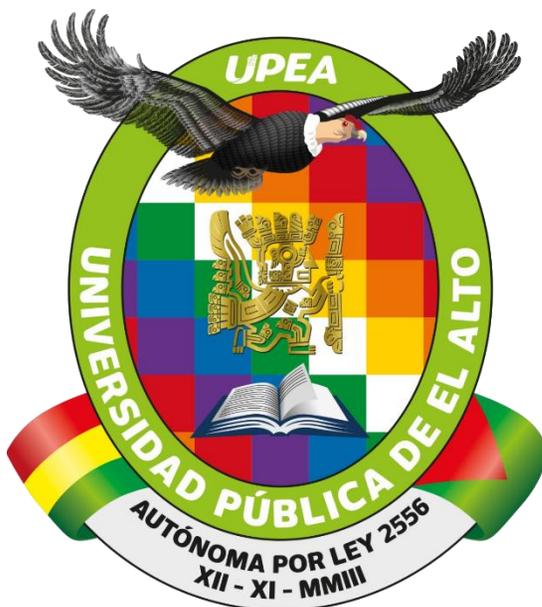


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL
ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE PITAHAYA (*Selenicereus
undatus* (Haw.) D.R. Hunt) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE
KALLUTACA**

Por:

Silvia Flora Quispe Gutierrez

EL ALTO – BOLIVIA

Septiembre, 2025

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO
DE ESQUEJES DE PITAHAYA (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Silvia Flora Quispe Gutierrez

Asesores:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas

Lic. Ing. David Luis Callisaya Gutierrez

M. Sc. Lic. Freddy Lucio Loza De la Cruz

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

Esta tesis de grado va dedicada con mucho cariño y gratitud:

A mis padres: Eloy Quispe Choque y Petrona Gutiérrez Tola por la confianza y el apoyo incondicional que me brindaron.

A mis hermanas: Rufina Quispe, Nancy Quispe, Sonia Quispe y a mi hermano Santiago Quispe por la comprensión y el aliento que me brindaron durante estos años.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar a este mundo y por haberme guiado, por darme fuerzas, sabiduría y muchas bendiciones.

A mí querida Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, por abrirme las puertas y que me acogió en sus aulas por todo el tiempo de formación académica, a mi querido asesor, M. Sc. Lic. Ing. Raúl Ramiro Raúl Ochoa Torrez, que me brindó su gran apoyo, por sus consejos y correcciones al realizar esta investigación.

A mis tribunales conformados por; M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas, Lic. Ing. David Luis Callisaya Gutierrez y M. Sc. Lic. Freddy Lucio Loza de la Cruz por su valioso tiempo por las revisiones, observaciones y sugerencias realizadas para mejorar el presente trabajo por lo cual agradezco infinitamente.

A todos mis docentes, con los que tuve el privilegio de aprender en sus distintas áreas, gracias por direccionar mi formación profesional.

A mi querida amiga Ximena Ajnota Limachi, por ser mi apoyo y fuente de alegría en los momentos difíciles tu compañía sincera en cada paso de este camino académico. Vuestra amistad incondicional ha sido un regalo invaluable en mi vida.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ABREVIATURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Origen de la pitahaya.....	5
2.2. Taxonomía.....	5
2.3. Descripción botánica.....	6
2.3.1. Morfología	6
2.4. Composición nutricional de pitahaya.....	6
2.5. Requerimiento edafológico	7
2.5.1. Suelo.....	7

2.6.	Requerimiento factor ambiental	7
2.6.1.	Temperatura	7
2.6.2.	Luz	7
2.6.3.	Riego	7
2.6.4.	Altitud	8
2.7.	Variedades de pitahaya	8
2.8.	Propagación.....	8
2.8.1.	Métodos de propagación.....	8
2.8.2.	Propagación por semilla sexual.....	9
2.8.3.	Propagación por esqueje asexual	9
2.8.4.	Propagación por injerto	9
2.9.	Sustratos	10
2.9.1.	Suelo.....	10
2.9.2.	Arena	10
2.9.3.	Turba	10
2.9.4.	Humus de lombriz	11
2.9.5.	Estiércol de bovino.....	11
2.10.	Producción mundial de pitahaya	12
2.11.	Producción de pitahaya en Bolivia	12
2.12.	Producción de pitahaya en La Paz Bolivia	13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.	Localización	14
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	14
3.2.	Materiales	15
3.2.1.	Material de estudio.....	15
3.2.2.	Material orgánico.....	15

3.2.3.	Material de escritorio	15
3.2.4.	Material de campo.....	15
3.3.	Metodología	16
3.3.1.	Método de investigación.....	16
3.3.2.	Desarrollo del ensayo.....	16
3.3.2.1.	Características de la carpa	16
3.3.2.2.	Medición del área del estudio	16
3.3.2.3.	Preparación del área y nivelación del terreno.....	17
3.3.2.4.	Adquisición de sustratos.....	17
3.3.2.5.	Solarización del sustrato	17
3.3.2.6.	Preparación del sustrato.....	17
3.3.2.7.	Características de bolsas de repique.....	18
3.3.2.8.	Llenado de los sustratos en bolsas de repique.....	18
3.3.2.9.	Adquisición de los esquejes de pitahaya	18
3.3.2.10.	Trasplante de los esquejes.....	18
3.3.2.11.	Monitoreo de temperatura y humedad.....	18
3.3.3.	Diseño experimental	19
3.3.4.	Tratamientos	19
3.3.4.1.	Croquis del Experimento	20
3.3.4.2.	Características del experimento	20
3.3.5.	Variables de respuesta.....	21
3.3.5.1.	Porcentaje de prendimiento.....	21
3.3.5.2.	Número de brotes.....	21
3.3.5.3.	Altura de brotes.....	21
3.3.5.4.	Diámetro de brote.....	21
3.3.5.5.	Longitud de raíz.....	21

3.3.5.6.	Volumen de la raíz	21
3.3.5.7.	Peso de la raíz	22
3.3.5.8.	Porcentaje de mortalidad (%)	22
3.3.6.	Análisis económico	22
3.3.6.1.	Relación Beneficio/Costo	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1.	Microclima al interior de la carpa.....	24
4.1.1.	Temperatura	24
4.1.2.	Humedad relativa	25
4.2.	Condiciones edafológicas	25
4.2.1.	Análisis físico químico del suelo	25
4.2.2.	Análisis físico y químico de turba	27
4.2.3.	Análisis físico y químico del estiércol de bovino	27
4.2.4.	Análisis físico químico del humus de lombriz	28
4.3.	Comparacion de nutrientes de los sustratos	29
4.4.	Variables de respuesta	30
4.4.1.	Porcentaje de prendimiento.....	30
4.4.2.	Número de brotes	31
4.4.3.	Altura de brotes.....	33
4.4.4.	Diámetro de brotes.....	35
4.4.5.	Longitud de raíz	36
4.4.6.	Volumen de la raíz	38
4.4.7.	Peso de la raíz	40
4.4.8.	Porcentaje de mortalidad	42
4.4.9.	Relación Beneficio/Costo	43
5.	CONCLUSIONES.....	45

6.	RECOMENDACIONES.....	46
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	47
8.	ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dosificación de sustrato para la investigación	17
Cuadro 2. Proporción de la mezcla de los sustratos	19
Cuadro 3. Análisis físico químico del suelo	26
Cuadro 4. Análisis físico y químico de turba	27
Cuadro 5. Análisis físico y químico del estiércol de bovino	28
Cuadro 6. Análisis físico químico de humus de lombriz	28
Cuadro 7. Comparación de nutrientes	29
Cuadro 8. Análisis de varianza para número de brotes en el enraizamiento de los esquejes de pitahaya con diferentes sustratos.....	31
Cuadro 9. Análisis de varianza de altura de los brotes de los esquejes de pitahaya.....	33
Cuadro 10. Análisis de varianza para el diámetro de brotes con diferentes sustratos..	35
Cuadro 11. Medias de diámetro de brotes (cm)	36
Cuadro 12. Análisis de varianza para longitud de raíz de los esquejes de pitahaya en los diferentes sustratos.....	36
Cuadro 13. Análisis de varianza para el volumen de la raíz.....	38
Cuadro 14. Análisis de varianza para el peso de la raíz en el efecto de diferentes sustratos en los esquejes de pitahaya	40
Cuadro 15. Costos de reproducción por tratamiento.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Centro Experimental de Kallutaca (Google Earth y Geografía, 2024).....	14
Figura 2. Módulo de fruticultura donde se realizó la investigación.....	16
Figura 3. Croquis del experimento	20
Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas registradas	24
Figura 5. Humedad relativa de la investigación.....	25
Figura 6. Porcentaje de prendimiento	30
Figura 7. Variación de número de brotes de esquejes de pitahaya con diferentes sustratos	32
Figura 8. Promedio de medias de Duncan de altura de brotes de los esquejes de pitahaya 34	
Figura 9. Prueba de medias de Duncan de la longitud de la raíz en los esquejes de pitahaya	37
Figura 10. Prueba de medias de Duncan de volumen de la raíz con diferentes sustratos en los esquejes de pitahaya.....	39
Figura 11. Prueba de medias de Duncan del peso de la raíz de los esquejes de pitahaya 41	
Figura 12. Porcentaje de mortalidad de los esquejes de pitahaya.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Presupuesto para la producción de los esquejes de pitahaya	53
Anexo 2.	Análisis químico del suelo del lugar del experimento	54
Anexo 3.	Análisis de turba	55
Anexo 4.	Análisis del estiércol de bovino	56
Anexo 5.	Análisis de humus de lombriz	57
Anexo 6.	Preparación y nivelación del área para la investigación	58
Anexo 7.	Solarización de los sustratos.....	58
Anexo 8.	Preparación del sustrato	59
Anexo 9.	Llenado de los sustratos	59
Anexo 10.	Adquisición de los esquejes de pitahaya	60
Anexo 11.	Trasplante de los esquejes de pitahaya	60
Anexo 12.	Riego a los esquejes de pitahaya.....	61
Anexo 13.	Deshierbe.....	61
Anexo 14.	Monitoreo de temperatura máxima y mínima.....	62
Anexo 15.	Porcentaje de prendimiento.....	62
Anexo 16.	Conteo de numero de brotes.....	63
Anexo 17.	Altura de brotes.....	63
Anexo 18.	Diámetro del brote.....	64
Anexo 19.	Longitud de la raíz.....	64
Anexo 20.	Volumen de la raíz	65
Anexo 21.	Peso de la raíz	65
Anexo 22.	Porcentaje de mortalidad	66
Anexo 23.	Final de la investigación	67

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
g	Gramos
%	Por ciento
m ²	Metro cuadrado
P	Fósforo
K	Potasio
N	Nitrógeno
CV	Coefficiente de Variación
DCA	Diseño Completamente al Azar

RESUMEN

Para el trabajo de investigación se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) que fue conformado por 4 tratamientos incluyendo el testigo los cuales fueron conformados por el T1 testigo con (100% de suelo de lugar), T2 sustrato compuesto por (50% de suelo + 25% de arena + 25% de turba), T3 sustrato compuesto por (50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) y T4 sustrato compuesto por (50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz) con 4 repeticiones dando un total de 16 unidades experimentales y en cada unidad experimental teniendo 8 esquejes de pitahaya un total de 128 esquejes en toda la investigación donde se evaluó los variables porcentaje de prendimiento, Altura de brote, diámetro de brote, longitud de raíz, volumen de raíz, peso de la raíz y porcentaje de mortalidad.

Los diferentes sustratos planteados en la investigación presentaron efecto en el enraizamiento de los esquejes presentando diferencias significativas entre los tratamientos. En el variable porcentaje de prendimiento el T3 alcanzó un 100 % con sustrato (estiércol de bovino) que demuestra ser el mejor sustrato frente a los demás sustratos T1, T2 Y T3, con relación al porcentaje de mortalidad el T1 presento un 12.50% con (100% suelo) y el T4 tuvo un 6% con sustrato (humus de lombriz) presentaron esquejes muertas a comparación de los T3 y T2. En número de brotes el T3 con sustrato (estiércol de bovino) obtuvo el mayor promedio de 4 brotes a los 137 días después de ser trasplantados el T2 con sustrato (turba) obtuvo un promedio de 3 brotes dejando atrás el T4 y T1. En la variable altura de brotes el T3 con sustrato (estiércol de bovino) presento mejor resultado registrando con un promedio de 44,03 cm el que sigue fue el T2 con sustrato (turba) con un promedio de 37,02 cm.

El T3 el sustrato estiércol de bovino supero a los otros tratamientos en cuanto al diámetro de brotes con un promedio de 2.97 cm, el T2 sustrato turba dio efecto positivo en la longitud de la raíz, en el volumen de la raíz y en peso de la raíz dando como resultado con un promedio de 22,89 cm de longitud de raíz, en el volumen de raíz presento un 16,92 ml y en el peso de la raíz con 17,67 g. El sustrato que presento mejor resultado fue el T3.

En cuanto al beneficio/costo de acuerdo a los resultados obtenidos establece que el T3 con un B/C 1.72 Bs generando una ganancia de 0.72 bolivianos por cada 1 boliviano invertido y T2 con un B/C de 1.68 Bs teniendo una ganancia de 0.68 Bs son los tratamientos que obtuvieron mayor rentabilidad.

