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2014).

c. Retutoreo

En el retutoreo se restituye o refuerza los tutores que se encuentren en mal estado con la finalidad de evitar la caída de la planta de pitahaya. Esta actividad es esencial y requiere de una permanente vigilancia debido a su contribución en el desarrollo de la planta, además que evita que los cladodios y frutos entren en contacto con el suelo (Guillén y Ponce, 2017).

d. Poda de la plantación

La finalidad de realizar las podas es formar una estructura adecuada de las ramas, para que exista una óptima aireación, los frutos crezcan bien, para facilitar el control de plagas y enfermedades, así como permitir la apropiada aplicación de riego. La clasificación del tipo de poda es de acuerdo a la etapa fenológica de la planta (Kondo et al., 2013).

- ***Poda de formación***

La poda de formación se lleva a cabo seis meses después del trasplante. Consiste en guiar a los cladodios de pitahaya amarrándolos en alambres. Además, se eliminan los brotes florales, así como los brotes laterales que crecen muy cercanas al suelo, para de evitar la

contaminación con hongos. Este tipo de poda estimula el crecimiento de las ramas y permite que la planta tenga mejor exposición a la luz solar durante la floración (Trujillo, 2014).

- ***Poda fitosanitaria***

Esta poda se debe realizar cada dos o tres meses con la finalidad de retirar los tallos infectados por plagas o enfermedades y evitar futuras contaminaciones en el resto de las plantaciones manteniendo la sanidad de las plantas (Guillén y Ponce, 2017). Es recomendable que las herramientas utilizadas siempre pasen por un proceso de desinfección después de cada corte, así como usar alguna pasta cicatrizante para el curado de las ramas después del corte.

- ***Poda de producción***

Esta poda se realiza tras el primer año de que la planta fue sembrada. Consiste en eliminar tallos y brotes no productivos, de modo que la producción se dé en las ramas con mayor potencial productivo, evitando el peso innecesario de la planta (Kondo et al., 2013).

e. Fertilización

La fertilización debe partir de un análisis de suelo y de los requerimientos nutricionales de la planta, en función a ello las aplicaciones de fertilizantes deben realizarse cada 2 o 3 meses (Trujillo, 2014). Para el cultivo de pitahaya la fertilización edáfica constituye la mejor alternativa, puesto que asegura que los nutrientes se distribuyan próximas a las raíces.

Este cultivo responde muy bien a la aplicación de los siguientes nutrientes: el nitrógeno que brinda vigorosidad, favorece el crecimiento y la producción de botones florales; fósforo, el

cual tiene efectos positivos en la floración y fructificación; y el potasio que permite aumentar el grosor de la pitahaya (Alvarado, 2014). En la siguiente tabla se muestra los requerimientos nutricionales de la pitahaya de acuerdo a la edad del cultivo:

Tabla 4

Requerimiento de nutrientes de acuerdo a la edad de pitahaya

Edad de cultivo	Nitrógeno (Kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)
Año 1	95	33	100
Año 2	140	50	150
Año 3	187	66	198
Año 4 al 20	187	66	198

Nota. Alvarado, 2014.

Durante la temporada seca es importante realizar la fertilización foliar, aplicando fertilizante diluido en agua en la parte aérea de la planta (Guillén y Ponce, 2017). Es recomendable realizar esta aplicación a partir del segundo año en los cuatro primeros meses del año, en horas de la mañana para el mejor aprovechamiento del fertilizante.

f. Manejo de malezas

La presencia de malezas en los cultivos genera competencia por los nutrientes, luz, espacio y agua, además que crea condiciones óptimas para la proliferación de hongos, patógenos y plagas. Conllevando a la disminución del rendimiento y de la calidad de la fruta (Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2018). Las malezas son perjudiciales principalmente en etapas iniciales del cultivo, en el cual las plantas están pequeñas y se encuentran en un periodo de adaptación.

g. Riego

Es recomendable que el riego se realice en temporada de sequías muy prolongadas, ya sea a través de surcos o por cada planta. En época de sequía el agua para riego se obtiene de los pozos subterráneos. Durante el verano, para mantener la humedad del suelo se debe regar dos veces a la semana (Alvarado, 2014). El requerimiento de riego de la pitahaya es mínimo, no suele ser superior a 3 L/planta durante la etapa de desarrollo vegetativo y 5 L/planta durante la etapa productiva. El exceso de humedad puede favorecer al ataque de bacteriosis (Aguinda, 2022).

h. Cosecha

La pitahaya es cosechada dos veces al año, por cada ramificación llega a brotar alrededor de 4 frutos a partir del segundo año de cultivo. La fruta madura es delicada, por lo que no debe presentar ninguna mancha y debe ser tratada con cuidado, para no generar su rápida descomposición (Zambrano, 2016). El cambio de color del fruto es el indicador de cosecha más común, puede cambiar de verde a rojo, rosado o amarillo, dependiendo de la variedad.

i. Manejo post cosecha

El fruto de pitahaya recogida en los campos, son seleccionadas y clasificadas, descartando las que se encuentran en mal estado. Posteriormente los frutos seleccionados para industria son colocados, mientras que los que serán para exportación son colocados en cajas de cartón o

madera. Los frutos son limpiados con cepillos suaves, a fin de limpiar las impurezas, quitar espinas, residuos de flores, etc. (Bacalla y Vasquez, 2018). El manejo post cosecha en gran medida depende de los requerimientos del comprador en cuanto a calidad y tamaño del fruto.

1.5. Sistemas de propagación

Existen dos métodos propagación de la pitahaya: propagación sexual y asexual.

a. Propagación sexual

Esta propagación se realiza a través de semillas seleccionadas, sin embargo, no es la forma más óptima debido a la gran variabilidad en las plantas, la tasa de germinación es baja, lenta, y es muy tardía la etapa de producción, llegando a tardar hasta 5 años para dar las primeras producciones (Vargas et al., 2020).

b. Propagación asexual

La propagación asexual se puede realizar mediante enraizamiento, injertos, *in vitro*; no obstante, la propagación vegetativa es la más aplicada, mediante la siembra directa o en viveros de estacas. En condiciones de vivero se prioriza el enraizamiento, para lo cual las estacas son colocadas en bolsas de polietileno llenas de sustrato, el cual resulta de una mezcla de tierra, arena y abundante materia orgánica en una proporción 1:1:2 (Suárez et al., 2014).

También se puede realizar mediante micro propagación, de esta manera se asegura la sanidad del cultivo. Para lo cual se realiza previamente la selección de plantas en óptimas condiciones y con alto nivel de productividad (Montesinos et al., 2015).

1.6. Producción a nivel internacional y nacional de la pitahaya

a. Producción internacional

La superficie de cultivos de pitahaya a nivel mundial es de alrededor de 116 836 ha, siendo ofertada principalmente en países latinoamericanos (Nicaragua, Colombia, Ecuador y México), y asiáticos (Vietnam, China, Indonesia, Tailandia y Taiwán) (Muñoz, 2018). Según reportes la producción pitahaya a nivel mundial supera los 2.1 millones de toneladas (Tabla 5), siendo Vietnam el mayor productor.

Tabla 5

Principales países productores de pitahaya

País	Área cosechada (Ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	% Participación producción
Vietnam	55 419	22 - 35	1 074 242	50.3
China	40 000	17.5	700 000	32.8
Indonesia	8 491	23.6	221 832	10.4
Tailandia	3 482	7.5	26 000	1.2
Taiwán	2 491	19.7	49 108	2.3
Colombia	1 514	8.8	13 250	0.6
Ecuador	1 528	7.6	11 613	0.5
México	1 496	6	9 029	0.4
Malasia	680	11.5	7 820	0.4
Filipinas	485	10 – 15	6 063	0.3
Camboya	440	11	4 840	0.2
India	400	8 – 10.5	4 200	0.2
Estados Unidos	324	18	5 832	0.3
Perú	34.2	4.2	142	0.01
Australia	40	18..5	740	0.03
Sudáfrica	12	8.3	100	0.005
Total	116 836		2 134 810	

Nota. Sierra y selva exportadora, 2021.

b. Producción nacional

A nivel nacional, la producción de pitahaya se realiza principalmente en Amazonas, San Martín e Ica, y a menor escala en Piura, Huaral y Chanchamayo (Junín). Los indicadores de rendimiento hasta el momento son inferiores a lo registrado en otros país de latinoamericanos tales como Colombia y Ecuador (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

En la provincia de Bongará de la región de Amazonas, hay alrededor de 30 ha de *H. megalanthus*, mientras que en la provincia de Rodríguez de Mendoza se siembra aproximadamente 5 ha de este cultivo. En Piura se siembra la pitahaya roja y amarilla, contando con un total de 15 ha instaladas, distribuidas en el sector Tejedores, San Lorenzo, Medio Piura y Sullana. A continuación, se muestra la producción nacional de pitahaya (t) de las principales zonas productoras (Tabla 6).

Tabla 6

Producción nacional de pitahaya (t) de las principales zonas productoras

Región	2016	2017	2018	2019	2020
Amazonas	72	79	131	109	116
Ica	25	27	27	29	56
La Libertad				4	6
Lima					159
Total	97	105	158	142	336

Nota. Sierra y selva exportadora, 2021.

La exportación de pitahaya aún es limitada y en pequeñas cantidades. Durante los años 2016 – 2020 el crecimiento en volumen y en valor fue de 25% y de 39%, respectivamente. Siendo el año 2018 donde se realizó la mayor cantidad de embarques al exterior; no obstante, en el

2019 se logró un buen crecimiento en los valores de exportación. A continuación, en la siguiente tabla se muestra la evolución de las exportaciones de pitahaya del 2016 -2020.

Tabla 7

Evolución de las exportaciones de pitahaya de 2016-2020

Región	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR (2016-2020)
Volumen (t)	0.4	2.4	6.7	4.3	1.3	25,1%
Valor (Miles US\$)	1.6	10.6	19.2	44.6	8.3	38.5%
Precio FOB (US\$/Kg)	3.69	5.05	4.68	8.40	6.91	\$3.22

Nota. Sierra y Selva Exportadora, 2021.

En el Perú aún no se produce pitahaya en cantidades suficientes para la exportación, siendo necesario una producción de alrededor de 300 a 400 ha, para lo cual es necesario una gran inversión, así como el desarrollo de proyectos de innovación para mejorar el manejo del cultivo en el territorio nacional (Bacalla y Vasquez, 2018).

1.7. Comercialización de la pitahaya

a. Comercio exterior

Actualmente, Vietnam es el país líder como proveedor de la pitahaya a nivel mundial, con mayor participación en países asiáticos, europeos y en Estados Unidos. Hasta la actualidad la pitahaya producida en Vietnam sigue siendo una marca registrada por Asia y los Estados Unidos (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

En el mercado estadounidense, México y Ecuador son los países con mayor ventaja competitiva debido a geografía frente a los proveedores asiáticos de pitahaya. De los

proveedores a nivel de Centroamérica, destaca Canadá en Estados Unidos; Nicaragua en Europa y Japón. Por otro lado, Ecuador destaca en la variedad de pitahaya amarilla, siendo valorado su sabor y forma (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

Los consumidores estadounidenses consideran que la pitahaya roja proveniente de Vietnam por lo general es de mayor tamaño que otras variedades de pitahaya, pero es de color claro y no es tan dulce como la pitahaya amarilla. La pitahaya roja de Vietnam destaca en sabor en comparación a las pitahayas rojas de otros países (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

b. Comercio interno

Actualmente, en el mercado mayorista peruano el kilo de pitahaya esta entre 15 y 20 soles, mientras que en campo el precio varía entre 10 a 12 soles/kilo. La comercialización de la pitahaya se realiza principalmente como pulpa congelada o fruta fresca, motivo por el cual los productos deben ser de buena calidad. La demanda nacional está liderada por los principales mercados regionales de Lambayeque y Lima (Mercado Mayorista de Frutas de “Santa Anita”). En la actualidad, la pitahaya producida solo se comercializa en el mercado nacional y cuando no es suficiente, se importa Ecuador (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

III. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Determinar los efectos de los microorganismos eficientes en el enraizamiento y desarrollo vegetativo de cladodios de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

2. Objetivos específicos

- Identificar la dosis óptima de EM para el desarrollo radicular y desarrollo vegetativo de cladodios de pitahaya (*Hylocereus undatus*).
- Comparar el efecto de EM en relación con el desarrollo radicular y el desarrollo vegetativo en cladodios de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

IV. METODOLOGÍA

1. Lugar de estudio

La fase experimental fue realizada en el Vivero de pitahayas Perú, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Ancón, Lima, Perú (11°44'09.7"S 77°08'45.5"W) a 80 msnm. El lugar de estudio presenta un clima cálido, con una temperatura promedio de 26.2 °C en verano, y de 14.3 °C en invierno, con una precipitación media anual de 12.7 mm, de acuerdo a la data meteorológica del SENAMHI. La fase experimental se desarrolló desde el mes de marzo hasta julio del 2022.