ABSTRACT

For the research work, a completely randomized design (CRD) was used, consisting of four treatments, including the control, which were made up of T1 control with (100% local soil), T2 substrate composed of (50% soil + 25% sand + 25% peat), T3 substrate composed of (50% soil + 25% sand + 25% cattle manure), and T4 substrate composed of (50% soil + 25% sand + 25% worm humus) with 4 replicates giving a total of 16 experimental units and each experimental unit having 8 pitahaya cuttings, a total of 128 cuttings throughout the research, where the variables percentage of rooting, shoot height, shoot diameter, root length, root volume, root weight, and mortality percentage were evaluated.

The different substrates used in the study had an effect on the rooting of the cuttings, with significant differences between the treatments. In terms of the variable percentage of rooting, T3 reached 100% with substrate (cattle manure), which proved to be the best substrate compared to the other substrates T1, T2, and T3. In terms of mortality percentage, T1 had 12.50% (100% soil) and T4 had 6% with substrate (worm humus), presenting dead cuttings compared to T3 and T2. In terms of number of shoots, T3 with substrate (cattle manure) obtained the highest average of 4 shoots 137 days after transplanting, while T2 with substrate (peat) obtained an average of 3 shoots, leaving T4 and T1 behind. In terms of shoot height, T3 with substrate (cattle manure) showed the best result, with an average of 44.03 cm, followed by T2 with substrate (peat) with an average of 37.02 cm.

T3, the bovine manure substrate, outperformed the other treatments in terms of shoot diameter, with an average of 2.97 cm. T2 peat substrate had a positive effect on root length, root volume, and root weight, resulting in an average root length of 22.89 cm, root volume of 16.92 ml, and root weight of 17.67 g. The substrate that presented the best results was T3.

In terms of benefit/cost according to the results obtained, T3 with a B/C of 1.72 Bs, generating a profit of 0.72 bolivianos for every 1 boliviano invested, and T2 with a B/C of 1.68 Bs, with a profit of 0.68 Bs, are the treatments that obtained the highest profitability.

1. INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt), perteneciente a la familia Cactaceae, es originaria de América Central, principalmente de México. Es una planta perenne que crece de forma silvestre sobre árboles vivos, troncos secos, piedras y muros, debido a que su arquitectura le impide sostenerse por sí misma. Conocida también como *fruta del dragón*, se caracteriza por su piel escamosa y coriácea, y por una pulpa que puede ser blanca, roja, rosada o amarilla (Téllez, 2016).

Vietnam ha sido uno de los principales productores de pitahaya a nivel mundial en términos de superficie total dedicada a la producción de pitahaya es aproximadamente 55.000,0 ha en 2019, y la variedad de pulpa blanca represento más del 95,0% de la producción, seguida de la variedad de pulpa roja con un 4,5% (Mordor, 2024).

La pitahaya es un cultivo que genera ingresos crecientes, tanto para pequeños como grandes productores, debido a su alta demanda en los mercados nacionales e internacionales su riqueza en antioxidantes, vitaminas y fibra, la pitahaya responde a una tendencia creciente en Bolivia hacia el consumo de alimentos saludables la pitahaya no solo es importante como fruta de alto valor económico y nutricional, sino también como una herramienta de desarrollo sostenible en zonas rurales y como una oportunidad de innovación agroindustrial (Ortiz y Carrillo, 2012).

En Bolivia, la producción de pitahaya se encuentra en fase de introducción en departamentos como Santa Cruz, Cochabamba, Chuquisaca, Tarija y algunas zonas de La Paz (Alto Beni). Las condiciones climáticas cálidas y secas de los valles interandinos y del Chaco cruceño han permitido el establecimiento de plantaciones experimentales y comerciales. La variedad más comúnmente cultivada es *Selenicereus undatus*, conocida por su cáscara roja y pulpa blanca, debido a su mayor adaptabilidad y disponibilidad de esquejes. No obstante, en algunas regiones también se están evaluando otras especies como *S. costaricensis* y *S. megalanthus*, con el fin de diversificar la oferta productiva y aprovechar las condiciones agroecológicas locales (INIAF, 2021).

Los esquejes de pitahaya, requiere de sustratos que garanticen rapidez en el crecimiento y prendimiento del material vegetativo; pues al utilizar sustratos compactos y con mal drenaje causan deficiencia de oxígeno, con lo cual las raíces se asfixian y las plantas mueren. Se hace necesaria la búsqueda de materiales que sean de fácil obtención en las diferentes

regiones, que permitan ahorrar la mayor cantidad posible de suelo en el vivero, además que éstos no implican un aumento en el costo de producción y que permitan al productor una mayor seguridad en cuanto al tiempo de enraizamiento y desarrollo de los brotes (Montoya y Umanzor, 2013).

El método por esquejes es el más adecuado y recomendable para el establecimiento de plantaciones comerciales, considera un material que viene enraizado desde el vivero y por el crecimiento vegetativo que presenta, produce más rápidamente.

1.1. Antecedentes

Robles (2023), en su investigación efecto de diferentes sustratos en propagación asexual de pitahaya (*Selenicereus undatus*) variedad roja - Illanya - Abancay – 2021 menciona que en el largo de la raíz el T3 con 50% de estiércol de cuy descompuesto + 50% de tierra vegetal tiene el promedio 26.69 cm el tratamiento T0 100% de tierra agrícola (Testigo) de 25.78 cm y el tratamiento T1 50% de humus de lombriz + 50% de tierra vegetal tiene de 23.73 cm los cuales son significativos. En el número de brotes se visualiza que el tratamiento T3 con 50% de estiércol de cuy descompuesto + 50% de tierra vegetal tiene el promedio de 4.08 mayor significativamente que los tratamientos T1 con 50% de humus de lombriz + 50% de tierra vegetal 2.93, el tratamiento T2 con 2.73 y el testigo.

En la investigación realizada por Mongalo y Lopez (1996), donde realizo la evaluación de para la producción de pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt et Rose) en condiciones de vivero menciona que en número de brotes el tratamiento 9, formado por Gallinaza + Cascarilla de Arroz + Pulpa de Café fue superior a comparación de los otros tratamientos con un promedio de 5.7 brotes. En longitud de raíz el tratamiento 1 (Solo suelo) tuvo un promedio de 42.10 cm.

1.2. Planteamiento del problema

En los últimos años, la pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) conocida también como fruta del dragón, es de creciente demanda internacional por su valor nutricional y potencial económico. En América Latina, países como Colombia, México y Ecuador han avanzado en su cultivo, priorizando la propagación eficiente mediante esquejes. Sin embargo, el éxito en esta etapa depende en gran medida del tipo de sustrato utilizado.

En Bolivia, el cultivo de pitahaya aún es incipiente, pero existen regiones con condiciones agroclimáticas favorables, como Santa Cruz y el trópico de Cochabamba. A pesar de ello, los productores carecen de información técnica sobre sustratos adecuados para el enraizamiento, recurriendo a mezclas empíricas que pueden provocar pudrición por exceso de humedad o asfixia radicular por falta de oxigenación.

La falta de estudios locales que evalúen científicamente el efecto de distintos sustratos limita el desarrollo de sistemas de propagación eficientes. Por ello, es necesario identificar mezclas que equilibren retención de humedad, drenaje y aireación, y que además sean accesibles para pequeños productores. Esto plantea una necesidad urgente de estudios que orienten técnicamente la elección del sustrato más adecuado, accesible y eficiente, especialmente para pequeños y medianos productores interesados en este cultivo emergente.

Por ello, la presente investigación busca evaluar el efecto de diferentes sustratos en el enraizamiento de esquejes de pitahaya, con el fin de generar información científica.

1.3. Justificación

La pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) es una cactácea tropical de creciente interés comercial en Bolivia y en diversos países de América Latina, debido a su alto valor nutricional, buena aceptación en el mercado y adaptación a condiciones climáticas adversas (Rodríguez *et al.*, 2020). Este cultivo destaca por sus frutos exóticos, ricos en antioxidantes, vitaminas y compuestos bioactivos, cualidades que han impulsado su demanda tanto en mercados nacionales como internacionales.

Sin embargo, uno de los principales desafíos en la expansión del cultivo radica en la propagación eficiente de plantas. La propagación asexual mediante esquejes es el método más común y efectivo, ya que permite conservar las características genéticas de la planta madre, acortar el ciclo de establecimiento y reducir los costos de producción (Torres, 2015). A pesar de ello, el éxito del enraizamiento depende en gran medida de las condiciones del sustrato empleado.

El proceso de enraizamiento de esquejes está influenciado por las propiedades físicas y químicas del sustrato, tales como la capacidad de retención de humedad, aireación, disponibilidad de nutrientes y estabilidad estructural (Hartmann *et al.*, 2011). La elección de

un sustrato adecuado es determinante para maximizar el porcentaje de prendimiento, acelerar el desarrollo radicular y asegurar la sanidad de las plantas propagadas.

En este contexto, la presente investigación se justifica por su aporte a la identificación de sustratos accesibles y de bajo costo que promuevan un enraizamiento vigoroso y eficiente de esquejes de pitahaya. Su aplicación contribuirá a mejorar la productividad, reducir pérdidas y fortalecer los sistemas de propagación utilizados por productores locales, promoviendo así un desarrollo agrícola más sostenible y rentable.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes sustratos en el enraizamiento de esquejes de pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) en el Centro Experimental de Kallutaca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los diferentes sustratos en el prendimiento de los esquejes de pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt).
- Determinar cuál de los diferentes sustratos es el más adecuado para el enraizamiento de los esquejes de pitahaya.
- Determinar el beneficio/costo para el enraizamiento de los esquejes de cada tratamiento.

1.5. Hipótesis

- H0: En la evaluación del efecto de diferentes sustratos en el enraizamiento de esquejes de pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) en el Centro Experimental de Kallutaca no existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de sustratos en el enraizamiento de los esquejes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen de la pitahaya

La pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) es una planta cactácea, resistente a las sequías es originaria de regiones tropicales de América y se distribuye desde México hasta Centro América. Es una planta perenne, trepadora, que comúnmente crece sobre árboles, troncos secos o piedras debido a que no puede sostenerse por sí misma (Centurión *et al.*, 2008).

El cultivo era ya aprovechado desde hace muchos cientos de años atrás es decir desde antes de la llegada de los conquistadores a América, y durante la época de la colonia era una fruta de interés, hace aproximadamente 100 años la planta era cultivada de manera rudimentaria no se pensaba en su siembra para comercializarse solo estaba en huertos familiares, pero hace aproximadamente 20 años se maneja el cultivo de pitahaya como plantaciones especializadas y tecnificadas (Tuanama, 2021).

2.2. Taxonomía

Hunt (2003) menciona que la pitahaya tiene la siguiente clasificación taxonómica.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Cactaceae
Género:	<i>Selenicereus</i>
Especie:	<i>Selenicereus undatus</i> (Haw.) D.R. Hunt
N. Común:	Pitahaya, Pitaya y Fruta de Dragón

2.3. Descripción botánica

2.3.1. Morfología

Según InfoAgro (2021) la pitahaya tiene las siguientes características:

- **Raíz:** La pitahaya tiene dos tipos de raíces unas en el suelo como sostén y receptoras de agua y nutrientes del suelo, y otras raíces aéreas para adherirse a un soporte.
- **Tallo:** Los tallos o vainas de pitahaya son muy ramificados, de color verde, suculentos, con tres aristas o caras y articulados por secciones rectas. Los bordes de las vainas presentan areolas, en las cuales se encuentran grupos de espinas de 2 a 4mm, consideradas hojas modificadas. De la parte superior de las areolas nacen flores y ramificaciones. El tallo actúa como regulador hídrico y participa en la fotosíntesis.
- **Flor:** Presenta flores hermafroditas, grandes de (15-30cm de largo), tubulares y de color blanco, amarillento o rosado. De la parte inferior de la flor nacen grandes segmentos lanceolados, delgados y acuminados de color crema. Sus flores abren durante la noche, las cuales se encuentran orientadas hacia la luz de la luna.
- **Fruto:** El fruto es una baya de entre 6 a 12 cm de diámetro de color roja o amarilla al madurar. La mayoría de las especies presentan una epidermis carnosa con brácteas triangulares de aspecto ceroso. La pulpa del fruto es translúcida, conteniendo en su interior numerosas semillas negras.

2.4. Composición nutricional de pitahaya

La pitahaya se caracteriza por tener un contenido en agua muy elevado, bajo aporte calórico, riqueza en hidratos de carbono, mucílagos y fenoles. Contiene minerales como el calcio y fósforo, y vitaminas del grupo B, pero destaca con diferencia su contenido en vitamina C, aunque solo en la variedad roja. Las semillas, que son comestibles, contienen ácidos grasos insaturados son un tipo de antioxidantes que ayudan a reducir el efecto de los radicales libres, preservar la función y estructura celular y prevenir enfermedades cardiovasculares, diferentes tipos de cáncer, diabetes, y enfermedades degenerativas (Carreira, 2022).

La pitahaya tiene el siguiente Información nutricional en 100 g de Pitahaya Calorías 54Kcal Agua 84.40 (%), Hidratos de carbono 13.2 (g), Proteínas 1.4 (g), Grasas totales 0.4 (g), Fibras 0.5 (g), Vitamina C 8 (mg), Calcio 10 (mg), Fosforo 1.3 (mg), Hierro 26 (mg) (Cardoso, 2020).

2.5. Requerimiento edafológico

2.5.1. Suelo

Se trata de una planta que, debido a su rusticidad, se adapta a suelos secos, pobres y pedregosos. No obstante, prefieren suelos franco-arenosos, húmedos, con buen drenaje por su sensibilidad al encharcamiento, ricos en materia orgánica y pH ligeramente ácido (5,5-6,5) (InfoAgro, 2021).

2.6. Requerimiento factor ambiental

2.6.1. Temperatura

Corres (2006) señala que para promover el enraizamiento de brotes o estacas, las temperaturas deben oscilar entre 20 y 26 °C.

2.6.2. Luz

El cultivo de la pitahaya requiere de alta luminosidad para el desarrollo de los diferentes procesos fisiológicos. Una adecuada iluminación estimula la brotación de las yemas florales. La exposición prolongada a radiación solar directa puede ser perjudicial para la pitahaya, por lo que es conveniente que su exposición sea parcial (sombra en un 30%). Sin embargo, un exceso de sombra puede provocar la disminución de la producción (InfoAgro, 2021).

2.6.3. Riego

Se trata de una planta que no requiere abundante agua. Se deben dar riegos de apoyo durante los dos primeros años de la plantación con el objetivo de estimular un adecuado crecimiento vegetativo. Los siguientes años, únicamente se debe regar durante la floración ya que si se riega durante la época de sequía puede provocar una disminución de la floración (InfoAgro, 2021).

2.6.4. Altitud

Según Díaz (2015), las plantas de pitahaya se cultivan principalmente en altitudes comprendidas entre los 0 y 2000 msnm. No obstante, se ha observado que pueden desarrollarse hasta los 2500 msnm, aunque los mayores rendimientos productivos se registran entre los 700 y 1900 msnm, rango considerado óptimo para su desarrollo fisiológico y fructificación.

2.7. Variedades de pitahaya

Según Hernandez y Sánchez (2012) se tienen las siguientes variedades:

- **Vietnam White:** Muy productiva, pulpa blanca, cáscara rosada, sabor suave, buena adaptación a clima tropical seco.
- ✓ **Costa Rica Red:** (cáscara roja, pulpa roja) – Muy tempranera, jugosa y con alta producción anual.
- ✓ **American Beauty:** (cáscara roja, pulpa fucsia, sabor dulce)
- **Colombiana:** Muy dulce, fruto pequeño piel amarilla con espinas suaves.
- **Palora:** Variedad mejorada ecuatoriana, muy demandada por su dulzura y buen rendimiento.
- **Golden Yellow:** Selección comercial de fruto más grande, buena apariencia y alta productividad

2.8. Propagación

InfoAgro (2021), afirma que la multiplicación más usual de la pitahaya es mediante propagación vegetativa por medio de estacas o esquejes. La propagación por semillas no es aconsejable, ya que es un proceso muy lento, pudiendo transcurrir para ser una planta productiva, al menos 7 años.

2.8.1. Métodos de propagación

Existen tres principales métodos de las propagaciones de la pitahaya por semilla, esquejes, injerto y micro propagación.

2.8.2. Propagación por semilla sexual

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

La pitahaya se reproduce por medio de semillas maduras, las cuales se extraen del fruto. Las semillas de pitahaya se obtienen cuando alcanza su óptima madurez, las semillas extraídas se lavan y se tamizan tantas veces hasta quitar todo el residuo del mesocarpio; posteriormente se procede a realizar la germinación (Dallos *et al.*, 2010).

Pero según Corres (2006), este tipo de propagación no se recomienda para fines comerciales por el tiempo que tarda la planta en lograr la producción y requiere demasiados cuidados en la fase de semillero y vivero.

2.8.3. Propagación por esqueje asexual

La reproducción asexual es el método más utilizado por los productores, el cual es mediante corte de los tallos, sencillo y rápido los manejos para la formación de plantas (Gomez, 2023).

La principal forma de propagación asexual o vegetativa, se selecciona los tallos, esquejes de 20-50 cm de las plantas madres sin enfermedades ni daños causados por insectos y mediante trasplante directo en el terreno definitivo o su colocación en bolsas con sustrato hasta la formación de nuevo raíz, brote (Jason, 2005).

2.8.4. Propagación por injerto

Hartmann y Kester (1997) menciona que la propagación por injerto es la unión de dos o más piezas de tejido de plantas diferentes que en el futuro van a crecer como una sola planta se ha utilizado en cactáceas bajo 4 ventajas:

- a) Para ayudarlas a crecer más rápido.
- b) Acelerar la floración y obtener ejemplos llamativos
- c) Ayudarlas a que puedan vivir directamente en el suelo por algunos razones o dificultades.
- d) Fortalecer las que tiene un raquíctico sistema.

2.9. Sustratos

2.9.1. Suelo

Según Serrano (2013) afirma que los suelos del Centro Experimental del Kallutaca de acuerdo al análisis físico-químico de suelos bajo el respaldo del Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA-UMSA) y laboratorio de suelos (UMSS), presentan suelos con textura franco arcilloso, la densidad aparente presenta 1.32 y 1.11 g/cm, respectivamente. En cuanto al pH del suelo, reporta un valor de 7.4 y una conductividad eléctrica de 2280 $\mu\text{S/cm}$, presenta una acumulación de 4.4 % de materia orgánica.

2.9.2. Arena

La arena contiene partículas con diámetros de 0.2 a 2 mm, tiene poca capacidad de retención de humedad, buena aireación, escasos nutrientes y exige riegos con mucha frecuencia y poca intensidad. La arena, que está formada en su mayor parte por un complejo de sílice, es la que en general se usa para fines de propagación. La arena es el más pesado de los materiales que se utilizan como medio de crecimiento de las raíces. De preferencia debe ser fumigada o tratada con calor antes de usarla, ya que puede contener semillas de malezas y organismos patógenos. La arena prácticamente no contiene nutrientes minerales ni capacidad de amortiguamiento químico. Se usa principalmente en combinación con materiales orgánicos (Hartmann y Kester, 1997).

2.9.3. Turba

La turba está formada por restos de vegetación acuática, de pantanos, o marismas, que han sido conservados debajo del agua en estado de descomposición parcial. La falta de oxígeno en el pantano hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetal. La composición de los diversos depósitos de turba varía mucho, dependiendo de la vegetación de que se originaron, su estado de descomposición, contenido de minerales y grado de acidez (Hartmann y Kester, 1997).

La turba es una sustancia orgánica densa de color marrón oscuro que contiene una alta cantidad de carbono. Está compuesta por una estructura esponjosa y ligera en la que todavía se pueden observar los restos de las plantas de las que se originó. Sus características físicas y químicas varían dependiendo de su procedencia. La turba se utiliza

tanto como fuente de energía, siendo empleada como combustible, como en la fabricación de fertilizantes orgánicos (Mongalo y Lopez, 1996).

2.9.4. Humus de lombriz

Según Robles (2023), menciona que “se obtiene luego de un proceso de biodegradación en el que la lombriz procesa la materia orgánica a través de su tracto digestivo, siendo luego excretada la comida”. El humus debe usarse en una cantidad de al menos 3 toneladas por año. Su uso ha sido probado principalmente en el caso de fertilizantes orgánico-minerales que brindan una nutrición integral para cultivos de alto rendimiento, en el Cuadro 1 se puede observar el análisis de humus de lombriz.

Enriquez y Soto (2017), mencionan que el contenido nutricional de humus de lombriz están compuestas por Materia orgánica 15-30%, Nitrógeno 1-3%, Fosforo 1-3%, Potasio 1-2%, Calcio 1-2% y pH 6,5-7,5.

2.9.5. Estiércol de bovino

El estiércol es una buena fuente de nutrientes y materia orgánica y se ha estado utilizando como fertilizante para diferentes cultivos, ya que aporta nutrientes al suelo. El uso del estiércol vacuno como fertilizante orgánico produce efectos positivos, tanto en el establecimiento de cultivos como en los rendimientos (Gómez *et al.*, 2007).

En las primeras etapas del crecimiento se recomienda la aplicación de fertilizantes con mayor contenido de nitrógeno, de tal manera que estimule el desarrollo de las raíces y el crecimiento vegetativo de la planta. Los abonos orgánicos tienen varios efectos benéficos en el suelo de las plantaciones de pitahaya, entre ellas; mejoran la textura, aumentan la capacidad de retención de agua, ayudan a lograr una mejor aireación, regulan el pH, además permiten la disponibilidad de ciertos elementos y favorecen algunas reacciones químicas y la vida microbiana del suelo. Se han encontrado reportes que indican que la pitahaya responde favorablemente a la aplicación de enmiendas o abonos orgánicos como estiércoles de ganado vacuno, porcino, caprino y gallinaza. Se puede aplicar alguno de los anteriores estiércoles, $\frac{1}{2}$ kg por planta al momento de establecer la pitahaya (INTAGRI, 2021).

2.10. Producción mundial de pitahaya

Según Mordor (2024), en la región de Asia y el Pacífico y a nivel mundial, Vietnam, Tailandia y Malasia son los principales exportadores de pitahaya. Vietnam es el mayor productor y exportador de pitahaya. Aunque el área de cultivo y el volumen de exportación de pitahaya en Vietnam han disminuido en los últimos años, el país sigue siendo un líder mundial. Actualmente, Vietnam tiene casi 55.000 hectáreas de plantaciones de pitahaya, que producen más de 1 millón de toneladas al año, y el 80-85% de la producción se destina a la exportación. Las condiciones climáticas y del suelo favorables permiten una producción a gran escala durante todo el año. Las principales zonas de cultivo son las provincias de Binh Thuan, Long An y Tien Giang, conocidas por su clima adecuado y su suelo fértil. Con el avance de la tecnología agrícola y la creciente demanda del mercado, las exportaciones de pitahaya de Vietnam son un pilar crucial de sus exportaciones agrícolas.

En 2023, Vietnam fue uno de los mayores exportadores de fruta del mundo, siendo la pitahaya la segunda fruta más exportada después del durián. El valor de exportación anual de la pitahaya vietnamita alcanzó en su día los 1.000 millones de dólares. A pesar de una disminución en los últimos tres años, el valor de exportación anual todavía supera los 600 millones de dólares, con potencial de recuperación (Mordor, 2024).

A si también menciona que, en 2023, el volumen de exportación de pitahaya de Vietnam fue de casi 600.000 toneladas, con un valor de exportación de aproximadamente 600 millones de dólares. En los primeros cinco meses de 2024, el valor de exportación acumulado fue de alrededor de 260 millones de dólares, continuación, se presenta un cuadro con los principales países productores a nivel mundial.

2.11. Producción de pitahaya en Bolivia

En Bolivia, la producción de pitahaya se centra principalmente en el departamento de Santa Cruz, donde alrededor de 30 productores comerciales cultivan aproximadamente 1 ha cada uno, y se estima que entre 100 y 200 pequeños productores están estableciendo superficies menores. La producción activa superaría las 30 hectáreas, con variedades como *S. undatus* (pulpa blanca), *S. costaricensis* (pulpa roja) y *S. megalanthus* (pulpa blanca, cáscara amarilla). En Cochabamba, comuneros de localidades como Omereque y Saipina han introducido el cultivo desde 2022, con parcelas de media a una hectárea en expansión, empleando esquejes traídos del Perú y enfocándose inicialmente en *S. undatus*. En el

departamento de Beni, la Universidad Autónoma del Beni (UAB) lidera proyectos experimentales en parcelas de 3 330 m², evaluando ocho variedades de pitahaya para determinar su adaptación en seis provincias del departamento, como Riberalta, San Borja y Guayaramerín (Publiagro, 2023).

2.12. Producción de pitahaya en La Paz Bolivia

La producción de pitahaya se encuentra en Departamento de La Paz Provincia Loayza Segunda Sección Municipio de Sapahaqui, Cantón Caracato comunidad “El Condado” ubicado a 140 km de la sede de gobierno a una altura de 2200 m.s.n.m. de la Sra. Elizabeth Illanes Quispe.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los predios del Centro Experimental de Kallutaca de la carrera Ingeniería Agronómica, de la Universidad Pública de El Alto, que corresponde a la jurisdicción de la provincia Los Andes, municipio Laja, geográficamente se encuentra situada a $16^{\circ}31'26''$ latitud Sur y $68^{\circ}18'30''$ longitud Oeste, a una altitud de 3903 m.s.n.m. (Google Earth y Geografía, 2024).

En la Figura 1 se muestra la ubicación geográfica de la investigación realizada en el Centro experimental de Kallutaca.