2. Preparación y análisis de las características del sustrato

Para la preparación del sustrato se mezclaron turba rubia y arena de río, a una proporción de 1:1, para lo cual, la arena fue desinfectada previamente con hipoclorito de sodio (NaClO) al

5%. No se agregó ningún abono o fertilizante. El sustrato fue llenado en bolsas de vivero de 2.5 L para la posterior plantación de los esquejes de pitahaya.

El análisis de las características del sustrato se realizó al inicio y al final de la etapa experimental. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Agua, suelo y fertilizantes de la Universidad Agraria la Molina, para lo cual se recolectó 1 kg de sustrato en una bolsa con cierre hermético.

3. Recolección del material vegetal y siembra

Se recolectaron 48 estacas de pitahaya de 30 cm de plantas madre de 6 años de la especie *H. undatus*, del fundo San José ubicada en la ciudad de Huaral, Lima. El corte de las estacas se realizó en punta hacia la parte de la base y se dejó que el corte cicatrice por 7 días para evitar que se infecten. Para facilitar el enraizamiento se realizó el despunte del esqueje y posteriormente fueron colocadas en bolsas de vivero de 2.5 L con su respectivo sustrato. Toda la etapa experimental se desarrolló en condiciones de vivero, con 50% de luz directa para lo cual se utilizó un techo de malla raschel. El riego de las plantas se realizó 2 veces a la semana, 4 litros por riego.

4. Aplicación de microorganismos eficientes (EM)

Los EM fueron del producto comercial EM*1[®], el cual según sus especificaciones técnicas contiene bacterias fotosintéticas ($\geq 1.6 \times 10^4$ UFC/ml), bacterias ácido lácticas ($\geq 4.3 \times 10^3$ UFC/ml), levaduras ($\geq 3.3 \times 10^4$ UFC/ml) y enzimas. Para elaborar el activado inicial de EM, en un recipiente herméticamente cerrado se diluyó 5% del producto comercial y 5% de melaza en 90% de agua. Se dejó reposar la mezcla durante 3 a 6 días hasta que emita un olor agridulce

y un pH de 3.5. Posteriormente, para la aplicación en los tratamientos se diluyó en agua en las proporciones especificadas en la tabla 8. La aplicación fue directo al sustrato cada 10 días durante los dos primeros meses.

Tabla 8

Tratamiento y dosis utilizados en la investigación

Tratamientos	Dosis ml/L	Compuesto
T0	0.0	Agua
T1	25	EM
T2	50	EM
T3	75	EM

Nota. Testigo absoluto (T0), tratamientos (T1, T2, T3).

La aplicación de EM genera efectos positivos en la nutrición y adquisición del agua. Estimula el desarrollo de las raíces incrementando el tamaño y la superficie de la superficie radical, debido a que los nutrientes se encuentran más disponibles para la planta. Los EM están compuestos por grupos microbianos tales como bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad de fermentación (Morocho y Leiva, 2019). Algunos de estos microorganismos tienen la capacidad de solubilizar nutrientes tales como P y K, y de fijar el N₂ atmosférico convirtiéndolos en formas asimilables para la planta.

5. Diseño de la investigación y recolección de datos

La investigación fue experimental adaptado de Alarcón et al. (2020). Consistió en un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y doce repeticiones. El análisis de las variables se realizó en dos tiempos: día 60 y día 120.

La fase experimental tuvo una duración de cuatro meses. Los datos fueron recolectados al segundo mes (día 60) y cuarto mes (día 120) del experimento. Para cada evaluación, se analizó 6 plantas por tratamiento. Para el análisis del enraizamiento se realizó la medición del tamaño, peso fresco y peso seco de las raíces; y para el desarrollo vegetativo, se evaluó el tamaño, peso fresco y peso seco de los brotes. Para determinar el peso fresco se utilizó una balanza electrónica, y para la determinación del peso seco, los brotes y raíces fueron colocadas en una estufa por 24 h a 115 °C, y posteriormente fueron pesadas.

6. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS versión 20.1. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con las variables de desarrollo vegetativo y desarrollo radicular, así mismo, se realizó la prueba de comparación de medias a través de la prueba de Tukey. Los análisis se realizaron con un nivel de significancia de 0.05.

V. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se describen a continuación en orden a las variables analizadas.

1. Características físicas, químicas y de contenido de nutrientes del suelo

En el análisis inicial del sustrato realizado en el mes de marzo del 2022 se muestra en la tabla 9, se evidencia que el suelo utilizado para el experimento es arenoso, con contenido medio de materia orgánica, muy ligeramente salino y con ligera acidez. No hubo cambios en la clase estructural del sustrato. La disponibilidad de nutrientes: fósforo, nitrógeno y potasio, es

media. Mientras que al cuarto mes se evidenció algunos cambios, el pH pasó a ser ligeramente alcalino, y el contenido de nitrógeno mejoró. No obstante, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el contenido de CaCO_3 , fósforo y potasio disminuyeron. En cuanto al contenido de materia orgánica (M.O), al cuarto mes el T3 (75 ml/ L de EM) experimentó una disminución de 3.82 % en la evaluación inicial a 2.55%.

Tabla 9

Características físicas y químicas del suelo, según fecha y tratamiento

Características	Fecha				
	Marzo 2022	Julio (4 meses), según tratamiento			
		Testigo	T1	T2	T3
Físicas					
Arena (%)	95	96	96	96	96
Limo (%)	2	4	4	4	4
Arcilla (%)	3	0	0	0	0
Clase textural	A	A	A	A	A
Químicas					
pH (H ₂ O)	6.33	7.01	7.33	7.37	7.42
CaCO ₃ (%)	1.62	0.89	0.89	0.89	0.89
M.O(%)	3.82	4.86	5.64	5.37	2.55
N (%)	0.04	0.05	0.06	0.09	0.08
P (ppm)	8.2	2.9	1.6	2.4	2.6
K (ppm)	165	56	76	89	114
CE (mS/cm)	0.12	0.64	0.61	0.5	0.61
CIC	6.72	6.4	6.4	5.12	5.44
Ca ⁺² (meq/100g)	4.59	5.79	5.7	4.4	4.59
Mg ⁺² (meq/100g)	1.22	0.54	0.61	0.56	0.67
K ⁺ (meq/100g)	0.19	0.06	0.09	0.15	0.17
Na ⁺ (meq/100g)	0.23	0.01	0.01	0.01	0.01
Suma de cationes	6.23	6.4	6.4	5.12	5.44
Suma de Bases	6.23	6.4	6.4	5.12	5.44
% Saturación de Bases	93	100	100	100	100

Nota. CE: conductividad eléctrica; M.O: materia orgánica.

2. Evaluación del desarrollo vegetativo del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

2.1. Longitud de brote

En la tabla 10, se muestran las medias de la variable de longitud de brote (cm), siendo el coeficiente de variación de 21.52% y 22.05% para el día 60 y 120 de evaluación, respectivamente.

Según la prueba Tukey al 5%, se evidenció que al día 60 de evaluación existió diferencia significativa del T2 (50 ml/L de EM) y T3 (75 ml/L de EM) con respecto al T1 (25 ml/L de EM) y el testigo (T0), cuya longitud inicial del esqueje fue de 30 cm. No existió diferencia significativa entre el testigo (T0) y T1, y el T2 y T3. Al día 120 de evaluación se evidenció diferencia significativa de todos los tratamientos (T1, T2, T3) con respecto al testigo. No se evidenció diferencia significativa entre el T2 y T3 (figura 3).

Tabla 10

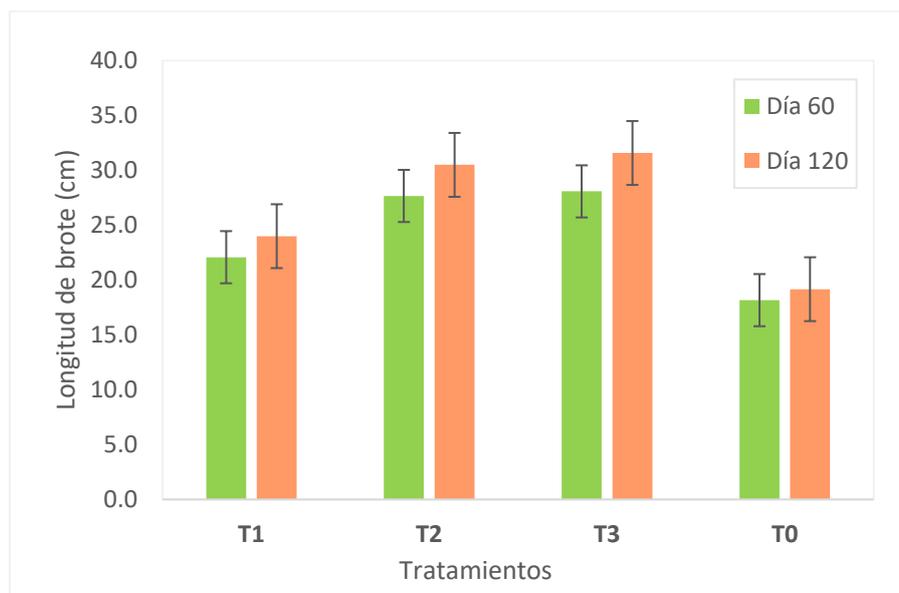
Longitud promedio de brote

Tratamiento	Dosis	Longitud promedio de brote (cm)	
		Día 60	Día 120
T1 EM	25 ml/L agua	22.08 a	24.00
T2 EM	50 ml/L agua	27.67 b	30.50 a
T3 EM	75 ml/L agua	28.08 b	31.58 a
T0 Testigo absoluto	Sin aplicación	18.17 a	19.17
Coeficiente de Variación (CV%)		21.52	22.05

Nota. Media con letra común indican que no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Figura 3

Longitud promedio de brote de pitahaya



2.2. Peso fresco de brote

En la tabla 11, se muestran las medias de la variable peso fresco de brote (g), siendo el coeficiente de variación de 14.15% y 22.16% para el día 60 y 120 de evaluación, respectivamente.

Según la prueba Tukey al 5%, se evidenció que al día 60 de evaluación no existió diferencia significativa entre todos los tratamientos (T1, T2, T3) y el testigo. No se evidenció diferencia significativa en el T2 y T3, y el T1 y T0. Al día 120 de evaluación si se evidenció diferencia significativa del T2 y T3 con respecto al T0 (figura 4).

Tabla 11

Peso fresco promedio de brote

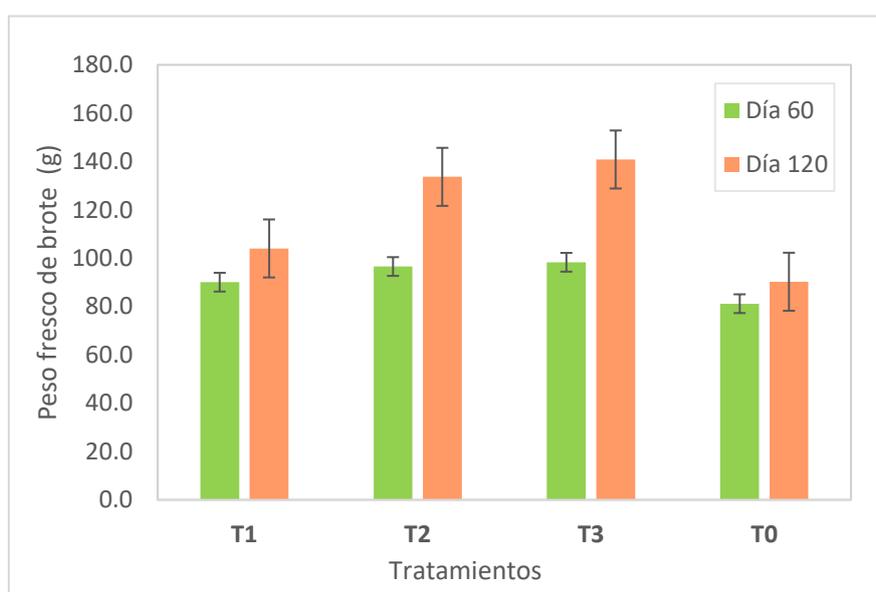
Tratamiento	Dosis	Peso fresco promedio de brote (g)	
		Día 60	Día 120
T1 EM	25 ml/L agua	90.07 a	104.03 a

T2 EM	50 ml/L agua	96.54 a	133.65 b
T3 EM	75 ml/L agua	98.30 a	140.83 b
T0 Testigo absoluto	Sin aplicación	81.17 a	90.25 a
Coeficiente de Variación (CV%)		14.15	22.16

Nota. Media con letra común indican que no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Figura 4

Peso fresco promedio de brote de pitahaya



2.3. Peso seco de brote

En la tabla 12, se muestran las medias de la variable peso seco de brote (g), siendo el coeficiente de variación de 30.07% y 30.88% para el día 60 y 120 de evaluación, respectivamente.

Según la prueba Tukey al 5%, se evidenció que al día 60 de evaluación existió diferencia significativa en el T1, T2, T3 con respecto al testigo. Al día 120 de evaluación no se evidenció diferencia significativa entre el T1 y testigo, y el T2 y T3. El T3 (dosis: 75 ml/L de EM) tuvo mejor media de peso seco y el testigo la menor media en ambos días de evaluación (figura 5).

Tabla 12

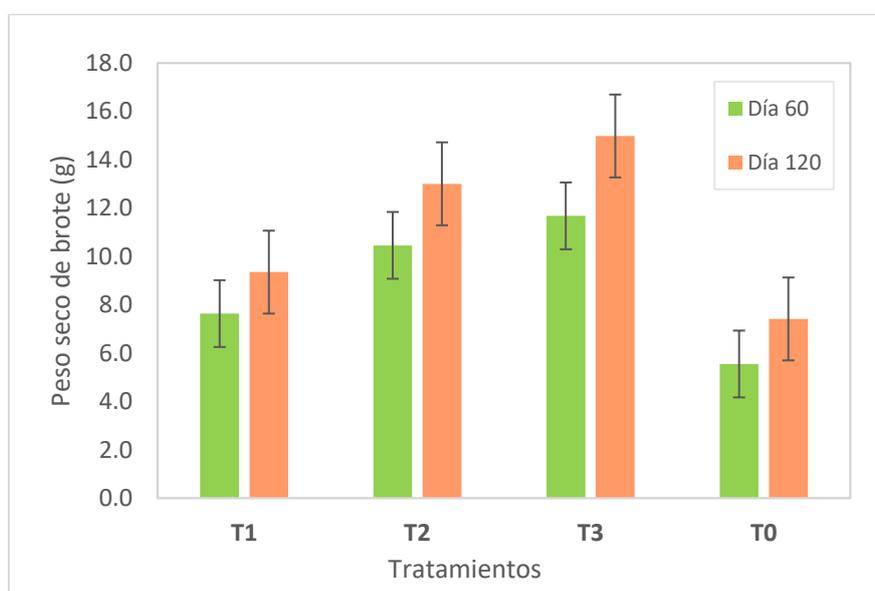
Peso seco promedio de brote

Tratamiento	Dosis	Peso seco promedio del brote (g)	
		Día 60	Día 120
T1 EM	25 ml/L agua	7.64	9.35 a
T2 EM	50 ml/L agua	10.46 a	13.01 b
T3 EM	75 ml/L agua	11.68 a	14.98 b
T0 Testigo absoluto	Sin aplicación	5.55	7.41 a
Coeficiente de Variación (CV%)		30.07	30.88

Nota. Media con letra común indican que no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Figura 5

Peso seco promedio de brote de pitahaya



3. Evaluación del desarrollo radicular del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

3.1. Longitud de raíz

En la tabla 13, se muestran las medias de la variable de longitud de raíz (cm), siendo el coeficiente de variación de 14.14% y 14.34% para el día 60 y 120 de evaluación, respectivamente.

Según la prueba Tukey al 5%, se evidenció que al día 60 de evaluación existió diferencia significativa en el T1, T2, T3 con respecto al testigo. Sin embargo, no se evidenció diferencia significativa entre el T2 y T3. Al día 120 de evaluación no se evidenció diferencia significativa entre el T1 y testigo, y entre los tratamientos T1, T2 y T3. El T3 tuvo mejor media de longitud de raíz y el testigo la menor media en ambos días de evaluación (figura 6).

Tabla 13

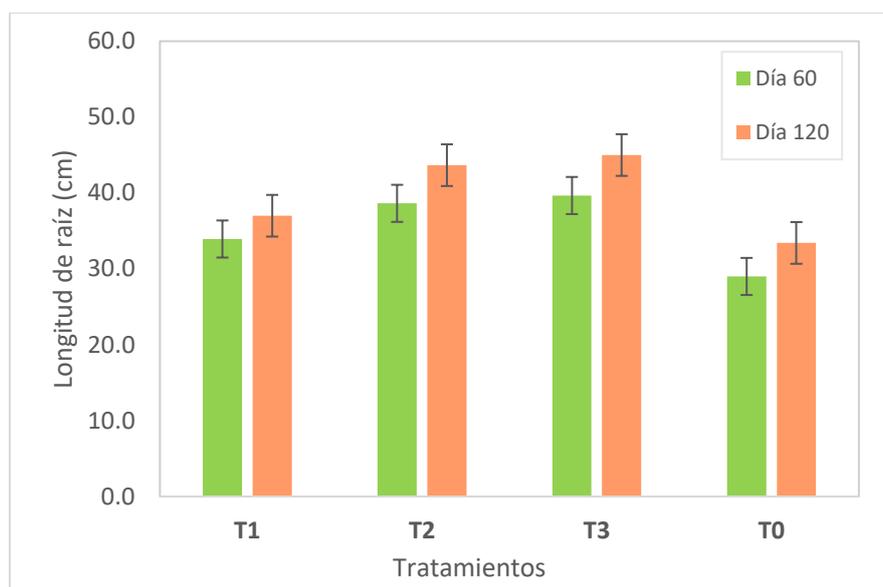
Longitud promedio de raíz

Tratamiento	Dosis	Longitud promedio de raíz (cm)	
		Día 60	Día 120
T1 EM	25 ml/L agua	33.93	37.00 a b
T2 EM	50 ml/L agua	38.63 a	43.67 b
T3 EM	75 ml/L agua	39.67 a	45.00 b
T0 Testigo absoluto	Sin aplicación	29.00	33.42 a
Coeficiente de Variación (CV%)		14.14	14.34

Nota. Media con letra común indican que no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Figura 6

Longitud promedio de raíz de pitahaya



3.2. *Peso fresco de raíz*

En la tabla 14, se muestran las medias de la variable de peso fresco de raíz (g), siendo el coeficiente de variación de 27.05% y 21.38% para el día 60 y 120 de evaluación, respectivamente.

Según la prueba Tukey al 5%, se evidenció que al día 60 de evaluación existió diferencia significativa en el T1, T2, T3 con respecto al testigo. No obstante, no se evidenció diferencia significativa entre el T2 y T3. Al día 120 de evaluación no se evidenció diferencia significativa entre el T1 y T0, y entre los tratamientos T1, T2 y T3. El T3 tuvo mejor media de peso fresco de raíz y el testigo la menor media en ambos días de evaluación (figura 7).

Tabla 14

Peso fresco promedio de raíz

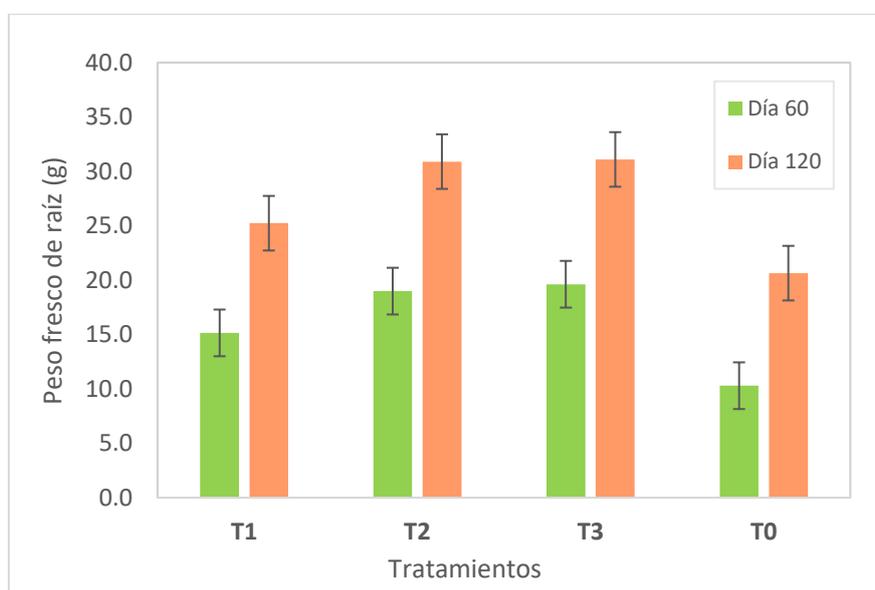
Tratamiento	Dosis	Peso fresco promedio de raíz (g)	
		Día 60	Día 120
T1 EM	25 ml/L agua	15.15	25.24 a b
T2 EM	50 ml/L agua	18.99 a	30.90 b
T3 EM	75 ml/L agua	19.62 a	31.10 b

T0 Testigo absoluto	Sin aplicación	10.30	20.64 a
Coeficiente de Variación (CV%)		27.05	21.38

Nota. Media con letra común indican que no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Figura 7

Peso fresco promedio de raíz de pitahaya



3.3. *Peso seco de raíz*

En la tabla 15, se muestran las medias de la variable de peso seco de raíz (g), siendo el coeficiente de variación de 37.09% y 31.36% para el día 60 y 120 de evaluación, respectivamente.

Según la prueba Tukey al 5%, se evidenció que al día 60 de evaluación existió diferencia significativa en el T2, T3 con respecto al testigo. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre el T2 y T3; T1 y T2; y T1 y el testigo. Al día 120 de evaluación no existió diferencia significativa entre el T1 y testigo, y el T2 y T3. El T3 tuvo mejor media de longitud de raíz y el testigo la menor media en ambos días de evaluación. En la figura 8 se muestra la comparación entre las plantas de los tratamientos y el testigo, con respecto al peso seco de raíz.

Tabla 15

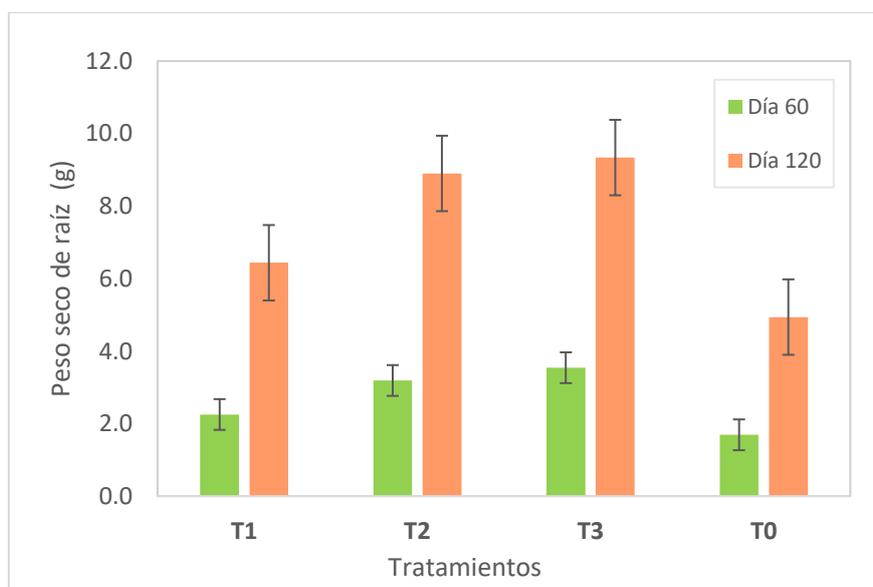
Peso seco promedio de raíz

Tratamiento	Dosis	Peso seco promedio de raíz (g)	
		Día 60	Día 120
T1 EM	25 ml/L agua	2.25 a c	6.44 a
T2 EM	50 ml/L agua	3.19 b c	8.90 b
T3 EM	75 ml/L agua	3.54 b	9.34 b
T0 Testigo absoluto	Sin aplicación	1.69 a	4.94 a
Coeficiente de Variación (CV%)		37.09	31.36

Nota. Media con letra común indican que no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Figura 8

Peso seco promedio de raíz de pitahaya



VI. DISCUSIÓN

1. Características físicas, químicas y de contenido de nutrientes del suelo

Con respecto al N en el suelo, se presentó un aumento en los tratamientos. Siendo el tratamiento con mayor contenido de N el T2 (dosis: 50 ml/L de EM) con 0.09%, seguido del T3 (dosis: 75 ml/L de EM) con 0.08% y el T1 (dosis: 25 ml/L de EM) con 0.06%. Este comportamiento es debido a que se añadieron microorganismos eficientes, compuesta por una gran diversidad microbiana con capacidad de fijar, solubilizar y liberar elementos como el nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio y magnesio (Monge et al., 2022). La fijación del nitrógeno atmosférico en sustrato pudo ser llevada a cabo por bacterias de vida libre, haciéndola más disponible para las plantas de pitahaya. Entre los géneros de bacterias de vida libre destacan el *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Klebsiella* y *Bacillus* (Grajo et al., 2017; Kakraliya y Singh, 2018), siendo algunas de estas bacterias componentes de los EM.