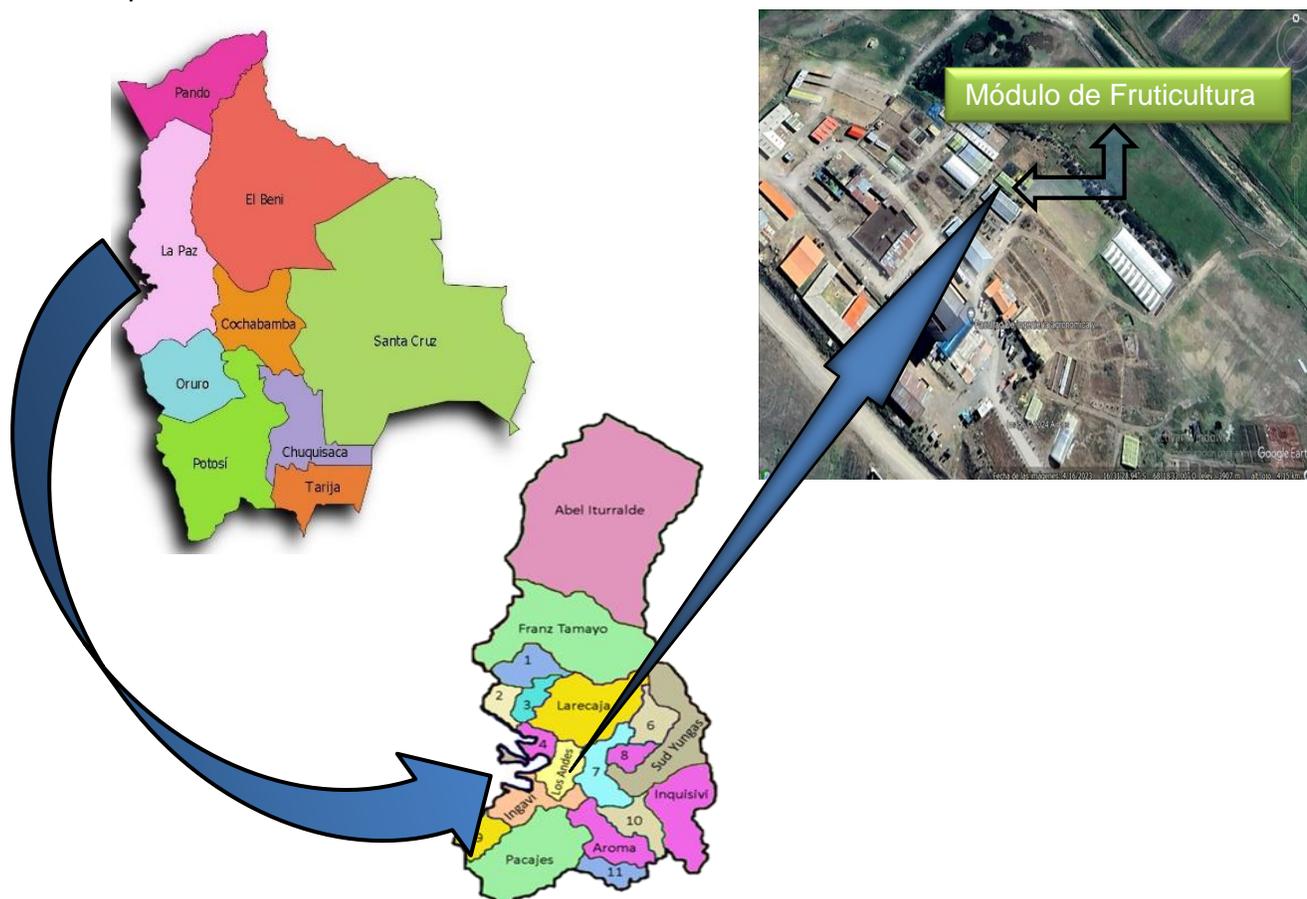


Figura 1. Ubicación geográfica del Centro Experimental de Kallutaca (Google Earth y Geografía, 2024).

3.2. Materiales

3.2.1. Material de estudio

En la presente investigación se utilizó los esquejes de pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) de cascara medio rosada o rojo de pulpa blanca.

3.2.2. Material orgánico

- Humus de lombriz
- Turba
- Arena
- Estiércol de bovino

3.2.3. Material de escritorio

- Computadora
- Impresora
- Lápiz
- Bolígrafo
- Cuaderno de campo
- Flash USB

3.2.4. Material de campo

- Flexómetro
- Yutes
- Balde
- Pala
- Pico
- Carretilla
- Bolsa negra
- Balanza
- Cuchillo
- Cernidor
- Termómetro
- Marbetes
- Regaderas
- Probeta

3.3. Metodología

3.3.1. Método de investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que se centró en la descripción y evaluación de los factores productivos de las variables estudiadas.

3.3.2. Desarrollo del ensayo

La investigación, se inició el 30 de agosto del 2024 con una duración de 5 meses concluyéndose el 14 de enero del 2025.

3.3.2.1. Características de la carpa

El módulo de fruticultura tiene, las dimensiones de 15 m x 6 m, construida de ladrillo de 0.12 m, techado con agro film de 250 micrones, y una altura máxima de 4 m y el modelo de la carpa es de tipo de dos aguas (Figura 2).



Figura 2. Módulo de fruticultura donde se realizó la investigación

3.3.2.2. Medición del área del estudio

La presente investigación fue realizada en el Centro Experimental de Kallutaca, Para la medición del área de investigación se realizó utilizando una wincha, el área que se utilizó en el módulo de fruticultura fue de 10.73 m².

3.3.2.3. Preparación del área y nivelación del terreno

Se realizó una limpieza del área de estudio, eliminando las piedras, malezas para luego nivelar y tener un área de estudio uniforme (Anexo 6).

3.3.2.4. Adquisición de sustratos

La compra de estiércol de bovino fue adquirida de la Provincia Murillo primera sección Palca comunidad Lacayani.

La turba, arena y humus de lombriz fueron adquiridos en la ciudad de El Alto de la feria 16 de Julio.

3.3.2.5. Solarización del sustrato

La desinfección de los sustratos para la investigación se utilizó el método de solarización lo cual se dejó acolchado los sustratos 3 días antes de embolsar para el trasplante se verifico que no tenga nada de malezas (Anexo 7).

3.3.2.6. Preparación del sustrato

Como se muestra en el Cuadro 1, los sustratos fueron formulados según las siguientes proporciones asignadas a cada tratamiento incluyendo el testigo (Anexo 8).

Cuadro 1. Dosificación de sustrato para la investigación

Sustratos	Dosificación		
	50%	25%	25%
Testigo T1	100% de suelo		
Sustrato T2	50% Suelo	25% Arena	25% Turba
Sustrato T3	50% Suelo	25% Arena	25% Estiércol de bovino
Sustrato T4	50% Suelo	25% Arena	25% Humus de lombriz

3.3.2.7. Características de bolsas de repique

Se utilizó bolsas de polietileno negro de 20 cm de alto por 14 cm de diámetro.

3.3.2.8. Llenado de los sustratos en bolsas de repique

Se rellenaron 32 unidades por cada tratamiento, (T1, T2, T3 y T4) incluyendo el testigo en total se tuvo 128 bolsas lleno de sustrato para la investigación (Anexo 9).

3.3.2.9. Adquisición de los esquejes de pitahaya

Los esquejes de pitahaya fueron adquiridos del Departamento de La Paz provincia Loayza Segunda Sección Municipio de Sapahaqui, Cantón Caracato comunidad “El Condado” ubicado a 140 km de la sede de gobierno a una altura de 2200 m.s.n.m. de la Sra. Elizabeth Illanes Quispe (Anexo 10).

3.3.2.10. Trasplante de los esquejes

Antes del trasplante se realizó perforaciones en el sustrato con la ayuda de una pala de jardín con la finalidad de evitar daños en la base de los esquejes, minimizando la fricción durante su inserción (Anexo 11).

- **Riego:** El método de riego que se aplicó en este trabajo de investigación el riego manual con una regadera según a lo que requiera los esquejes de pitahaya que ya están introducidos en las macetas para proporcionar la humedad y para el desarrollo de la raíz (Anexo 12).
- **Desmalezado:** El deshierbe se realizó cada 7 días, con la extracción de plantas ajenas de las macetas esta actividad se realizó manualmente cada que aparecieron plantas ajenas, durante el desarrollo de la raíz y prendimiento de los brotes de esquejes (Anexo 13).

3.3.2.11. Monitoreo de temperatura y humedad

Los datos de la temperatura máxima, mínima y la humedad relativa se tomó con el termómetro durante el proceso de la investigación (Anexo 14).

3.3.3. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) que fue conformado por 4 tratamientos incluyendo el testigo y 4 repeticiones dando un total de 16 unidades experimentales y en cada unidad experimental teniendo 8 esquejes de pitahaya un total de 128 esquejes de pitahaya en toda la investigación. De acuerdo a Ochoa (2016), el modelo lineal aditivo empleado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media general de la investigación o experimento

α_i = Tratamiento

E_{ij} = Error experimental

3.3.4. Tratamientos

Los tratamientos en estudio se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Proporción de la mezcla de los sustratos

Tratamiento	Suelo	Arena	Abono
T1	100% Suelo		
T2	50%	25%	25% Turba
T3	50%	25%	25% Estiércol
T4	50%	25%	25% Humus de lombriz

3.3.4.1. Croquis del Experimento

En la Figura 3, se presenta la distribución de los tratamientos y sus repeticiones.

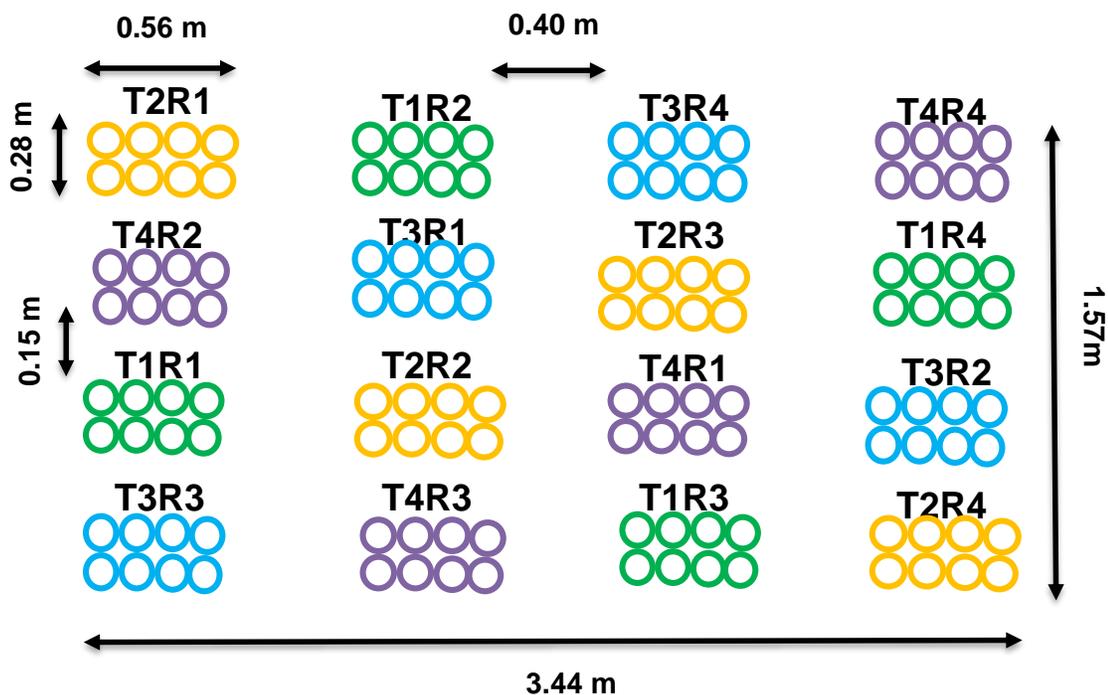


Figura 3. Croquis del experimento

3.3.4.2. Características del experimento

Área total	= 5.01 m ²
Área de unidad experimental	= 0.16 m ²
Nº de unidad experimental	= 16
Nº de esquejes por U.E.	= 8
Nº de esquejes por tratamiento y repeticiones	= 32
Nº de esquejes total de la investigación	= 128

3.3.5. Variables de respuesta

3.3.5.1. Porcentaje de prendimiento

El dato de esta variable se registró al final de la investigación de acuerdo a la siguiente formula: (Anexo 15).

$$\%P = \frac{\text{Número de esquejes brotados}}{\text{Número de esquejes totales}} \times 100$$

3.3.5.2. Número de brotes

Para determinar los números de brotes se valoró los 8 esquejes de cada tratamiento y repetición de unidad experimental se procedió a contabilizar los brotes (Anexo 16).

3.3.5.3. Altura de brotes

Para el registro de esta variable se escogió al azar un brote por cada esqueje dirigidos y estructurados y fueron marbeteados para registrar el diámetro de brote y se midió con la ayuda de un flexómetro los brotes escogidos y marbeteados este dato se registró en cm (Anexo 17).

3.3.5.4. Diámetro de brote

Para esta variable se midió los mismos brotes escogidos para el ancho de brotes con la ayuda de vernier (Anexo 18).

3.3.5.5. Longitud de raíz

Para esta variable fue muestreada aleatoriamente de los 8 esquejes, tomando 3 esquejes por cada tratamiento y repetición previamente se lavó las raíces con abundante agua para desprender las partículas del sustrato esto se evaluó al final de la investigación midiendo desde la base del cuello radicular hasta la cofia, estos datos se registraron en cm con la ayuda de un flexómetro (Anexo 19).

3.3.5.6. Volumen de la raíz

Esta variable se evaluó al final de la investigación, tomando los mismos 3 esquejes de pitahaya para la variable longitud de la raíz, haciendo un cálculo de volumen con la ayuda

una probeta. Donde se introdujo la raíz a una probeta con agua a una medida exacta de 500 ml posterior a ello se anotó la diferencia de medidas que la probeta presento que aquello fue el resultado del volumen de la raíz de esta forma se calculó todo el dato requerido por tratamiento y repetición (Anexo 20).

3.3.5.7. Peso de la raíz

Para esta variable se utilizó una tijera y cuchillo para la extracción de las raíces de las cuales se quitó la mayor parte de tierra y el peso fresco se obtuvo mediante una balanza, los datos se registraron en gramos(g) (Anexo 21).