En cuanto al contenido de K, al cuarto mes (julio) se observó una disminución en todos los tratamientos, lo cual es debido a que tanto en los tratamientos como en el testigo no se aplicaron enmiendas que incrementen el contenido de K en el suelo. La disponibilidad del fósforo (P) es importante para el desarrollo y crecimiento vegetativo puesto que forma parte de más del 0.2% del peso seco de la planta (Banerjee et al., 2010). En esta investigación el contenido de P en el mes de julio presentó una disminución drástica en los tratamientos con la aplicación de EM a 25 ml/L (1.6 ppm), 50 ml/L (2.4 ppm), 75 ml/L (2.6 ppm) en comparación con la evaluación inicial (marzo), en el cual se obtuvo 8.2 ppm de P. Esto es debido a que durante el experimento no se añadieron enmiendas, por lo que la planta absorbió el fósforo soluble disponible, además que los EM añadidos contienen microorganismos solubilizadores

de fosfato que mediante diferentes mecanismos biológicos solubilizaron los fosfatos insolubles. Ruiz (2021) menciona que los microorganismos eficientes tienen la capacidad de producir proteasas y fosfatasa, siendo ambas enzimas esenciales en el proceso de solubilización y mineralización del fósforo orgánico, mejorando la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el mantener adecuada la relación suelo - planta.

Por su parte Satyaprakash et al. (2017) señalan que los microorganismos eficientes que solubilizan fosfato en el suelo tienen diversos mecanismos. Producen ácidos orgánicos que facilitan la solubilización de los fosfatos insolubles (fosfatos secundarios y terciarios) principalmente en el área del sistema radicular. Posteriormente los fosfatos solubles son absorbidos por la planta, favoreciendo en su desarrollo vegetativo.

El contenido de materia orgánica en la primera evaluación solo en el T3 se evidenció una reducción de 3.82% a 2.55% al cuarto mes de evaluación, a una dosis de aplicación de 75 ml/L de EM. Este comportamiento se debe a la presencia de microorganismos eficientes que aceleran la metabolización de la materia orgánica y genera que los macro y micronutrientes se encuentren más disponibles para la planta (Medina et al., 2014), teniendo efectos positivos en la tasa de germinación de semillas, así como en el desarrollo y crecimiento de brotes vegetativos y reproductivos (Ruiz, 2021). Los EM al entrar en contacto con la materia orgánica sintetizan y liberan ácidos orgánicos, minerales quelatados y sustancias antioxidantes, facilitando la descomposición de la materia orgánica, aumentando el contenido de humus, y modificando la micro y macro flora de los suelos, convirtiéndose en supresores de enfermedades para los cultivos (Morocho y Leiva, 2019).

Los microorganismos eficientes constituyen una buena alternativa para la agricultura sostenible, debido a que mejoran el rendimiento de los cultivos, así como las propiedades químicas y biológicas del suelo; siendo beneficioso para la salud de las personas y para el cuidado del medio ambiente (Alvarez et al., 2018; Díaz et al., 2008; Sánchez et al., 2011).

2. Evaluación del desarrollo vegetativo del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

Longitud de brote

De acuerdo a la variable longitud de brote se determinó que el T3 (dosis: 75 ml /L de EM) obtuvo el mejor resultado, con una media de 31.58 cm al día 120 de evaluación. Demostrando que a mayor dosis de EM mayor es la longitud de brote. No obstante, no existió diferencia significativa en la longitud de brote a una dosis de aplicación de 50 ml/L de EM y 75 ml/L de EM en ambos días de evaluación. Este resultado es superior a lo registrado por Montoya y Umanzor (2013) con la aplicación de humus y compost a los 65 días, obteniendo una media de longitud de brote de 23.14 cm y 20.8 cm, respectivamente.

También, es superior a obtenido por Tuanama (2021), quien usando suelo agrícola y la aplicación NPK (20-20-20) registraron una longitud de brote de 17.99 cm en pitahaya roja y 19.08 cm en pitahaya amarilla a los 120 días después de la siembra. El uso de EM en cultivos favorece el desarrollo y la productividad del cultivo, puesto que los macro y micronutrientes se encuentran más disponibles para la absorción de las plantas, debido a la rápida descomposición de la materia orgánica por las macromoléculas que liberan los

microorganismos (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales [IDIAF], 2009).

En este sentido Cué y Torres (2019) señalan que EM constituyen una buena alternativa para la fertilización del suelo, al ser asociaciones ecológicamente mutualistas son esenciales por su capacidad de producir glutamina y glicoproteína, mejoran y protegen las hifas existentes en el suelo. Además, contribuyen en el desarrollo vegetativo y en el aumento de volumen del sistema radicular de las plantas. Por su parte Garzón (2016) señala que es beneficioso la relación simbiótica producida entre las plantas y los hongos formadores de micorrizas, razón por el cual los EM constituyen una herramienta con alto potencial para el manejo ecológico de cultivos.

Peso fresco y peso seco de brote

En el peso fresco del brote se apreció que al día 60 de evaluación el T3 (dosis: 75 ml/L de EM) y T2 (dosis: 50 ml/L de EM) tuvieron las mejores medias, registrando 96.54 g y 98.30 g, respectivamente. Mientras que al día 120, se registraron valores de 133.65 g para el T3 y 140.83 g para el T2. En esta variable también se hace evidente que a mayor dosis de aplicación de EM mejor es el peso fresco del brote. Los resultados de peso fresco de brote fueron superiores a lo reportado por Guanuche y Holguin (2021), quienes registraron una media de 20 g a los 45 días, aplicando biol enriquecido con microorganismos a una dosis de 2.5 L/20 L de agua. También fue superior a lo reportado con la aplicación de humus y compost, obteniendo una media de 118 g y 56 g a los 65 días, respectivamente (Montoya y Umazor, 2013).

Con respecto al peso seco de brote se registró mejores medias en el T3 (dosis: 75 ml/L de EM) en ambos días de evaluación, registrando 11.68 g y 14.98 g para el día 60 y 120, respectivamente. Lo cual es inferior a lo reportado por Montoya y Umazor (2013) quienes registraron a los 65 días una media de 41.3 g con la aplicación de humus de lombriz.

Umaña (2017) señala que el aporte de los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica permite que las plantas se nutran mejor, aumentando su biomasa, beneficiando su desarrollo vegetativo y su productividad, también disminuye los residuos resistentes en suelo, derivados de los agroquímicos que fueron aplicados en cultivos anteriores. Del mismo modo Alarcon et al. (2020) señalan que la aplicación de microorganismos eficientes a los cultivos como fertilizante influye positivamente en el incremento del tamaño de la planta, el número de botones florales, el área foliar, así como en la fenología, biomasa y la productividad de la planta. Es por ello que una dosis adecuada de EM será beneficioso para la planta, disminuyendo los costos de producción (Cabrera et al., 2016).

3. Evaluación del desarrollo radicular del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

Longitud de raíz

En cuanto al desarrollo radicular de pitahaya al día 60 de evaluación, la longitud de raíz del T3 (dosis: 75 ml/L de EM) tuvo una media mayor de 39.67 cm, mientras que el más bajo fue el T0 (testigo absoluto) con una media de 21.52 cm. Al día 120 de evaluación, también se registró que el T3 tuvo mayor media (45 cm). Sin embargo, en ambos días de evaluación no se encontraron diferencias significativas entre el T2 y T3, con dosis de 50 ml/L de EM y 75 ml/L de EM, respectivamente. Estos resultados son superiores a lo registrado con la aplicación

de biol enriquecido con EM, obteniendo 12.67 cm a los 45 días y 16 cm a los 60 días, a una dosis de 3 L/20 L de agua (Guanuche y Holguin, 2021). También, es superior a obtenido por Tuanama (2021), quien usando suelo agrícola y con la aplicación NPK (20-20-20) registró una longitud de raíz de 32.65 cm, a los 120 días. Asimismo, es superior a lo reportado por Aguilar (2015) quien encontró que con la aplicación de *Trichoderma harzianum* cepa ThLE24 presentó una mayor media de longitud de raíz, obteniendo 33.09 cm a los 120 días. Por su parte Montoya y Umanzor (2013) quienes aplicaron de humus y compost registraron a los 65 días, una media de 25.73 cm y 43.83 cm, respectivamente, siendo estos resultados superiores a lo obtenido en esta investigación.

De acuerdo con Ruiz (2021), la utilización de microorganismos como fertilizantes aceleran la metabolización de la materia orgánica estimulando el crecimiento de las raíces y aumentando los efectos sinérgicos en el suelo. Además, al incrementar las dosis de EM, se incrementa también los valores de las medias de la longitud, peso fresco y peso seco de raíz. Por su parte, Leal et al. (2018) señalan que el uso de EM promueve el crecimiento del sistema radicular, aumenta la producción y fortalece los mecanismos naturales de defensa a enfermedades y plagas.

Peso fresco y peso seco de raíz

En el peso fresco de la raíz se apreció que al día 60 de evaluación el T3 (dosis: 75 ml/L de EM) y T2 (dosis: 50 ml/L de EM) tuvieron las mejores medias con 19.62 g y 18.99 g, respectivamente. Mientras que al día 120, se registró valores de 31.10 g para el T3 y 30.90 g para el T2. En esta variable se evidenció que a mayor dosis de EM mejor es el peso fresco de brote. Los resultados registrados al día 120, son superiores a lo reportado por Montoya y

Umanzor (2013), quienes con la aplicación de humus y compost al día 65 obtuvieron una media de peso fresco de 24 g y 22.67 g, respectivamente; no obstante los resultados reportados al día 60 en esta investigación son inferiores. En cuanto al peso seco obtuvieron 25.34 g con la aplicación humus y 34.54 g con la aplicación de compost, siendo estos resultados superiores a lo reportado en este estudio, registrando 9.34 g al día 120 y 3.54 g a día 60, a una dosis de 75 ml/L de EM (T3).

Según Nele et al. (2009) dentro de los EM algunas bacterias tienen la capacidad de estimular el crecimiento y favorece en la calidad de la biomasa. En especial, las bacterias endofíticas forman colonias en los tejidos internos de algunos órganos en la planta generando el aumento de la biomasa. La mayor abundancia este tipo de bacterias se asocia a los phyla *Proteobacteria*, seguida de *Firmicutes* y *Bacteroidetes*, siendo *Bacillus* sp. y *Pseudomonas* sp. las principales. Por su parte, Santoyo et al. (2016) señala que estas bacterias al igual que las rizobacterias tienen la capacidad de contribuir en la adquisición de los nutrientes que se encuentran disponibles en el suelo, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por su parte Noda (2009) determinó que la aplicación de microorganismos a las plantas cumplen un rol protector del sistema radicular frente a algunos hongos patógenos, lo cual contribuye en la reducción de costos de producción por el uso de insumos químicos, aportando de este modo a la agricultura orgánica y sostenible.

VII. CONCLUSIONES

- La dosis de EM que permitió obtener las mayores medias en los parámetros de desarrollo vegetativo (longitud de brote, peso fresco y peso seco de brote) y desarrollo radicular (longitud de raíz, peso fresco y peso seco de raíz) en el cultivo de pitahaya fue la aplicación de 75 ml/L de EM.
- La aplicación de EM para el enraizamiento y desarrollo vegetativo del cultivo de pitahaya fue favorable en todos los tratamientos. Se evidenció una tendencia al incremento de los valores de los parámetros a medida que la dosis fue mayor, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el T2 (50 ml/L de EM) y T3 (75 ml/L de EM). En este sentido, para hacer el uso eficiente de los EM en los cultivos de pitahaya, no incurrir en gastos innecesarios y obtener efectos positivos en el desarrollo de la planta es suficiente con la aplicación de dosis de 50 ml/L de EM (T2).

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar mediciones y evaluaciones frecuentes del pH del suelo durante la aplicación de los EM, con la finalidad de que este parámetro se encuentre dentro del rango óptimo (5.3 - 7) para el cultivo de pitahaya.
- Realizar investigaciones sobre el uso de EM en pitahaya en distintas texturas de suelo, de este modo se podrá determinar si la textura tiene algún efecto en los resultados.
- Realizar investigaciones sobre el uso de EM con diferentes marcas, así como evaluar su viabilidad frente a otras alternativas de fertilización.
- Usar los microorganismos eficientes como un fertilizante para una producción sostenible y rentable.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguinda, M. (2022). *Evaluación de la calidad de la fruta de pitahaya roja (hylocereus undatus) en diferentes estados de madurez cultivada en tres tipos de tutores, en el cantón la Joya de Los Sachas, provincia de Orellana* [Tesis de grado, Escuela superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16537/1/13T00969.pdf>

Alarcon, J., Recharte, D., Yanqui, F., Moreno, S., y Buendía, M. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>

Alvarado, J. (2014). *Caracterización poscosecha de la calidad del fruto de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus) y roja (Hylocereus undatus)* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4747>

Alvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., y Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33-42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>

Bacalla, Y., y Vasquez, M. (2018). *Propuesta de modelo de negocio para mejorar el posicionamiento de mercado, asociación la flor de la pitahaya, Distrito de Churuja, Amazonas* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <http://hdl.handle.net/20.500.14077/1653>

- Banerjee, S., Palit, R., Sengupta, C., y Standing, D. (2010). Stress induced phosphate solubilization by *Arthrobacter* sp. and *Bacillus* sp. isolated from tomato rhizosphere. *Australian Journal of crop science*, 4(6), 378-383.
- Braga, V., Amato, R., Darlan, J., Arcanjo, N., y dos Reis, F. (2011). Reproductive phenology of red pitaya in Lavras, MG, Brazil. *Ciencia Rural*, 41(6), 984-987.
- Cabrera, C., Cabrera, R., Morán, J., Terán, J., Molina, H., Meza, G., y Tamayo, C. (2018). Evaluación de dos abonos orgánicos líquidos en la producción del cultivo de pitahaya (*hylocereus undatus*) en el litoral ecuatoriano. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 20, 29-40. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i20.738
- Cabrera, Y., Miranda, E., y Santana, Y. (2016). Efectividad y momentos de aplicación del biofertilizante EcoMicâ en la producción de *Solanum lycopersicum* L. var. Mamonal 21. *Revista Científica Avances*, 18(1), 76-84. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5381445>
- Calero, A., Pérez, Y., Quintero, E., Olivera, D., y Peña, K. (2019). Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del frijol común. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 295-308. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1460
- Cerqueda, H. (2010). *Propagación sexual y asexual de la pitahaya (Hylocereus spp.)* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional - CIIDIR]. http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/6
- Costa, D., Pio, R., Scarpore, J., Neubern, M., Paes, L., Dias, T., y Bakker, S. (2006). Propagation of red pitaya (*Hylocereus undatus*) by cuttings. *Ciencia e Agrotecnología*, 30(6), 1106-

1109. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542006000600009>

Cué, J., y Torres, G. (2019). Las micorrizas arbúsculares: su valoración en el marco de la agroecología. *Revista de investigación en ciencias Agronómicas y veterinarias ALFA*, 3(9), 143-150. <http://repositorio.cidecuador.org/handle/123456789/1441>

Cuellar, L., Morales, E., y Trevino, J. (2006). La germinación in vitro una alternativa para obtener explantes en Cactáceas. *Zonas Áridas*, 10, 129-133. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/za.v10i1.557>

De la Cruz, E., Morán, J., Cabrera, R., Cabrera, C., Alcívar, J., y Meza, F. (2019). Respuesta de la pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) a la aplicación de dos abonos orgánicos sólidos en la zona de San Carlos, Los Ríos, Ecuador. *Idesia (Chile)*, 37(3), 99-105. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000300099>

Delgado, A. (2015). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de pitahaya en la Parroquia Sangay, Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago y su comercialización en el Distrito Metropolitano de Quito* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9874>

Díaz, O., Montero, D., y Lagos, J. (2008). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. *Colombia Forestal*, 12(0), 141. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a10>

Díaz, R. (2015). *Asistencia técnica para la mejora o adecuación del paquete tecnológico existente para su aplicación en las parcelas demostrativas de Pitahaya*. <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-Cultivo-de->

la-Pitahaya.pdf

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 estados de madurez. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(1), 63-72.

Esquibel, P., y Araya, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 113-129.

Garbanzo, G., Vega, E., Rodríguez, J., Urbina, C., Lázaro, W., Alvarado, K., Barrientos, R., Duarte, K., Mora, J., Trujillo, V., y Rojas, J. (2021). Evaluación de tamaño de cladodios y bio-estimulantes de enraizamiento para la propagación de pitahaya. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 29-40. <https://doi.org/10.15517/RAC.V45I2.47765>

García, L., y Gallardo, A. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Ecosistemas*, 26(1), 4-6. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.02>

García, M. E., y Quirós, O. (2010). Análisis del comportamiento de mercado de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 23(2), 14-24.

Garzón, L. P. (2016). Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonía colombiana. *Luna Azul*, 42, 217-234. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.14>

Grajo, M., Villegas, L., Montecillo, A., Trinidad, L., Anarna, J., y Migo, V. (2017). Effect of organic fertilizer amina P on the yield of pineapple (*Ananas comosus* L.) Merr. and soil microbial population. *Philipp Agric Scientist*, 100, 12-20.

Guanuche, S., y Holguin, M. (2021). *Estudio del bioestimulante biol enriquecido con*

microorganismo en tres dosis para el desarrollo radicular (Hylocereus undatus)

Montecristi, 2020 [Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].

<https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/3337>

Guillén, V., y Ponce, E. (2017). *Análisis de la producción de pitahaya para exportación con mira*

al mercado holandés provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, periodo 2016 [Tesis

de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Santo Domingo].

https://issuu.com/pucesd/docs/tesis___ponce_y_guillen__final

Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L., Garcés, M., Pérez, D., y Mattar, S. (2008). Utilidad de los

microorganismos eficaces (em[®]) en una explotación avícola de córdoba: Parámetros

productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1369-1379.

<https://doi.org/10.21897/rmvz.397>

Huachi, L., Yugsi, E., Paredes, M., Coronel, D., Verdugo, K., y Coba, P. (2015). Desarrollo de la

pitahaya (*Cereus* sp.) en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 50-58.

<https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.05>

Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2018). *La pitahaya o fruta del*

dragón se fomenta significativamente en República Dominicana, Sembrando hoy la

agricultura del Futuro, Santo Domingo.

Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales [IDIAP]. (2009). *INIAP*

realiza estudio para combatir problemas fitosanitarios en el cultivo de pitahaya. En línea.

<https://www.iniap.gob.ec/iniap-realiza-estudio-para-combatir-problemas->

[fitosanitarios-en-el-cultivo-de-pitahaya/](https://www.iniap.gob.ec/iniap-realiza-estudio-para-combatir-problemas-fitosanitarios-en-el-cultivo-de-pitahaya/)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2014). *Guía técnica del cultivo de*

Pitahaya. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Kakraliya, M., y Singh, R. (2018). Effect of soil test crop response basis integrated nitrogen management on yield, quality and profitability of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 532-534.

Kishore, K. (2016). Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulturae*, 213, 294-302.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.047>

Kondo, T., Martínez, M., Medina, J., Rebolledo, A., y Cardozo, C. (2013). Manual técnico: Tecnología para el manejo de pitaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran en Colombia. En *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica* (p. 97). www.corpoica.org.co

Le Bellec, F., y Vaillant, F. (2011). Pitahaya (pitaya) (*Hylocereus* spp.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 4, 247-273e.
<https://doi.org/10.1533/9780857092618.247>

Leal, J., Gutiérrez, M., Castro, L., Lares, F., Cortes, J., y Santos, S. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. *Agrociencia*, 52(8), 1149-1159.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6741349&info=resumen&idioma=E>
 NG

López, H., y Guido, A. (2015). *Guía Tecnológica 6: Cultivo de la Pitahaya*.

Martínez, E., Tijerina, L., Becerril, A., Rebolledo, A., Velasco, C., y del Ángel, A. (2017). Fenología y constante térmica de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose).

Agro *productividad,* 10(9), 3-8.

http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD_10-9-2017.pdf#page=5

Medina, C., Talavera, J., Rosstrán, J., y Bárcenas, M. (2014). *Efecto de dosis y aplicaciones edáficas y foliar de microorganismos de montaña con y sin sales minerales en el rendimiento del cacao (Theobroma cacao l.) variedad criolla, municipio San José de Bocay, Jinotega, febrero-mayo del 2014* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <http://hdl.handle.net/123456789/4300>

Monge, J., Loría, M., y Oreamuno, P. (2022). Efecto de un biol en las características del suelo y la producción de brotes en pitahaya (*Hylocereus* sp.). *UNED Research Journal*, 14(1), e3836-e3836. <https://doi.org/10.22458/URJ.V14I1.3836>

Monge, J., Oreamundo, P., Vega, E., Garbanzo, G., y Jimenez, V. (2021). Producción de pitahaya en Costa Rica. En *Repositorio de la Universidad de Costa Rica*. [http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/83651/Informe final Pitahaya %28versión febrero 2021%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/83651/Informe_final_Pitahaya_%28versión%20febrero%202021%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Montesinos, J., Rodríguez, L., Ortiz, R., Fonseca, M., Ruíz, G., y Guevara, F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, 67-76. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500007

Montoya, R., y Umanzor, M. (2013). *Evaluación de diferentes sustratos usados en la propagación de las especies de nopal (Opuntia ficus indica L.) y pitahaya (Hylocereus undatus Britt et Rose.), Managua*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria].

<https://repositorio.una.edu.ni/2193/1/tnf02m798.pdf>

Morocho, M., y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, 46(2), 93-103.

Muñoz, N. (2018). *Estudio de factibilidad financiera para la producción de pitahaya (Hylocereus undatus , Britt and Rose) de exportación, en la comuna Julio Moreno, provincia de Santa Elena* [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena].
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4489>

Nele, W., van der Lelie, D., Taghavi, S., Newman, L., y Vangronsveld, J. (2009). Exploiting plant-microbe partnerships to improve biomass production and remediation. *Trends in biotechnology*, 27(10), 591-598. <https://doi.org/10.1016/J.TIBTECH.2009.07.006>

Nerd, A., Gutman, F., y Mizrahi, Y. (1999). Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biology and Technology*, 17(1), 39-45.
[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00035-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00035-6)

Noda, Y. (2009). Las micorrizas: una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y forrajes*, 32(2), 1-10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Olvera, E., Orellana, D., y Segarra, K. (2013). *Desarrollo de estrategias para incrementar la exportación de pitahaya hacia los mercados de Holanda y España* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17647/1/TESIS PIHAYA - revision 3.pdf>

Osuna, T., Valdez, J., Sañudo, J., Muy, M., Hernández, S., Villarreal, M., y Osuna, J. (2016). Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus*)

(How.) Britton and Rose) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Agrociencia*, 50(1), 61-78. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000100061&script=sci_arttext

Paredes, S. (2021). *Fenología reproductiva de dos especies de pitahaya: roja (Hylocereus undatus Britt et Rose) y amarilla* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]. <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1549/TTA33D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peralta, N., Bernardo, G., Watthier, M., y Silva, R. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2), 59-66. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000200059>

Pushpakumara, D., Gunasena, H., y Karyawasam, M. (2005). Flowering and fruiting phenology, pollination vectors and breeding system of dragon fruit (*Hylocereus* spp.). *Journal of Agricultural Sciences - Sri Lankan*, 42, 81-91. <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/JA05253.pdf>

Ramos, J. (2018). *Producción y exportación de pitahaya y su incidencia en el desarrollo económico del cantón Palora, provincia de Morona Santiago. Período 2013 - 2017* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34427>

Rodríguez, A. (2022). *Evaluación de frecuencias en aplicación de biol en cultivo de pitahaya (Hylocereus undatus)*, Cantón Isidro Ayora, Guayas [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RODRÍGUEZ BRAVO ANDREA NICOLE.pdf>

- Ruiz, J. (2021). *Comparación productiva del cultivo de pitahaya (Hylocereus undatus) a la aplicación de microorganismos de montaña y microorganismos eficientes en el recinto de Cerecita - Guayas* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUIZ LOYOLA JOSSELYN.pdf>
- Sánchez, J., Oliva, M., Collazos, R., y Meléndez, J. (2022). Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas sobre la floración y rendimiento de *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel). *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 48(2), 155-159.
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/12715>
- Sánchez, S., Hernández, M., y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392.
- Santoyo, G., Moreno, G., Orozco, del C., y Glick, B. (2016). Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological Research*, 183, 92-99.
<https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2015.11.008>
- Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E. U. B., Sadhana, B., y Satya, S. (2017). Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 2133-2144.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.251>
- Sierra y Selva Exportadora. (2021). *Análisis de mercado de la Pitahaya: 2015-2020*.
<https://repositorio.sierraexportadora.gob.pe/xmlui/handle/SSE/386>
- Sotomayor, A., Pitzaca, S., Sánchez, M., Burbano, A., Díaz, A., Nicolalde, J., Viera, W., Caicedo, C., y Vargas, Y. (2019). Physical chemical evaluation of pitahaya fruit *Selenicereus megalanthus* in different development stages. *Enfoque UTE*, 10(1), 89-96.

<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.386>

Suárez, R., Caetano, C., y Ramírez, H. (2014). Multiplicación de *Selenicereus megalanthus* (pitahaya amarilla) e *Hylocereus polyrhizus* (pitahaya roja) vía organogénesis somática.