3.3.5.8. Porcentaje de mortalidad (%)

Para esta variable se registraron los esquejes muertas al final de la investigación lo cual se realizó mediante la cantidad de esquejes plantadas por tratamiento al inicio de la investigación (Anexo 22).

3.3.6. Análisis económico

3.3.6.1. Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio costo se realizó con el propósito de comparar cuál de los tratamientos puede generar ganancia o pérdida en la producción de enraizamiento de los esquejes de pitahaya. Para determinar el beneficio costo se toma en consideración el ingreso bruto y el ingreso neto propuesta por Leyton (2000), de esta manera nos permite determinar si existe ganancia o pérdida.

- Ingreso bruto

El ingreso bruto es la relación del rendimiento ajustado multiplicado por el precio del producto en el mercado.

Determinado por la siguiente formula:

$$IB = R * P$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

R = Rendimiento ajustado

P = Precio del producto en el mercado

- Ingreso neto

El ingreso neto se determina restando el total de los costos de producción del ingreso bruto.

$$\text{IN} = \text{IB} - \text{CP}$$

Donde:

IN = Ingreso neto

IB = Ingreso bruto

CP= Costo de producción

- Relación Beneficio/Costo

La estimación de relación beneficio/costo se calcula con la fórmula:

$$\text{B/C} = \text{IB} / \text{CP}$$

Donde:

B/C = Beneficio costo

IB = Ingreso bruto

CP= Costo de producción

La relación beneficio costo se determina de la siguiente manera:

- B/C mayor a 1: quiere decir que los ingresos son superiores a los costos, por lo que es rentable.
- B/C igual a 1: significa que no hay ni ganancias ni pérdidas, ya que uno absorbe al otro, así que no es viable.
- B/C menor a 1: indica que los costos sobrepasan a los beneficios por lo que define no es rentable.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Microclima al interior de la carpa

4.1.1. Temperatura

Como podemos observar en la Figura 4, el registro de temperaturas se tomó desde el 30 agosto de 2024, fecha en él que se realizó el trasplante inicial de los esquejes de pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt) hasta concluir la investigación el 14 de enero de 2025. La temperatura mayor durante la investigación fue de 37,6°C y baja de 3,9°C, pese a las temperaturas señaladas estas condiciones fueron propicias para la adaptabilidad de los esquejes de pitahaya con un buen crecimiento y con un buen tamaño de numero de brotes sin causar quemaduras.

Bellec *et al.* (2006) menciona que para lograr un enraizamiento exitoso de los esquejes de pitahaya es fundamental mantenerlos en 25°C y 30°C ya que este rango favorece la formación de raíces adventicias y reduce el riesgo de pudrición.

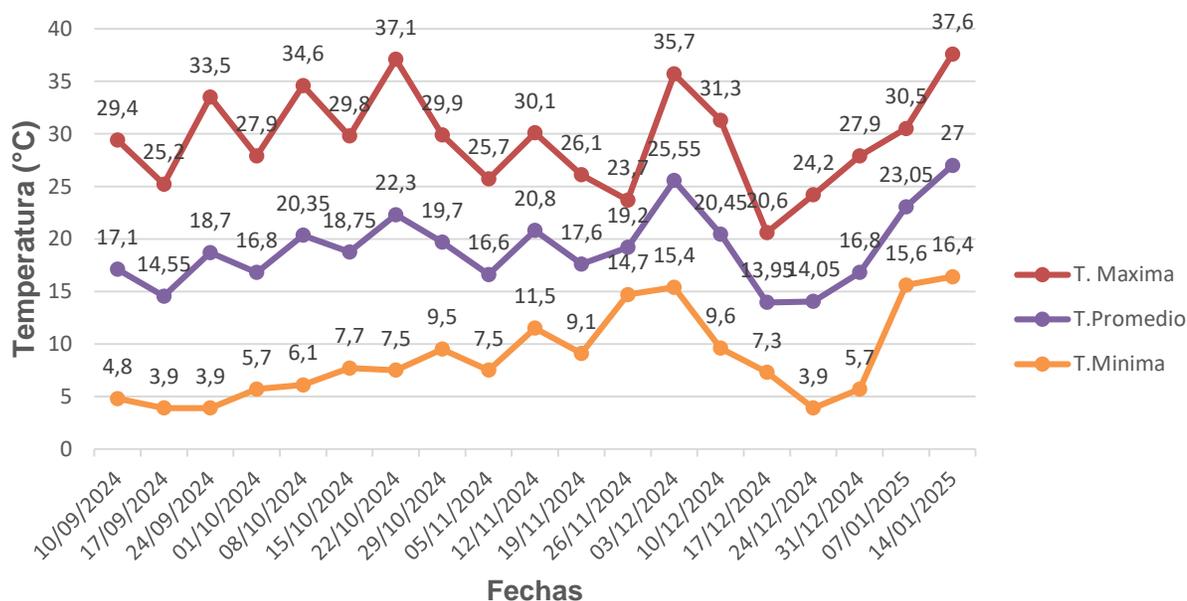


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas registradas

4.1.2. Humedad relativa

Como podemos observar los resultados de la humedad relativa en la Figura 5, que se presentó durante la investigación desde los principios del trasplante de los esquejes de pitahaya hasta finalizar la investigación.

Se observa que la humedad máxima fue de 72% y la mínima de 26% durante el proceso de investigación los esquejes de pitahaya desarrollan un medio ambiente de humedad relativa que oscila entre los 31% – 72 %.

Jordán *et al.* (2009) afirma que la humedad relativa tiene que ser entre 70% - 80% durante el proceso de enraizamiento, es fundamental proporcionar al esqueje las condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Tomando como referencia de Jordán durante la investigación la humedad relativa fue de 72% esto indica que se encuentra en el rango indicado por Jordán para el enraizamiento y prendimiento de los esquejes de pitahaya.

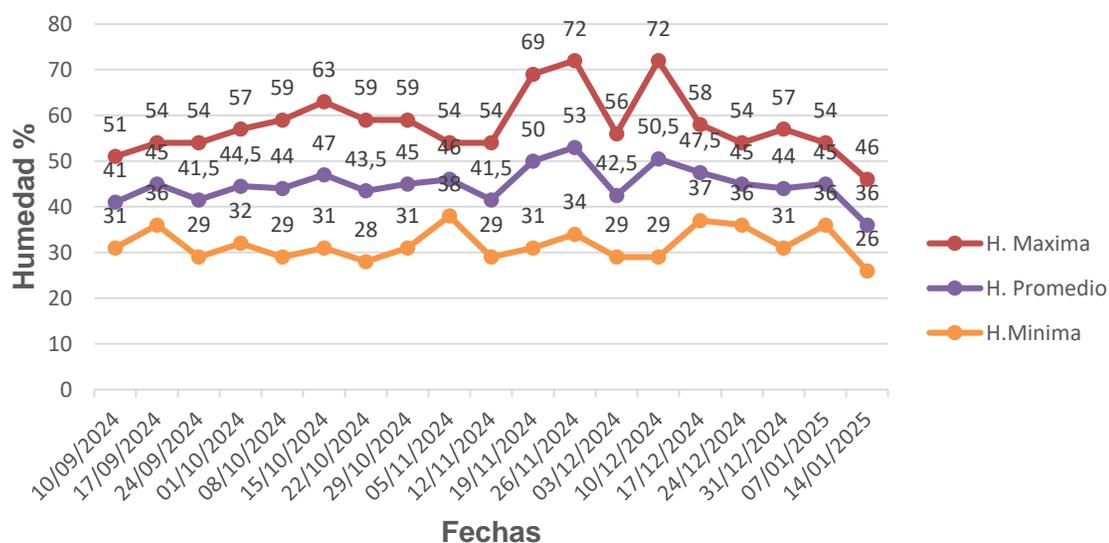


Figura 5. Humedad relativa de la investigación

4.2. Condiciones edafológicas

4.2.1. Análisis físico químico del suelo

En el siguiente Cuadro 3 se muestra el análisis químico del suelo donde la textura del suelo fue franco arcilloso, con una proporción equilibrada de arena (21 %) es baja, ayuda en el

drenaje limo (45 %) alta buena retención de agua y nutrientes. y arcilla (34 %) moderadamente alta, aumenta la retención de nutrientes, pero puede afectar el drenaje si se compacta.

El concentrado de materia orgánica en el suelo fue de 7.7%, este es un valor bastante alto teniendo un beneficio de mejorar la estructura del suelo, retención de humedad y aporta nutrientes esenciales para el enraizamiento y desarrollo inicial.

Se tiene una buena cantidad de nitrógeno para la fase inicial de enraizamiento ya que el nitrógeno es necesario esencial para el crecimiento vegetativo. Fosforo es muy alto y favorable para el desarrollo radicular de los esquejes. En potasio intercambiable es alto lo cual favorece al desarrollo radicular y es ideal para el crecimiento inicial de los esquejes.

Cuadro 3. Análisis físico químico del suelo

Parámetros	Unidades	Resultados
Potasio intercambiable	Meq/100Gs.	2.774
Materia orgánica	%	7.70
pH		8.22
Nitrógeno total	%	0.48
Fosforo disponible	ppm	88.40
Textura		
Arena	%	21
Limo	%	45
Arcilla	%	34
Clase textual		Franco arcilloso

Fuente: Analisis fisico quimico de suelos realizados por LAFASA (2024)

Según Mora (2011), la pitahaya tolera suelos ligeramente alcalinos pero valores cercanos de pH 5.5 a 7. ser franco y bien drenado, y ser rico en materia orgánica. También es importante que el suelo tenga los nutrientes adecuados, como nitrógeno, fósforo y potasio.

Tomando referencia estos valores, los esquejes de pithaya no tuvo mucha dificultad al desarrollarse a pesar de que el pH fue muy alto de igual manera la materia organica.

4.2.2. Análisis físico y químico de turba

En el siguiente Cuadro 4 se muestra el análisis químico de turba, donde indica que el análisis presentó un contenido de materia orgánica del 79%, lo cual representa un valor alto, indicando una alta capacidad para retener humedad, mejorar la estructura del sustrato. Estas condiciones favorecen el proceso de enraizamiento de los esquejes de pitahaya, proporcionando un ambiente favorable para la formación inicial de raíces. El contenido de fósforo total fue de 964 mg/kg, nutriente fundamental en la etapa de enraizamiento. Su disponibilidad en estas concentraciones promueve la formación de raíces laterales, una mayor ramificación y, por tanto, un mayor volumen radicular, lo cual es deseable en esquejes para garantizar una buena absorción de agua y nutrientes. El nitrógeno total alcanzó 2.1%, lo que corresponde a un valor alto. Si bien en esta etapa puede inducir un desarrollo excesivo de brotes y raíces alargadas pero poco ramificadas, lo que podría resultar en un sistema radicular menos eficiente para la absorción y anclaje de la planta.

Por otro lado, el potasio total fue de 557 mg/kg, clasificado como medio, y cumple funciones clave en la regulación del equilibrio hídrico, la apertura estomática y el fortalecimiento de tejidos.

Cuadro 4. Análisis físico y químico de turba

Parámetros	Unidades	Resultados
Potasio total	mg/kg	557
Materia orgánica	%	79
Nitrógeno total	%	2.1
Fosforo total	mg/kg	964

Fuente: Análisis físico químico de turba realizado por LAFASA (2024)

4.2.3. Análisis físico y químico del estiércol de bovino

En el siguiente Cuadro 5 se muestra el análisis químico del estiércol de bovino, lo cual muestra una conductividad eléctrica mmhos/cm 2.26 valor medio indica una concentración moderada de sales, Potasio 0.054% valor bajo, Nitrógeno total 1.78% valor alto, Materia orgánica con 73.8% valor muy alto pero es beneficioso por que aporta nutrientes, mejora la estructura del sustrato y retiene la humedad ideal para los esquejes y Fosforo disponible 1,511% valor alto pero es beneficioso ya que ayuda a desarrollar las raíces todos estos elementos son importantes para los esquejes para un buen desarrollo de los raíces y brotes.

El estiércol de bovino analizado presenta excelentes condiciones orgánicas y un contenido alto de fosforo y nitrógeno lo que cual indica que es favorable para la propagación de los esquejes.

Cuadro 5. Análisis físico y químico del estiércol de bovino

Parámetros	Unidades	Resultados
Conductividad Eléctrica	uS/cm	2260
Potasio	%	0.054
Materia orgánica	%	73.8
Nitrógeno total	%	1.78
Fosforo total	%	1.511

Fuente: Analisis fisico quimico del abono de bovino realizado por LAFASA (2024)

4.2.4. Análisis físico químico del humus de lombriz

En el siguiente Cuadro 6 se muestra el análisis químico del humus de lombriz, de acuerdo a los datos del análisis muestra que presenta una conductividad eléctrica de 3000 μ S/cm indica que tiene alta concentración de sales, el potasio fue de 0,57%, indica que está en el rango medio y significa que proporciona una cantidad adecuada de potasio para los esquejes de pitahaya aporta al crecimiento y vigor de los brotes, materia orgánica fue de 37% valor muy alto lo que indica que mejora el sustrato y favorece el enraizamiento de los esquejes. Además, contenido de nitrógeno que fue de 1.3% valor alto que promueve el desarrollo inicial de los esquejes y por último el fosforo fue de 0.49 % valor muy bueno esencial para los esquejes de pitahaya siendo necesaria para el desarrollo de las raíces.

Cuadro 6. Análisis físico químico de humus de lombriz

Parámetros	Unidades	Resultados
Conductividad Eléctrica	μ S/cm	3000
Potasio	%	0.57
Materia orgánica	%	37
Nitrógeno total	%	1.3
Fosforo total	%	0.49

Fuente: Analisis fisico quimico de humus de lombriz realizados por LAFASA (2024)

4.3. Comparación de nutrientes de los sustratos

En el siguiente Cuadro 7 podemos observar la cantidad de nutrientes que aporta:

Cuadro 7. Comparación de nutrientes

	Turba	Bovino	Humus
Nitrogeno T. (%)	2,10	1,78	1,30
Fosforo T. [mg/kg]	964	15110	4951
Potasio T. [mg/kg]	557	540	5722
Materia Organica(%)	79	73,8	37

La turba presentó el mayor contenido de materia orgánica (79%), lo cual mejora la estructura del sustrato, la retención de humedad y la aireación, condiciones ideales para el enraizamiento de esquejes. Su contenido de nitrógeno (2,10%) es el más alto, favoreciendo la formación de brotes. Sin embargo, un exceso relativo de nitrógeno con bajo fósforo puede llevar a un crecimiento aéreo sin suficiente desarrollo radicular. El fósforo (964 mg/kg), aunque en niveles aceptables, es bajo en comparación con los otros sustratos, lo que puede limitar la formación de raíces laterales.

El estiércol de bovino destaca por su altísimo contenido de fósforo (15.110 mg/kg), nutriente clave para la inducción y desarrollo de raíces nuevas en los esquejes. La materia orgánica (73,8%) también es alta, contribuyendo a una buena retención de humedad y aireación, condiciones que reducen el estrés hídrico. Su nivel de nitrógeno (1,78%) es moderado, lo cual permite un desarrollo equilibrado entre brotes y raíces. En conjunto, este sustrato ofreció una excelente combinación de nutrientes y condiciones físicas, lo que explica los buenos resultados en el enraizamiento y baja mortalidad observados.

El humus de lombriz, aunque tiene el contenido más bajo de materia orgánica (37%), muestra niveles muy altos de fósforo (4951 mg/kg) y potasio (5722 mg/kg), nutrientes esenciales para la iniciación de raíces y el desarrollo celular. El nitrógeno (1,30%) es el más bajo entre los tres, lo que puede traducirse en un menor crecimiento vegetativo inicial, pero favorece un desarrollo más equilibrado del sistema radicular. El humus puede ser útil en etapas posteriores al prendimiento inicial o combinado con otros sustratos

Los datos sugieren que el estiércol de bovino es el sustrato más equilibrado para el enraizamiento de esquejes de pitahaya, al combinar un alto nivel de fósforo con buena cantidad de materia orgánica y nitrógeno. La turba, a pesar de su riqueza en materia

orgánica, podría limitar el desarrollo radicular por su bajo contenido de fósforo. El humus, aunque rico en potasio, podría no ser ideal por su baja materia orgánica.

4.4. Variables de respuesta

4.4.1. Porcentaje de prendimiento

En la Figura 6, se presenta el porcentaje de prendimiento de los diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4), el T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% de arena + 25% de estiércol de bovino) presentó un 100% de prendimiento, seguidamente estuvo el T2 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% de arena + 25% de turba) que presentó un 84,38% de prendimiento, el T4 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% de arena + 25% humus de lombriz) que presenta un 75% de prendimiento y el T1 (testigo con 100% suelo del lugar) con un 71,87% de prendimiento de los esquejes de pitahaya. Como se indicó, el mayor porcentaje de prendimiento de los esquejes fue el T3, debido a que el estiércol de bovino presenta mayor contenido de fosforo lo cual ayuda al desarrollo de las raíces. A la vez también se puede señalar que los resultados obtenidos se deben a los diversos factores como: edad de las plantas madres, esquejes provenientes de plantas madre con menos de un año de edad presentan una baja tasa de enraizamiento debido a su inmadurez fisiológica, lo que ocasiona pudrición de los esquejes, otro factor que se atribuye también al prendimiento de los esquejes es la época de recolección. Todos estos elementos tuvieron una participación muy importante en el proceso de enraizamiento.

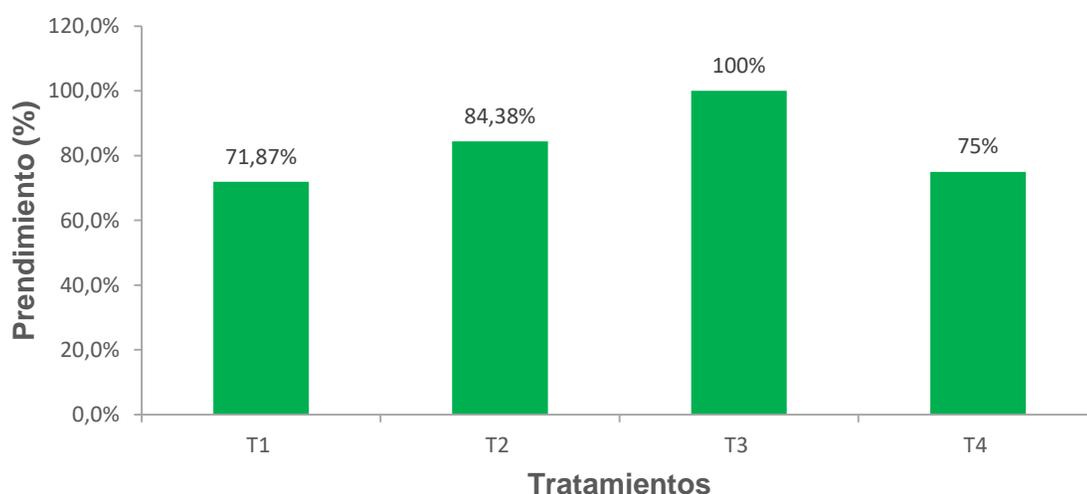


Figura 6. Porcentaje de prendimiento

Vargas y López (2020), afirma que para el arranque inicial del cultivo, es necesario disponer de una buena provisión de fósforo y nitrógeno, esto favorecerá para que la planta forme adecuadamente su raíces y follaje.

Respecto a Mongalo y Lopez (1996) mencionan que en sexta semana alcanzaron un 100% de prendimiento esto debido a que los sustratos que utilizaron tuvieron nutrientes suficientes para el prendimiento. Estos resultados no coinciden con el tiempo obtenido en nuestra investigación que fue de 6 semanas.

4.4.2. Número de brotes

Los resultados de análisis de varianza para el variable de numero de brotes a los 137 días después del trasplante de los esquejes de pitahaya, muestra que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos de los diferentes sustratos como se observa en el Cuadro 8. Con un coeficiente de variación de 14,21%, lo cual indica que los datos están dentro de los parámetros estadísticos de aceptación considerando que los datos son confiables y hubo un excelente manejo de las unidades experimentales, que permitieron lograr diferentes números de brotes.

Cuadro 8. Análisis de varianza para número de brotes en el enraizamiento de los esquejes de pitahaya con diferentes sustratos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	13,69	3	4,56	31,29	<0,0001 **
Error	1,75	12	0,15		
Total	15,44	15			

CV = 14,21%

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

En la Figura 7, se observa la prueba de medias de Duncan número de brotes, donde se presenta los 4 grupos diferentes. De los cuales el T3 formo el primer grupo con un promedio de 4 brotes. En cuanto al segundo grupo es el T2 con un promedio de 3 brotes, en el tercer grupo está el T4 con un promedio de 2 brotes y el último grupo fue el T1 testigo con un promedio de 1 brote.

Como se puede observar el T3 obtuvo mayor cantidad de brotes, esto debido a que el sustrato de bovino tiene nitrógeno y estimula la formación de los nuevos brotes y tiene una alta proporción de materia orgánica mejora la porosidad del medio, permitiendo una buena aireación y drenaje, condiciones necesarias para evitar la pudrición del esqueje y favorecer la formación de raíces adventicias.

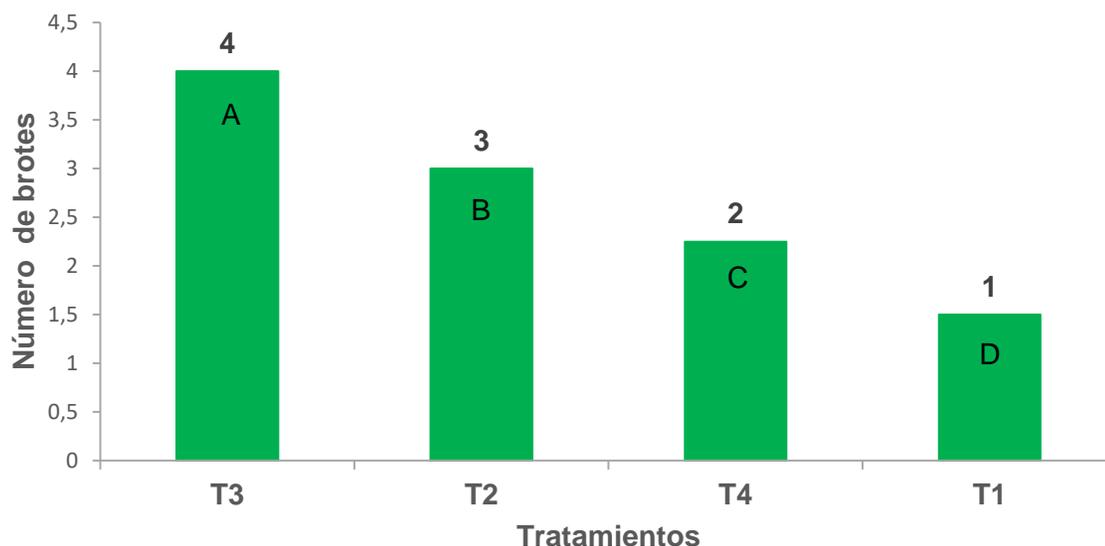


Figura 7. Variación de número de brotes de esquejes de pitahaya con diferentes sustratos

Tuanama (2021), en su investigación realizada afirma que en el sustrato compuesto por (Tierra negra 75%+ humus de lombriz 25%), obtuvieron 1 brote, sin embargo, similar a la investigación realizada en el (T4) sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz obtuvo un promedio de 2.25 en número de brotes es decir supera a la investigación de Tuanama.

Los valores obtenidos en nuestra investigación se asemejan con los resultados obtenidos por Robles (2023), según su investigación, al aplicar el 50% de estiércol de cuy + 50% de tierra agrícola obtuvo un promedio de 4.08 de brotes. En comparación a los valores obtenidos en nuestra investigación realizada fue de 4 brotes sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino lo que nos indica que es similar a la investigación de Robles en cuanto a los promedios de brote.

Observando estas diferencias en cuanto a los diferentes sustratos llegando al mismo promedio de brotes se llega a entender que los dos sustratos son favorables el estiércol de cuy aporta mayor contenido de materia orgánica y el estiércol bovino tiene nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio el estiércol de cuy también aporta nutrientes, pero en menor cantidad.

4.4.3. Altura de brotes

El análisis de varianza de altura de brotes de los esquejes de pitahaya con diferentes sustratos en Cuadro 9 se llegó a determinar que existe diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los tratamientos de estudio, esto indica que al trabajar con diferentes sustratos permite obtener diferentes alturas de los brotes de esquejes de pitahaya. El coeficiente de variación es de 16,79%, lo que indica que los datos de la investigación son confiables ya que hubo un excelente manejo de las unidades experimentales. Permite obtener diferentes alturas de los brotes de pitahaya.

Cuadro 9. Análisis de varianza de altura de los brotes de los esquejes de pitahaya

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1310,87	3	436,96	15,3	0,0002 **
Error	342,81	12	28,57		
Total	1653,68	15			
CV = 16,79%					

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

En la Figura 8, se observa la prueba de Duncan de altura de brotes en mismo se determinó que existe dos grupos diferenciados, el primero está formado por los tratamientos T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) es la más recomendable, registrando con un promedio de 44,03cm, seguidamente con el T2 (sustrato de 50% de suelo + 25% arena + 25% turba) con 37,02cm y el segundo grupo conformado por el T4 y T1 correspondiendo en la altura de brotes el T4 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz) con un promedio de 23,89cm, el T1 (con 100% de suelo) con un promedio de 22,41cm.