Acta Agronómica, 63(3), 1-14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169931322008>

Trujillo, D. (2014). *Microorganismos asociados a la pudrición blanda del tallo y manchado del fruto en el cultivo de pitahaya amarilla en Ecuador, Tumbaco - Pichincha* [Tesis de grado,

Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2494>

Tuanama, K. (2021). *Propagación asexual de dos especies de pitahaya (Hylocereus undatus (Haw.) Britton & Rose, Hylocereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer),*

haciendo uso de tres sustratos en condiciones de vivero [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. <http://hdl.handle.net/11458/4260>

Umaña, S. (2017). *Ingeniería Ecológica: efecto del uso de microorganismos de montaña sobre el suelo con base en dos cultivos agrícolas* [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica].

<http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/13313/1/41506.pdf>

Vargas, K. y López, R. (2020). *Guía Técnica del cultivo de pitahaya (Hylocereus megalanthus) en la región Amazonas*. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/1052>

Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C., Paredes, N., Congo, C., Tinoco, L., Bastidas, S., Chuquimarca, J., Macas, J., y Viera, W. (2020). *Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana* (p. 39). Instituto Nacional de Investigaciones

Agropecuarias (INIAP). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551>

Verona, A., Urcia, J., y Paucar, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*,

11(3), 439-453. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.03.16>

Warusavitharana, A., Peiris, K., Wickramatilake, K., Ekanayake, A., Hettiarachchi, H., y Bamunuarachchi, J. (2017). Performance of dragon fruit (*Hylocerus undatus*) in the low country wet zone (LCWZ) of Sri Lanka. *ISHS Acta Horticulturae* 1178, 31-34. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2017.1178.5>

Zafar, M., Abbasi, M. K., Khan, M. A., Khaliq, A., Sultan, T., y Aslam, M. (2012). Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Growth, Nodulation and Nutrient Accumulation of Lentil Under Controlled Conditions. *Pedosphere*, 22(6), 848-859. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60071-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60071-X)

Zambrano, E. (2016). *Estudio de mercado para la producción y comercialización de Pitahaya en la parroquia Valle Hermoso, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, año 2015* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Santo Domingo]. https://issuu.com/pucesd/docs/trabajo_titulaci__n_evelyn_ivette_z

X. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del producto Bioem



FICHA TÉCNICA

EM•1® MICROORGANISMOS EFICACES™

ORIGEN

El EM•1® es un inoculante biológico que fue desarrollado en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. Actualmente se utiliza en más de 143 países a nivel mundial.

DESCRIPCIÓN

El EM•1® es un inoculante biológico para las plantas, elaborado a base de microorganismos con acción simbiótica, para promover el crecimiento de las plantas y prevenir la presencia de plagas y enfermedades. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. El contacto con este producto no afecta al ambiente ni a la salud de las personas o animales.

CONTENIDO MÍNIMO UFC/mL

- * Bacterias Fotosintéticas: $\geq 1.6 \times 10^4$
- * Bacterias ácido lácticas: $\geq 4.3 \times 10^3$
- * Levaduras: $\geq 3.3 \times 10^4$
- * Enzimas

DATOS FÍSICOS

Apariencia: líquido color marrón-amarillo
Olor: Fermento-agradable
pH: 3.5

COMPATIBILIDAD

- Es compatible con aceites minerales y fertilizantes.
- No es compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidantes y pesticidas (fungicidas, insecticidas y bactericidas).



 Jr. Nicolás Alcázar N°784,
 Pueblo Libre, Lima
 ☎ 951446120 /943603740 /95208666
 ☎ 01-4630329
 ✉ administracion@bioem.com.pe
 🌐 www.bioem.com.pe | www.emrjapan.jp
 📘 EM-Microorganismos Eficaces Perú



ACTIVACIÓN

El EM•1® está en estado latente (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto antes de usarlo, hay que activarlo.

El activado consiste en 5% de EM•1® y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja reposar la mezcla durante 3 a 6 días. Un olor agrídulce y un pH de 3.5 o menos indican que el proceso de activación está completo.

DOSIS DE APLICACIÓN

- 1 litro de EM•1® Activado por bomba de mochila de 20 litros de capacidad.
- 10 Litros de EM. ® Activado por cilindro de 200 litros de capacidad.

FRECUENCIA

- Se recomienda hacer aplicaciones semanales o quincenales según las necesidades del cultivo.

Para mayor información, contactar con nuestro equipo técnico.

Atentamente,

www.bioem.com.pe www.em-la.com www.emrojapan.com



● J. Nicolás Alcázar N°784,
 Pueblo Libre, Lima
 ☎ 951446120 /943603740 /952096084
 ☎ 01-4630329
 ✉ administracion@bioem.com.pe
 🌐 www.bioem.com.pe | www.emrojapan.com
 📌 EM-Microorganismos Eficaces Perú
 📌 PROEM1 Probiótico

Anexo 2. Documento de autorización para realizar el experimento**Asunto: solicitud de permiso por asunto de investigación**

Estimado Sr. Alejandro Ausberto Carrera Machuca

Mediante la presente y para que quede constancia por escrito, yo, Elvis Michael Carrera Abanto con DNI: 75869014, me dirijo a usted para solicitar con la debida antelación un permiso en su predio por asuntos propios de investigación experimental, para obtener mi título de pregrado.

En efecto, deseo disfrutar de su apoyo y disponibilidad de su predio, en los meses de enero hasta el mes de abril del 2022.

Sin otro particular y esperando sea atendida mi solicitud, que se ajusta a derecho en virtud de la Ley Orgánica 9/2013. Agradeciendo su atención, quedo a la espera de su respuesta.

Le saluda atentamente:

Elvis Michael Carrera Abanto

DNI: 75869014

Recibí el 05 / 12 / 2021

Anexo 3. Cuadros estadísticos de las variables de desarrollo vegetativo

- Prueba de normalidad de las variables de desarrollo vegetativo

Pruebas de normalidad

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Longitud_brote_ 60d	Tratamiento_1	,186	6	,200*	,960	6	,817
	Tratamiento_2	,217	6	,200*	,909	6	,430
	Tratamiento_3	,163	6	,200*	,965	6	,855
	Testigo	,226	6	,200*	,912	6	,452
Longitud_brote_ 120d	Tratamiento_1	,167	6	,200*	,982	6	,960
	Tratamiento_2	,234	6	,200*	,928	6	,568
	Tratamiento_3	,251	6	,200*	,917	6	,485
	Testigo	,152	6	,200*	,987	6	,982
Peso_fresco_ 60d	Tratamiento_1	,147	6	,200*	,953	6	,762
	Tratamiento_2	,229	6	,200*	,885	6	,291
	Tratamiento_3	,199	6	,200*	,913	6	,453
	Testigo	,253	6	,200*	,922	6	,520
Peso_seco_ 60d	Tratamiento_1	,206	6	,200*	,918	6	,495
	Tratamiento_2	,134	6	,200*	,983	6	,964
	Tratamiento_3	,197	6	,200*	,925	6	,544
	Testigo	,182	6	,200*	,978	6	,943
Peso_fresco_ 120d	Tratamiento_1	,225	6	,200*	,914	6	,462
	Tratamiento_2	,197	6	,200*	,859	6	,185
	Tratamiento_3	,257	6	,200*	,953	6	,761
	Testigo	,124	6	,200*	,994	6	,997
Peso_seco_ 120d	Tratamiento_1	,230	6	,200*	,954	6	,771
	Tratamiento_2	,285	6	,140	,868	6	,219
	Tratamiento_3	,184	6	,200*	,940	6	,658
	Testigo	,219	6	,200*	,906	6	,409

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

- **Variable: longitud de brote**

Análisis de varianza (ANOVA) para longitud de brote

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Longitud_brote_ 60d	Entre grupos	406,917	3	135,639	13,132	,000
	Dentro de grupos	206,583	20	10,329		
	Total	613,500	23			
Longitud_brote_ 120d	Entre grupos	610,365	3	203,455	24,881	,000
	Dentro de grupos	163,542	20	8,177		
	Total	773,906	23			

Prueba Tukey para longitud de brote

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Longitud_brote_ 60d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-5,58333 [*]	1,85555	,032	-10,7769	-,3898
		Tratamiento_3	-6,00000 [*]	1,85555	,020	-11,1936	-,8064
		Testigo	3,91667	1,85555	,184	-1,2769	9,1102
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	5,58333 [*]	1,85555	,032	,3898	10,7769
		Tratamiento_3	-,41667	1,85555	,996	-5,6102	4,7769
		Testigo	9,50000 [*]	1,85555	,000	4,3064	14,6936
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	6,00000 [*]	1,85555	,020	,8064	11,1936
		Tratamiento_2	,41667	1,85555	,996	-4,7769	5,6102
		Testigo	9,91667 [*]	1,85555	,000	4,7231	15,1102
	Testigo	Tratamiento_1	-3,91667	1,85555	,184	-9,1102	1,2769
		Tratamiento_2	-9,50000 [*]	1,85555	,000	-14,6936	-4,3064
		Tratamiento_3	-9,91667 [*]	1,85555	,000	-15,1102	-4,7231
Longitud_brote_ 120d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-6,50000 [*]	1,65097	,004	-11,1210	-1,8790
		Tratamiento_3	-7,58333 [*]	1,65097	,001	-12,2043	-2,9624
		Testigo	4,83333 [*]	1,65097	,038	,2124	9,4543
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	6,50000 [*]	1,65097	,004	1,8790	11,1210
		Tratamiento_3	-1,08333	1,65097	,912	-5,7043	3,5376
		Testigo	11,33333 [*]	1,65097	,000	6,7124	15,9543
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	7,58333 [*]	1,65097	,001	2,9624	12,2043
		Tratamiento_2	1,08333	1,65097	,912	-3,5376	5,7043
		Testigo	12,41667 [*]	1,65097	,000	7,7957	17,0376
	Testigo	Tratamiento_1	-4,83333 [*]	1,65097	,038	-9,4543	-,2124
		Tratamiento_2	-11,33333 [*]	1,65097	,000	-15,9543	-6,7124
		Tratamiento_3	-12,41667 [*]	1,65097	,000	-17,0376	-7,7957

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tukey para longitud de brote: 60 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	6	18,1667	
Tratamiento_1	6	22,0833	
Tratamiento_2	6		27,6667
Tratamiento_3	6		28,0833
Sig.		,184	,996

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Tukey para longitud de brote: 120 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	6	19,1667		
Tratamiento_1	6		24,0000	
Tratamiento_2	6			30,5000
Tratamiento_3	6			31,5833
Sig.		1,000	1,000	,912

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

- Variable: peso fresco de brote

Análisis de varianza (ANOVA) para peso fresco de brote

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso_fresco_60d	Entre grupos	1082,622	3	360,874	2,603	,080
	Dentro de grupos	2772,393	20	138,620		
	Total	3855,015	23			
Peso_fresco_120d	Entre grupos	10373,130	3	3457,710	13,475	,000
	Dentro de grupos	5131,947	20	256,597		
	Total	15505,078	23			

Prueba Tukey para peso fresco de brote

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Peso_fresco_60d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-6,47667	6,79754	,777	-25,5025	12,5492
		Tratamiento_3	-8,23333	6,79754	,627	-27,2592	10,7925
		Testigo	8,89667	6,79754	,568	-10,1292	27,9225
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	6,47667	6,79754	,777	-12,5492	25,5025
		Tratamiento_3	-1,75667	6,79754	,994	-20,7825	17,2692
		Testigo	15,37333	6,79754	,141	-3,6525	34,3992
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	8,23333	6,79754	,627	-10,7925	27,2592
		Tratamiento_2	1,75667	6,79754	,994	-17,2692	20,7825
		Testigo	17,13000	6,79754	,087	-1,8959	36,1559
	Testigo	Tratamiento_1	-8,89667	6,79754	,568	-27,9225	10,1292
		Tratamiento_2	-15,37333	6,79754	,141	-34,3992	3,6525
		Tratamiento_3	-17,13000	6,79754	,087	-36,1559	1,8959
Peso_fresco_120d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-29,62000*	9,24838	,021	-55,5056	-3,7344
		Tratamiento_3	-36,80833*	9,24838	,004	-62,6939	-10,9227
		Testigo	13,77500	9,24838	,462	-12,1106	39,6606
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	29,62000*	9,24838	,021	3,7344	55,5056
		Tratamiento_3	-7,18833	9,24838	,864	-33,0739	18,6973
		Testigo	43,39500*	9,24838	,001	17,5094	69,2806
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	36,80833*	9,24838	,004	10,9227	62,6939
		Tratamiento_2	7,18833	9,24838	,864	-18,6973	33,0739
		Testigo	50,58333*	9,24838	,000	24,6977	76,4689
	Testigo	Tratamiento_1	-13,77500	9,24838	,462	-39,6606	12,1106
		Tratamiento_2	-43,39500*	9,24838	,001	-69,2806	-17,5094
		Tratamiento_3	-50,58333*	9,24838	,000	-76,4689	-24,6977

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tukey para peso fresco de brote: 60 días

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	6	81,1700	
Tratamiento_1	6	90,0667	
Tratamiento_2	6	96,5433	
Tratamiento_3	6	98,3000	
Sig.			,087

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Tukey para peso fresco de brote: 120 días

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	6	90,2500	
Tratamiento_1	6	104,0250	
Tratamiento_2	6		133,6450
Tratamiento_3	6		140,8333
Sig.		,462	,864

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

- **Variable: peso seco de brote**

Análisis de varianza (ANOVA) para peso seco de brote

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso_seco_ 60d	Entre grupos	137,616	3	45,872	37,486	,000
	Dentro de grupos	24,474	20	1,224		
	Total	162,090	23			
Peso_seco_ 120d	Entre grupos	211,918	3	70,639	22,584	,000
	Dentro de grupos	62,556	20	3,128		
	Total	274,475	23			

Prueba Tukey para peso seco de brote

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Peso_seco_ 60d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-2,82167*	,63867	,001	-4,6093	-1,0341
		Tratamiento_3	-4,04167*	,63867	,000	-5,8293	-2,2541
		Testigo	2,08500*	,63867	,019	,2974	3,8726
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	2,82167*	,63867	,001	1,0341	4,6093
		Tratamiento_3	-1,22000	,63867	,255	-3,0076	,5676
		Testigo	4,90667*	,63867	,000	3,1191	6,6943
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	4,04167*	,63867	,000	2,2541	5,8293
		Tratamiento_2	1,22000	,63867	,255	-,5676	3,0076
		Testigo	6,12667*	,63867	,000	4,3391	7,9143
	Testigo	Tratamiento_1	-2,08500*	,63867	,019	-3,8726	-,2974
		Tratamiento_2	-4,90667*	,63867	,000	-6,6943	-3,1191
		Tratamiento_3	-6,12667*	,63867	,000	-7,9143	-4,3391
Peso_seco_ 120d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-3,65500*	1,02108	,009	-6,5129	-,7971
		Tratamiento_3	-5,63167*	1,02108	,000	-8,4896	-2,7737
		Testigo	1,93667	1,02108	,261	-,9213	4,7946
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	3,65500*	1,02108	,009	,7971	6,5129
		Tratamiento_3	-1,97667	1,02108	,245	-4,8346	,8813
		Testigo	5,59167*	1,02108	,000	2,7337	8,4496
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	5,63167*	1,02108	,000	2,7737	8,4896
		Tratamiento_2	1,97667	1,02108	,245	-,8813	4,8346
		Testigo	7,56833*	1,02108	,000	4,7104	10,4263
	Testigo	Tratamiento_1	-1,93667	1,02108	,261	-4,7946	,9213
		Tratamiento_2	-5,59167*	1,02108	,000	-8,4496	-2,7337
		Tratamiento_3	-7,56833*	1,02108	,000	-10,4263	-4,7104

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tukey para peso seco de brote: 60 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	6	5,5500		
Tratamiento_1	6		7,6350	
Tratamiento_2	6			10,4567
Tratamiento_3	6			11,6767
Sig.		1,000	1,000	,255

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Tukey para peso seco de brote: 120 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	6	7,4133	
Tratamiento_1	6	9,3500	
Tratamiento_2	6		13,0050
Tratamiento_3	6		14,9817
Sig.		,261	,245

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Anexo 4. Cuadros estadísticos de las variables de desarrollo radicular

- Prueba de normalidad de las variables de desarrollo radicular

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Longitud_raiz_ 60d	Tratamiento_1	,256	6	,200 [*]	,877	6	,255
	Tratamiento_2	,186	6	,200 [*]	,925	6	,543
	Tratamiento_3	,194	6	,200 [*]	,970	6	,892
	Testigo	,212	6	,200 [*]	,933	6	,607
Longitud_raiz_ 120d	Tratamiento_1	,167	6	,200 [*]	,960	6	,817
	Tratamiento_2	,301	6	,096	,897	6	,357
	Tratamiento_3	,215	6	,200 [*]	,894	6	,342
	Testigo	,332	6	,038	,786	6	,044
Peso_fresco_ 60d	Tratamiento_1	,176	6	,200 [*]	,943	6	,686
	Tratamiento_2	,188	6	,200 [*]	,959	6	,814
	Tratamiento_3	,152	6	,200 [*]	,984	6	,968
	Testigo	,275	6	,176	,882	6	,280
Peso_seco_ 60d	Tratamiento_1	,133	6	,200 [*]	,985	6	,975
	Tratamiento_2	,214	6	,200 [*]	,902	6	,386
	Tratamiento_3	,288	6	,132	,853	6	,166
	Testigo	,197	6	,200 [*]	,943	6	,680
Peso_fresco_ 120d	Tratamiento_1	,165	6	,200 [*]	,979	6	,946
	Tratamiento_2	,232	6	,200 [*]	,884	6	,289
	Tratamiento_3	,185	6	,200 [*]	,943	6	,680
	Testigo	,197	6	,200 [*]	,947	6	,720
Peso_seco_ 120d	Tratamiento_1	,158	6	,200 [*]	,986	6	,977
	Tratamiento_2	,164	6	,200 [*]	,968	6	,880
	Tratamiento_3	,254	6	,200 [*]	,808	6	,069
	Testigo	,283	6	,145	,828	6	,103

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

- **Variable: longitud de raíz**

Análisis de varianza (ANOVA) para longitud de raíz

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Longitud_raiz_ 60d	Entre grupos	430,418	3	143,473	20,063	,000
	Dentro de grupos	143,020	20	7,151		
	Total	573,438	23			
Longitud_raiz_ 120d	Entre grupos	543,448	3	181,149	17,713	,000
	Dentro de grupos	204,542	20	10,227		
	Total	747,990	23			

Prueba Tukey para longitud de raíz

Comparaciones múltiples

HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Longitud_raiz_ 60d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-4,70000*	1,54391	,030	-9,0213	-,3787
		Tratamiento_3	-5,73333*	1,54391	,007	-10,0546	-1,4120
		Testigo	4,93333*	1,54391	,022	,6120	9,2546
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	4,70000*	1,54391	,030	,3787	9,0213
		Tratamiento_3	-1,03333	1,54391	,907	-5,3546	3,2880
		Testigo	9,63333*	1,54391	,000	5,3120	13,9546
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	5,73333*	1,54391	,007	1,4120	10,0546
		Tratamiento_2	1,03333	1,54391	,907	-3,2880	5,3546
		Testigo	10,66667*	1,54391	,000	6,3454	14,9880
	Testigo	Tratamiento_1	-4,93333*	1,54391	,022	-9,2546	-,6120
		Tratamiento_2	-9,63333*	1,54391	,000	-13,9546	-5,3120
		Tratamiento_3	-10,66667*	1,54391	,000	-14,9880	-6,3454
Longitud_raiz_ 120d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-6,66667*	1,84636	,009	-11,8345	-1,4988
		Tratamiento_3	-8,00000*	1,84636	,002	-13,1678	-2,8322
		Testigo	3,58333	1,84636	,243	-1,5845	8,7512
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	6,66667*	1,84636	,009	1,4988	11,8345
		Tratamiento_3	-1,33333	1,84636	,887	-6,5012	3,8345
		Testigo	10,25000*	1,84636	,000	5,0822	15,4178
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	8,00000*	1,84636	,002	2,8322	13,1678
		Tratamiento_2	1,33333	1,84636	,887	-3,8345	6,5012
		Testigo	11,58333*	1,84636	,000	6,4155	16,7512
	Testigo	Tratamiento_1	-3,58333	1,84636	,243	-8,7512	1,5845
		Tratamiento_2	-10,25000*	1,84636	,000	-15,4178	-5,0822
		Tratamiento_3	-11,58333*	1,84636	,000	-16,7512	-6,4155

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tukey para longitud de raíz: 60 días

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	6	29,0000		
Tratamiento_1	6		33,9333	
Tratamiento_2	6			38,6333
Tratamiento_3	6			39,6667
Sig.		1,000	1,000	,907

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Tukey para longitud de raíz:120 días

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	6	33,4167	
Tratamiento_1	6	37,0000	
Tratamiento_2	6		43,6667
Tratamiento_3	6		45,0000
Sig.		,243	,887

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

- **Variable: peso fresco de raíz**

Análisis de varianza (ANOVA) para peso fresco de raíz

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso_fresco_ 60d	Entre grupos	331,952	3	110,651	22,179	,000
	Dentro de grupos	99,781	20	4,989		
	Total	431,733	23			
Peso_fresco_ 120d	Entre grupos	453,150	3	151,050	9,700	,000
	Dentro de grupos	311,431	20	15,572		
	Total	764,581	23			

Prueba Tukey para peso fresco de raíz

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Peso_fresco_ 60d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-3,84000*	1,28958	,035	-7,4495	-,2305
		Tratamiento_3	-4,47167*	1,28958	,012	-8,0811	-,8622
		Testigo	4,85500*	1,28958	,006	1,2455	8,4645
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	3,84000*	1,28958	,035	,2305	7,4495
		Tratamiento_3	-,63167	1,28958	,960	-4,2411	2,9778
		Testigo	8,69500*	1,28958	,000	5,0855	12,3045
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	4,47167*	1,28958	,012	,8622	8,0811
		Tratamiento_2	,63167	1,28958	,960	-2,9778	4,2411
		Testigo	9,32667*	1,28958	,000	5,7172	12,9361
	Testigo	Tratamiento_1	-4,85500*	1,28958	,006	-8,4645	-1,2455
		Tratamiento_2	-8,69500*	1,28958	,000	-12,3045	-5,0855
		Tratamiento_3	-9,32667*	1,28958	,000	-12,9361	-5,7172
Peso_fresco_ 120d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-5,66500	2,27827	,093	-12,0417	,7117
		Tratamiento_3	-5,86333	2,27827	,078	-12,2401	,5134
		Testigo	4,59167	2,27827	,216	-1,7851	10,9684
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	5,66500	2,27827	,093	-,7117	12,0417
		Tratamiento_3	-,19833	2,27827	1,000	-6,5751	6,1784
		Testigo	10,25667*	2,27827	,001	3,8799	16,6334
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	5,86333	2,27827	,078	-,5134	12,2401
		Tratamiento_2	,19833	2,27827	1,000	-6,1784	6,5751
		Testigo	10,45500*	2,27827	,001	4,0783	16,8317
	Testigo	Tratamiento_1	-4,59167	2,27827	,216	-10,9684	1,7851
		Tratamiento_2	-10,25667*	2,27827	,001	-16,6334	-3,8799
		Tratamiento_3	-10,45500*	2,27827	,001	-16,8317	-4,0783

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tukey para peso fresco de raíz: 60 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	6	10,2950		
Tratamiento_1	6		15,1500	
Tratamiento_2	6			18,9900
Tratamiento_3	6			19,6217
Sig.		1,000	1,000	,960

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Tukey para peso fresco de raíz: 120 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	6	20,6433	
Tratamiento_1	6	25,2350	25,2350
Tratamiento_2	6		30,9000
Tratamiento_3	6		31,0983
Sig.		,216	,078

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

- **Variable: peso seco de raíz**

Análisis de varianza (ANOVA) para peso seco de raíz

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso_seco_ 60d	Entre grupos	12,974	3	4,325	9,042	,001
	Dentro de grupos	9,566	20	,478		
	Total	22,540	23			
Peso_seco_ 120d	Entre grupos	77,969	3	25,990	11,299	,000
	Dentro de grupos	46,006	20	2,300		
	Total	123,975	23			

Prueba Tukey para peso seco de raíz

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Peso_seco_ 60d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-,93833	,39928	,120	-2,0559	,1792
		Tratamiento_3	-1,29000*	,39928	,020	-2,4076	-,1724
		Testigo	,56000	,39928	,512	-,5576	1,6776
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	,93833	,39928	,120	-,1792	2,0559
		Tratamiento_3	-,35167	,39928	,815	-1,4692	,7659
		Testigo	1,49833*	,39928	,006	,3808	2,6159
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	1,29000*	,39928	,020	,1724	2,4076
		Tratamiento_2	,35167	,39928	,815	-,7659	1,4692
		Testigo	1,85000*	,39928	,001	,7324	2,9676
	Testigo	Tratamiento_1	-,56000	,39928	,512	-1,6776	,5576
		Tratamiento_2	-1,49833*	,39928	,006	-2,6159	-,3808
		Tratamiento_3	-1,85000*	,39928	,001	-2,9676	-,7324
Peso_seco_ 120d	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-2,46333*	,87565	,049	-4,9142	-,0125
		Tratamiento_3	-2,90167*	,87565	,017	-5,3525	-,4508
		Testigo	1,49833	,87565	,344	-,9525	3,9492
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	2,46333*	,87565	,049	,0125	4,9142
		Tratamiento_3	-,43833	,87565	,958	-2,8892	2,0125
		Testigo	3,96167*	,87565	,001	1,5108	6,4125
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	2,90167*	,87565	,017	,4508	5,3525
		Tratamiento_2	,43833	,87565	,958	-2,0125	2,8892
		Testigo	4,40000*	,87565	,000	1,9491	6,8509
	Testigo	Tratamiento_1	-1,49833	,87565	,344	-3,9492	,9525
		Tratamiento_2	-3,96167*	,87565	,001	-6,4125	-,15108
		Tratamiento_3	-4,40000*	,87565	,000	-6,8509	-,19491