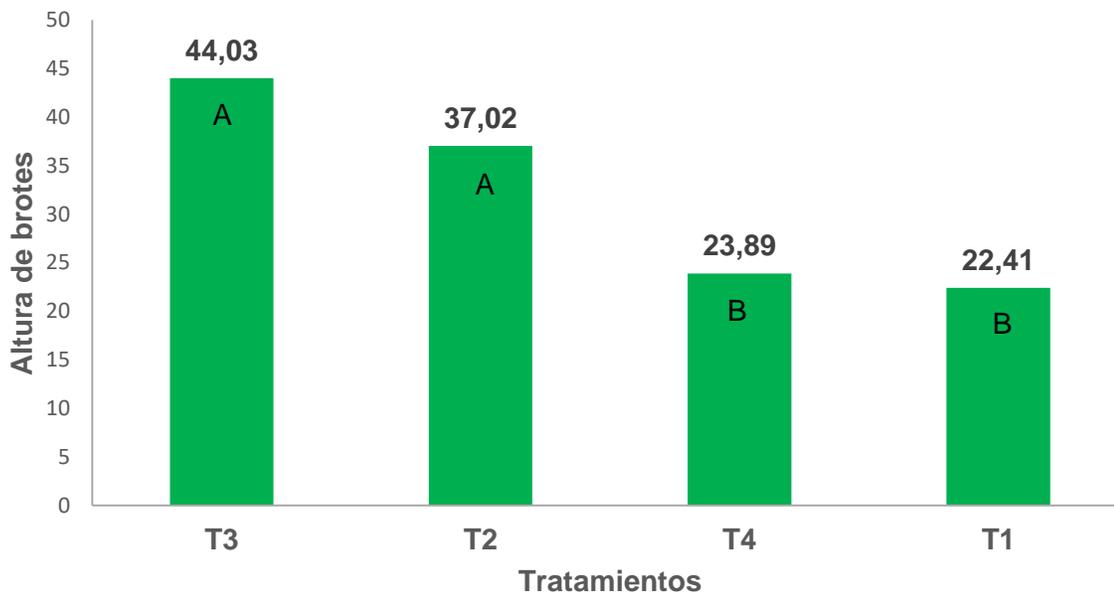


Figura 8. Promedio de medias de Duncan de altura de brotes de los esquejes de pitahaya

De acuerdo a los resultados anteriores se puede observar que el efecto positivo del T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) y el T2 (sustrato de 50% de suelo + 25% arena + 25% turba) donde se utilizó estos sustratos y dieron resultados satisfactorios esto debido a que el estiércol de bovino tiene nitrógeno que es un nutriente esencial para la altura de los brotes, vigorosos y muestra una respuesta positiva con el sustrato enriquecido, con alto contenido de materia orgánica coincidiendo con Mongalo y Lopez (1996), quien realizó estudios sobre el crecimiento de brotes y indica que la altura de brotes fueron significativamente mayores con la aplicación de estiércol de bovino ya que posee nitrógeno disponible para la planta.

Resultados similares obtuvieron Montoya y Umanzor (2013) donde afirmó que las medidas más altas fueron con el tratamiento 4 con humus de lombriz 50% y suelo 50% con un promedio de 23.14 cm, en cambio en nuestra investigación con el sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz como se puede ver en la figura 7 tiene un promedio de 23.89 cm esto indica que nuestra investigación supero a la investigación de Montoya y Umanzor.

4.4.4. Diámetro de brotes

En el Cuadro 10 se observan los resultados de análisis de varianza se llegó a determinar que entre los tratamientos de estudio no existe diferencias significativas ($p > 0.05$), esto indica que en diámetro de brotes no existe diferencias significativas. Teniendo un coeficiente de variación de 11,92% quedando por debajo de 30%, indicando que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el diámetro de brotes con diferentes sustratos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,81	3	0,27	2,79	0,0864 NS
Error	1,16	12	0,1		
Total	1,96	15			

CV = 11,92%

NS = No Significativo ($p > 0.05$)

Como se observa en el Cuadro 11 el análisis descriptivo de esta variable indica que en los tratamientos no hay mucha diferencia solo el T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) presento con la media más alta con 2,97cm, esto indica que el T3 estiércol de bovino tuvo mayor efecto en el diámetro de brotes.

Al respecto, en una investigación realizada por Gonzales y Alvarado (2004), indicó que en el diámetro de brotes no se presenta diferencias numéricas de gran significancias en su evaluación.

Comparando nuestros resultados con los obtenidos por Gonzalo y Alvarado, se observa una tendencia similar, ya que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En el diámetro de los esquejes de pitahaya está influenciado por el contenido de fosforo en el sustrato ya que este nutriente estimula el desarrollo radicular y el engrosamiento también interviene el nitrógeno promoviendo el engrosamiento de los tallos. El T3 (estiércol de bovino), el cual mostro un promedio de 2,97 cm de diámetro, superando a los de más tratamientos. Este resultado sugiere que el uso de estiércol de

bovino como sustrato podría mejorar la disponibilidad de nutrientes y favorecer el desarrollo vegetativo en esquejes de pitahaya.

Cuadro 11. Medias de diámetro de brotes (cm)

Sustrato	Medias
T3 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino	2,97
T2 50% de suelo + 25% arena + 25% turba	2,62
T4 50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz	2,45
T1 100% suelo	2,39

4.4.5. Longitud de raíz

El análisis de varianza de longitud de raíz en el Cuadro 12 se observan los resultados, se llegó a determinar que la investigación presentó diferencias significativas en cuanto a los diferentes tipos de sustrato planteados en el estudio, es decir estadísticamente los 4 tratamientos presentaron diferentes largos de la raíz. El coeficiente de variación es de 16,09%, lo que indica que los datos están dentro de estadísticos de aceptación (< 30%) por lo tanto cabe mencionar que hubo buen manejo de las unidades experimentales de los tratamientos fue buena y confiable.

Cuadro 12. Análisis de varianza para longitud de raíz de los esquejes de pitahaya en los diferentes sustratos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	115,52	3	38,51	4,43	0,0258 *
Error	104,37	12	8,7		
Total	219,9	15			

CV = 16,09%

* = Significativo (p<0.05)

En la Figura 9, se observa la prueba de Duncan de longitud de raíz, se observa 2 grupos diferentes de los cuales el tratamiento T2 (compuesto 50% de suelo + 25% arena + 25%

turba) con un promedio de 22,89 cm. Posteriormente el segundo grupo conformado por 3 tratamientos T4 (compuesta por 50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz) con un promedio de 17,42cm, el T3 (compuesta por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) con un promedio de 17,07 y por último el T1 (100% suelo del lugar) con un promedio de 15,49cm siendo que fue el tratamiento que menor efecto tubo en el largo de la raíz, El T2 se evidenció un crecimiento de raíces largas pero delgadas, lo cual está relacionado con el alto contenido de nitrógeno y una baja concentración de fósforo. Este exceso de nitrógeno favorece el alargamiento celular, pero no promueve la formación de un sistema radicular ramificado y robusto el exceso de nitrógeno estimula el alargamiento, mientras que una buena disponibilidad de fósforo favorece la ramificación.

Por el contrario, el T3 con en el sustrato con estiércol bien descompuesto, donde se detectó una alta presencia de fósforo, el comportamiento fue diferente: los esquejes desarrollaron un sistema radicular más corto en longitud, pero con mayor cantidad de raíces secundarias. Por lo tanto, sugiere que el fósforo promueve la emisión de raíces laterales, aumentando la superficie de absorción y la estabilidad del esqueje, a pesar de que el crecimiento en longitud sea más limitado.

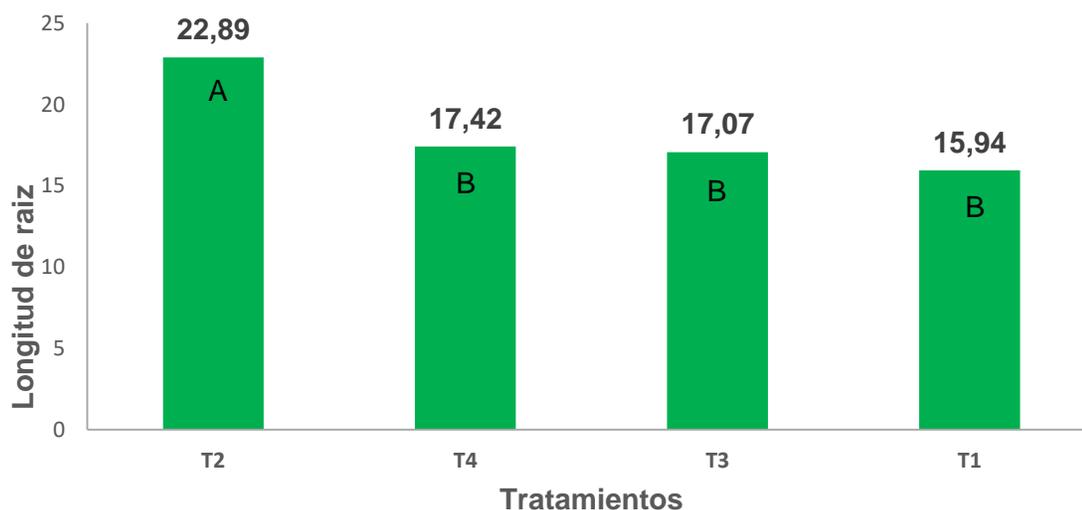


Figura 9. Prueba de medias de Duncan de la longitud de la raíz en los esquejes de pitahaya

Gonzalez y Mendieta (2010) afirma que el crecimiento de la raíz es fundamental para el desarrollo de las plantas; este se realiza a través de yemas vegetativas existente en la aureolas que es un órgano característico de las cactáceas. Por otro lado Robles (2023) en su investigación realizada afirma que el tratamiento T3 50% de estiércol + 50% de tierra

agrícola tiene el promedio más alto de 26.69cm, el T0 100 de tierra agrícola con un promedio de 25.78cm y el tratamiento T1 con 50% de humus de lombriz + 50% de tierra agrícola con un promedio de 23.73 cm los cuales son significativamente mayor que el otro tratamiento.

Estos resultados son similares a los obtenidos en la investigación realizada por Robles; sin embargo, dicha investigación supera a nuestra investigación ya que los abonos fueron incorporados en un 50% mientras que en nuestra investigación solo se aplicó un 25%. Esta diferencia en la proporción de nutrientes influye directamente en los resultados, ya que mayor cantidad de nutrientes en el sustrato, el desarrollo de los esquejes es más favorable y la pudrición de los esquejes.

4.4.6. Volumen de la raíz

Como se observa en el Cuadro 13, el análisis de varianza para el volumen de la raíz, muestra que existe diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) es decir estadísticamente los 4 tratamientos presentaron diferentes volúmenes de raíz con un coeficiente de variación 25,23% lo cual indica que los datos están dentro de los parámetros estadísticos de aceptación por tanto cabe mencionar que el manejo de las unidades experimentales es confiable.

Cuadro 13.		Análisis de varianza para el volumen de la raíz			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	413,99	3	138	14,79	0,0002 **
Error	111,95	12	9,33		
Total	525,93	15			
CV = (25,23%)					
** = Altamente significativo ($p < 0.01$)					

Según la Figura 10, podemos observar que la prueba de Duncan el efecto de los diferentes sustratos en la cual podemos observar que formaron 2 grupos. El T3 (compuesta por 50% de suelo + 25% arena + 25% bovino) con 16,92 ml demostró ser el mejor sustrato en el volumen de la raíz seguidamente T2 (compuesta por 50% de suelo + 25% arena + 25% con

turba) con 15,34 ml y T4 (compuesta por 50% de suelo + 25% arena + 25% humus con 12,45 ml) de volumen de raíz de igual manera demostraron ser el mejor sustrato. Finalmente, como último grupo el T1 (con el 100% suelo de lugar) de volumen de raíz presento menor volumen de raíz el cual fue de con 3,75 ml de volumen de raíz.

El T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol), esto es debido a su alto contenido de fósforo y materia orgánica, condiciones que estimuló en el crecimiento de raíces laterales, el estiércol de bovino presenta una estructura porosa que facilita la aireación del sustrato, lo cual mejora y promueve un ambiente favorable para el desarrollo de las raíces.

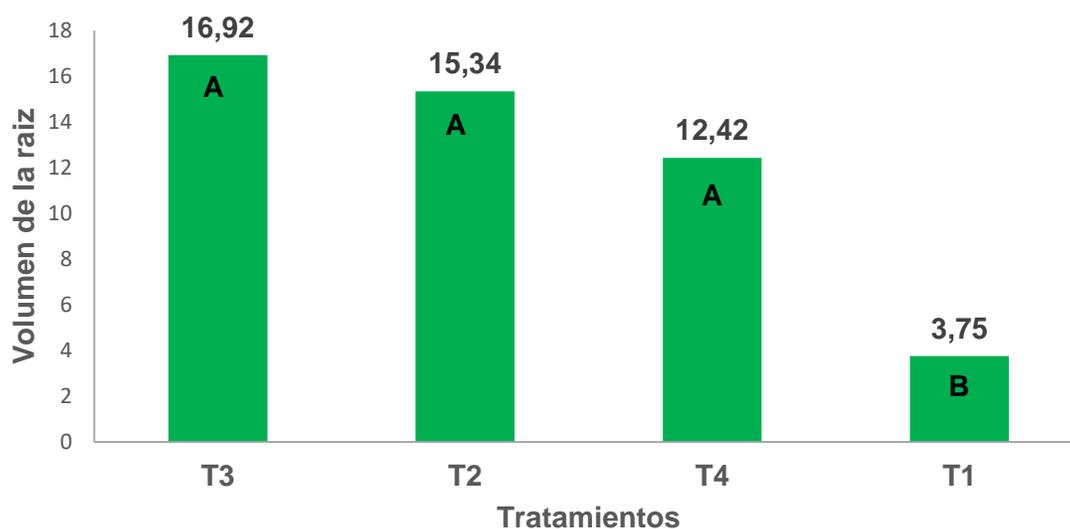


Figura 10. Prueba de medias de Duncan de volumen de la raíz con diferentes sustratos en los esquejes de pitahaya

Según estudios realizados por Paco (2024) se observó mayor volumen en aquellos tratamientos con sustrato que fue de 1.73 gr.

El resultado obtenido por Paco fue significativamente menor registrando con 1.73 gr, en comparación con los 16.92 ml obtenidos en nuestra investigación. Esta diferencia podría explicarse por la calidad del sustrato empleado: al utilizar sustratos, se favorece el desarrollo a la pitahaya que promueve una mayor formación y crecimiento de la raíz.