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tukey para peso seco de raíz: 60 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	6	1,6917		
Tratamiento_1	6	2,2517	2,2517	
Tratamiento_2	6		3,1900	3,1900
Tratamiento_3	6			3,5417
Sig.		,512	,120	,815

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Tukey para peso seco de raíz: 120 días

 HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	6	4,9383	
Tratamiento_1	6	6,4367	
Tratamiento_2	6		8,9000
Tratamiento_3	6		9,3383
Sig.		,344	,958

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Anexo 5. Informes de análisis de laboratorio

Análisis inicial de caracterización físico, química y de nutrientes del suelo

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ELVIS MICHAEL CARRERA ABANTO

Departamento : LIMA
 Distrito : ANCÓN
 Referencia : H.R. 76281-018C-22

Bolt.: 5025

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 09/03/2022

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes	Suma de Sat. De Bases	%	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺				Al ³⁺ + H ⁺
1434		6.33	0.12	1.62	3.82	8.2	165	95	2	3	A.	6.72	4.59	1.22	0.19	0.23	0.00	6.23	6.23	93

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra	
Lab.	Claves
1434	N %
	0.04

Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe del Laboratorio

Análisis final de caracterización físico, química y de nutrientes de las unidades experimentales



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : MILAGROS DEL PILAR BENDEZÚ SANTISTEBAN

Departamento : LIMA
Distrito : ANCON
Referencia : H.R. 77874-163C-22

Provincia : LIMA
Predio :
Fecha : 24/10/2022

Bolt: 5380

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	%
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
13289	0	7.01	0.64	0.89	4.86	2.9	56	96	4	0	A	6.40	5.79	0.54	0.06	0.01	0.00	6.40	6.40	100
13290	1	7.33	0.61	0.89	5.64	1.6	76	96	4	0	A	6.40	5.70	0.61	0.09	0.01	0.00	6.40	6.40	100
13291	2	7.37	0.50	0.89	5.37	2.4	89	96	4	0	A	5.12	4.40	0.56	0.15	0.01	0.00	5.12	5.12	100
13292	3	7.42	0.61	0.89	2.55	2.6	114	96	4	0	A	5.44	4.59	0.67	0.17	0.01	0.00	5.44	5.44	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Arenoso ; Fr. = Franco Arenoso ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab.	Número de Muestra Claves	
	N	%
13289	0	0.05
13290	1	0.06
13291	2	0.09
13292	3	0.08

Dr. Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 6. Materiales utilizados en la investigación

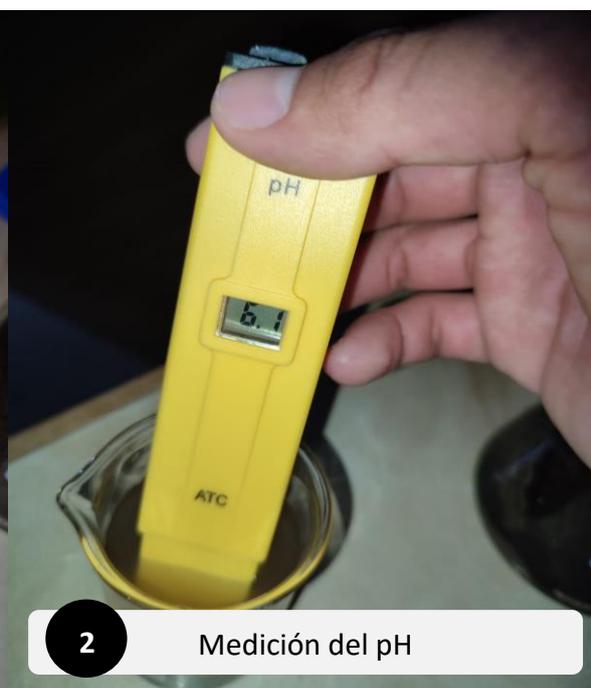
Ensayo	Material	Cantidad	Unidad
Preparación del lugar y sembrado de estacas de pitahaya	Estacas	48	Unidad
	Triplay	1	Plancha
	Turba rubia	30	Kilogramo
	Arena de río	30	Kilogramo
	Bolsa de vivero	48	Unidad
	Malla raschel	10	Metros
Muestreo para la caracterización Físico, Química y de nutrientes del suelo	Pala	1	Unidad
	Balde	1	Unidad
	Bolsas herméticas	15	Unidad
	Jarra	4	Unidad
	Marcador	1	Unidad
	pH-metro	1	Unidad
	Conductímetro	1	Unidad
Medición de la longitud de brote, peso fresco y peso seco de brote	Libreta	1	Unidad
	Marcador	1	Unidad
	Regla	1	Unidad
	Estufa	1	Unidad
	Balanza electrónica	1	Unidad
	Tijera de podar	1	Unidad
Medición de la longitud de raíz, peso fresco y peso seco de raíz	Libreta	1	Unidad
	Marcador	1	Unidad
	Regla	1	Unidad
	Estufa	1	Unidad
	Balanza electrónica	1	Unidad
	Tijera de podar	1	Unidad

Anexo 7. Registro fotográfico

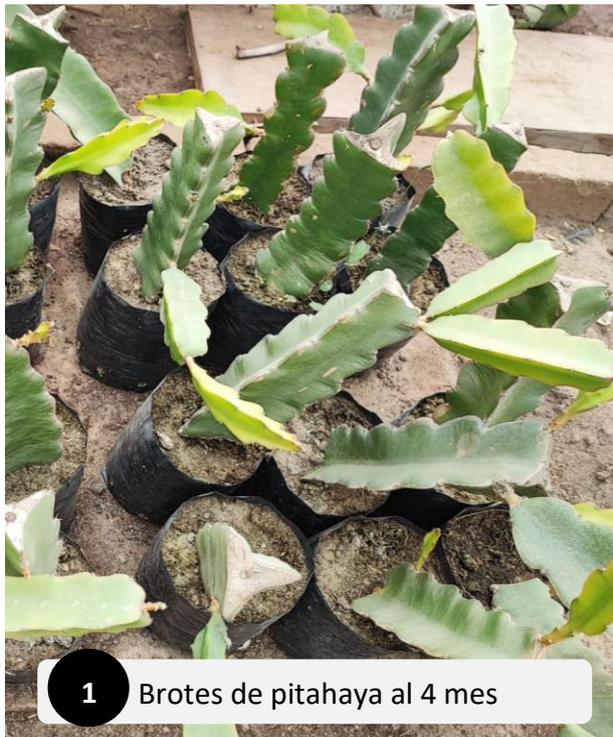
Preparación del sustrato y siembra de las estacas de pitahaya en bolsas de vivero



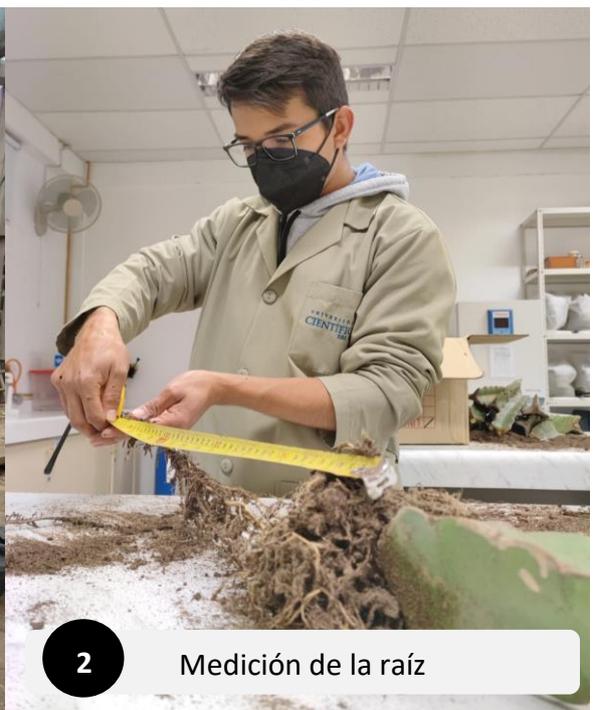
Medición de parámetros: conductividad eléctrica (CE) y pH



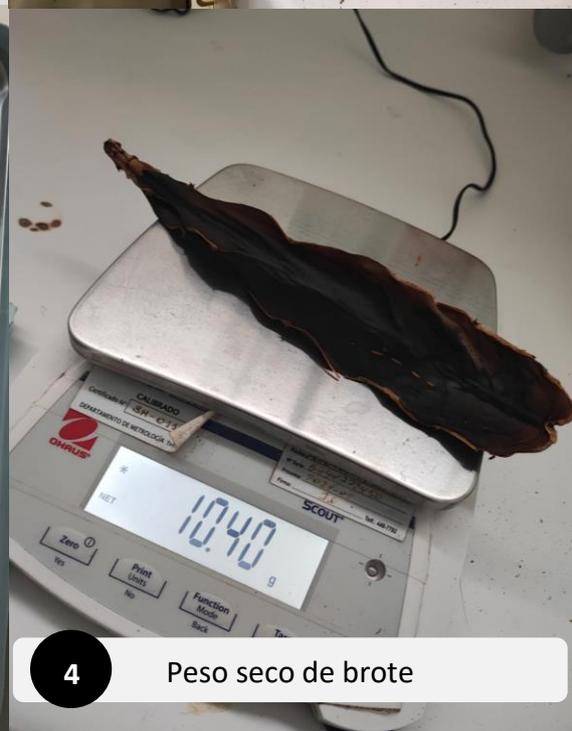
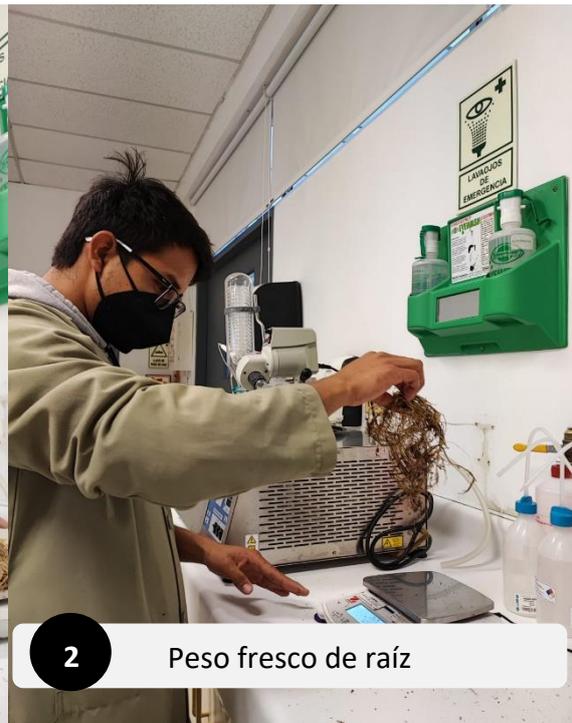
Medición de la longitud de brote



Medición de la longitud de raíz



Determinación de peso fresco y peso seco de brote y raíz



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°024-2021-DACIAF-DAFCA-U.CIENTIFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

Lima, 07 de diciembre del 2021

VISTO:

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado "EFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN EL ENRAIZAMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO DE CLADODIOS DE PITAHAYA (HYLOCEREUS UNDATUS) ", presentado por:

- ELVIS MICHAEL CARRERA ABANTO

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo con el Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de Ingeniería Agroforestal en la Carrera de Ingeniería Agroforestal, se debe desarrollar una tesis.

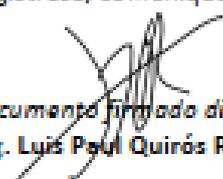
Que, de acuerdo con la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Decano de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: "EFECTOS DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN EL ENRAIZAMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO DE CLADODIOS DE PITAHAYA (HYLOCEREUS UNDATUS) ", con N° de registro: 302-2021-PRE10, y establecer el inicio del período de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador ZOILA ROSA SALINAS SIFUENTES como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Documento firmado digitalmente
Mg. Luis Paul Quirós Rossi
Decano de carrera
Ingeniería Agroforestal