El sustrato agregado con 25% de estiércol favorece en el desarrollo de la raíz y tener mayor número de raíz por que el estiércol crea un ambiente húmedo, aireado y seguro que estimula la formación rápida y vigorosa de raíces en los esquejes de pitahaya.

4.4.7. Peso de la raíz

En el análisis de varianza para el variable de peso de la raíz de acuerdo al Cuadro 14 podemos indicar que la investigación presento diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en cuanto a los diferentes tipos de sustrato planteados en el estudio, es decir estadísticamente los 4 tratamientos presentaron diferentes pesos de la raíz, teniendo un coeficiente de variación de 26,64% lo cual indica que los datos están dentro del parámetro estadístico de aceptación. Por lo tanto, podemos mencionar que los tratamientos marcan diferencia y fue confiable.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el peso de la raíz en el efecto de diferentes sustratos en los esquejes de pitahaya

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	265,02	3	88,34	6,31	0,0081 **
Error	167,89	12	13,99		
Total	432,91	15			

CV = (26,64%)

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

En la Figura 11 se puede observar la prueba de Duncan, presenta 2 grupos diferentes de los 4 tratamientos estudiados en la investigación, donde el T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino), el T2 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% turba) esos tratamientos son los que sobresalieron más en el peso de la raíz con 17,67g , 17,5g y seguidamente por el T4 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz) con un 13,33g, por último el segundo grupo es el T1 (por 100% de suelo) fue el de menor peso de raíz que presento con 7,67g del peso de la raíz como se puede observar el mayor peso de la raíz tuvo el T3 con un 17,67 esto debido a que el sustrato con estiércol de bovino tiene una alta materia orgánica y fosforo necesario ya que favorece el desarrollo de raíces lo que contribuye al incremento del

volumen y peso radicular además el estiércol mejora la estructura del sustrato, aumenta su capacidad de retención de humedad y la disponibilidad de oxígeno, condiciones que son fundamentales para el crecimiento radicular a diferencia de otros sustratos.

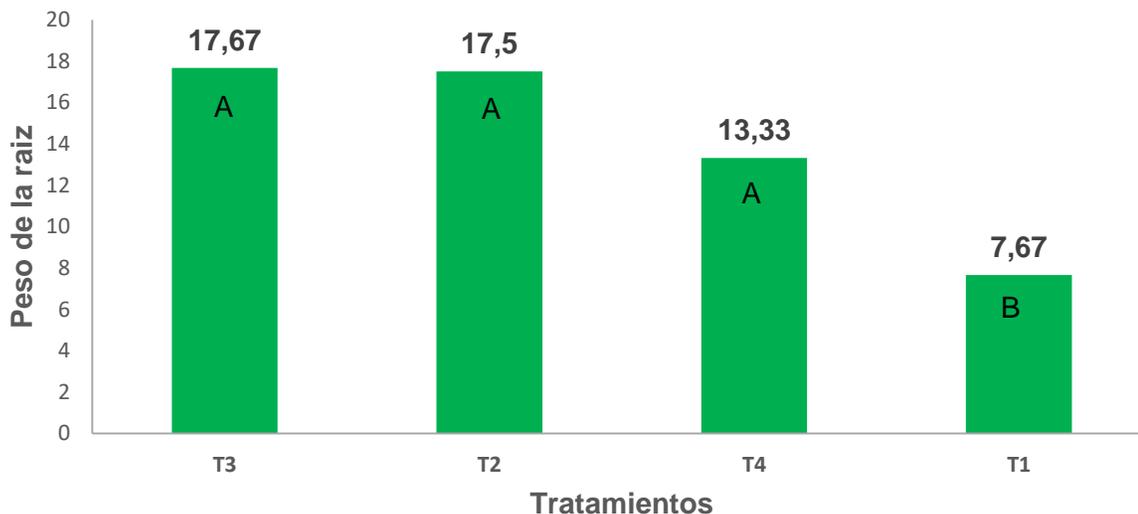


Figura 11. Prueba de medias de Duncan del peso de la raíz de los esquejes de pitahaya

En cuanto al peso de raíces el sustrato que más peso tuvo fue el T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol) con valor promedio de 17,67g, y el menor peso obtenido fue el T1 (por 100% de suelo) con un promedio de 7,67g pero realizando la comparación de los 4 sustratos si existe diferencias significativas los resultados muestran superiores a los reportados por, Tuanama (2021), en su variable peso de la raíz haciendo un uso de tres sustratos concluye que el sustrato que más peso ganó fue el A1 franco arenoso (75% arena de río + 25% tierra negra) con valor 1.20g.

También, Vélez y Zambrano (2022), indica que en su investigación obtuvo el mayor peso en promedio de la masa radicular de 1,12g.

Por lo tanto, estos resultados obtenidos por Tuanama y Vélez, Zambrano obtuvieron datos significativamente menores a comparación con nuestra investigación.

El sustrato que retiene adecuadamente la humedad, permite un buen intercambio de oxígeno y proporciona nutrientes esenciales que facilita un desarrollo radicular más rápido

y vigoroso. Por el contrario, sustratos pobres en retención de agua compactados o con mala aireación restringen el crecimiento de las raíces disminuyendo su peso final.

4.4.8. Porcentaje de mortalidad

Como se observa en la Figura 12, utilizando diferentes sustratos para cada tratamientos en la investigación se observó que el porcentaje de mortalidad en el T2 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% turba) y el T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) no presentaron esquejes muertos lo cual presenta un porcentaje de cero % a excepción del T1 (de 100% suelo del lugar) presento 12,50% de estacas muertas, posteriormente el T4 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% humus de lombriz) presento un 6% de esquejes muertas. Como se puede observar el T3 y T2 no presentaron esquejes muertas esto debido a que los sustratos a base de estiércol de bovino y turba puede atribuirse a la presencia de nutrientes esenciales como fósforo y nitrógeno en equilibrio. El estiércol aportó altos niveles de materia orgánica y fósforo, clave para la formación de raíces laterales, mientras que la turba ofreció una excelente retención de humedad y buena aireación, reduciendo el estrés hídrico y promoviendo un ambiente óptimo para el enraizamiento. Esta combinación reduce el porcentaje de mortalidad de los esquejes.

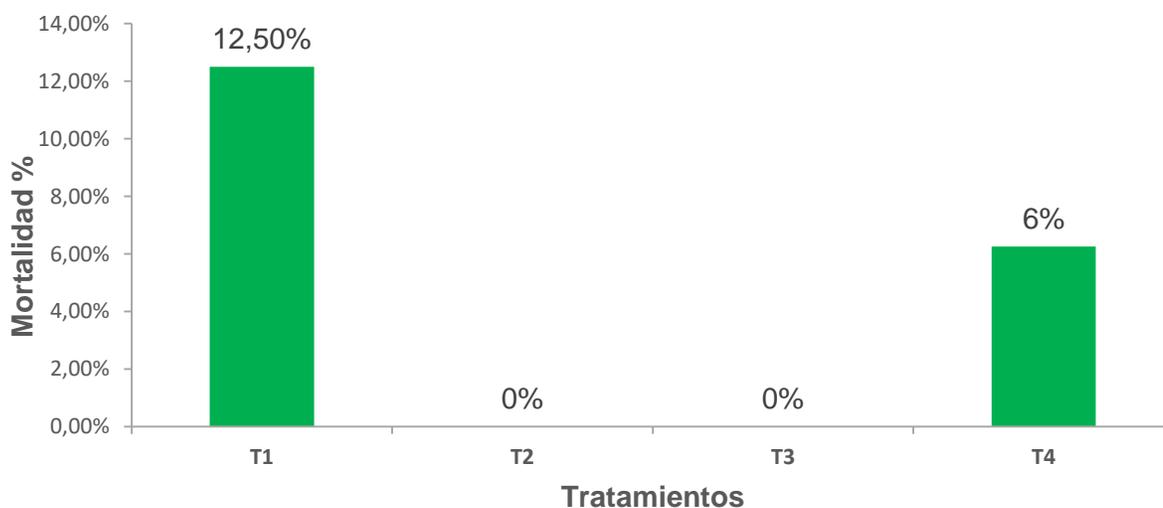


Figura 12. Porcentaje de mortalidad de los esquejes de pitahaya

A si mismo Ortiz y Carrillo (2012), concluye que la mezcla de sustrato Arena: 1, Turba: 1, humus es el más óptimo. Los resultados obtenidos por Ortiz y Carrillo evidencian que una

adecuada combinación de nutrientes y una correcta aireación en los sustratos proporcionan un ambiente óptimo para el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes, favoreciendo así la supervivencia y el crecimiento de los esquejes. De manera similar, en nuestra investigación, el sustrato compuesto por estiércol y turba mostró una respuesta positiva, reflejada en la reducción de la mortalidad de los esquejes. Esto sugiere que dicho sustrato posee una adecuada disponibilidad de elementos nutritivos necesarios para garantizar un crecimiento vigoroso, en comparación con los demás tratamientos evaluados.

4.4.9. Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio costo en el Cuadro 15 muestra detalladamente los costos por tratamiento en el cual el tratamiento 1 tuvo un costo de 225,70 Bs, tratamiento 2 con un costo de 243,01 Bs, el tratamiento 3 con un costo de 253,26 Bs y el tratamiento 4 con un costo de 377.62 Bs.

Cuadro 15. Costos de reproducción por tratamiento

Tratamientos	Costos (Bs)	Rendimiento (kg)	Rendimiento ajustado (kg)	Precio (Bs/kg)	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	B/C Bruto	B/C Neto
T1	225,70	7,68	7,30	20	145,92	-79,78	0,65	-0,35
T2	243,01	21,43	20,36	20	407,17	164,16	1,68	0,68
T3	253,26	22,96	21,81	20	436,24	182,99	1,72	0,72
T4	377,62	12,24	11,63	20	232,56	-145,06	0,62	-0,38

De acuerdo con los datos presentados en el Cuadro 15, se analiza la relación beneficio/costo (B/C) en los diferentes tratamientos. Se observa que el tratamiento T3, conformado por 50% de suelo, 25% de arena y 25% de estiércol de bovino, alcanzó un mayor índice de B/C de 1,72 Bs, lo que significa que, por cada boliviano invertido, se recupera la inversión y se obtiene una ganancia de 0,72 Bs. Asimismo el tratamiento T2, correspondiente al sustrato compuesto por 50% de suelo, 25% de arena y 25% de turba, obtuvo el índice de B/C con un valor de 1,68 Bs. Por lo que indica por cada boliviano invertido, se recupera la inversión inicial y se obtiene una ganancia de 0,68 Bs. En contraste, el tratamiento T4, conformado por sustrato de 50% de suelo, 25% de arena y 25% de humus

de lombriz, presentó un valor de B/C inferior, alcanzado 0,62 Bs. Esto indica que, por cada boliviano invertido se generó una pérdida de 0,38 Bs. En tratamiento T1 testigo presento un valor de 0,65 Bs e indicando por cada boliviano invertido se generó una pérdida de 0.35 Bs. Con base en estos resultados, se concluye que únicamente los tratamientos T3 y T2 son económicamente rentables, ya que presentan valores de B/C superiores a 1. Además, se destaca que estos tratamientos utilizan sustratos de fácil acceso, lo que los hace económicamente viables para su aplicación a mayor escala.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- En el efecto de diferentes sustratos en el prendimiento de los esquejes de pitahaya el sustrato que mayor efecto y superior a los de más sustratos fue el T3 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) teniendo un resultado de 100% de prendimiento, numero de brotes con un promedio de 4 brotes, altura de brotes con un 44,03 cm, peso de la raíz teniendo un promedio de 17,67g, en el volumen de la raíz teniendo un promedio de 16,92 ml y con T2 variable largo de la raíz dando un promedio de 22,89 cm, en el variable porcentaje de mortalidad el T2 y T3 no presentaron esquejes muertas.
- Teniendo los resultados de cuál de los sustratos fue el mejor y más adecuado para el enraizamiento de los esquejes de pitahaya fue el T3 (sustrato compuesto 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino) es el sustrato que ayudo a enraizar a los esquejes de pitahaya pero el T2 (sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% turba) no se quedó atrás porque a los esquejes de pitahaya ayudo a que tengan números y vigorosos brotes por lo tanto los sustratos más adecuados para el enraizamiento de los esquejes de pitahaya fueron los T3 y T2.
- La relación beneficio/costo obtenida mediante la aplicación de diferentes sustratos en la etapa de enraizamiento de esquejes de pitahaya permitió que el T3 conformado por 50% de suelo, 25% de arena y 25% de estiércol de bovino, alcanzó un mayor índice de B/C de 1,72 Bs, lo que significa que, por cada boliviano invertido, se recupera la inversión y se obtiene una ganancia de 0,72 Bs. Asimismo el tratamiento T2 correspondiente al sustrato compuesto por 50% de suelo, 25% de arena y 25% de turba, obtuvo el índice de B/C con un valor de 1,68 Bs. Por lo que indica por cada boliviano invertido, se recupera la inversión inicial y se obtiene una ganancia de 0,68 Bs. En contraste, el tratamiento T4 conformado por sustrato de 50% de suelo, 25% de arena y 25% de humus de lombriz, presentó un valor de B/C inferior, alcanzado 0,62 Bs. Esto indica que, por cada boliviano invertido se generó una pérdida de 0,38 Bs. En tratamiento T1 testigo presento un valor de 0,65 Bs e indicando por cada boliviano invertido se generó una pérdida de 0.35 Bs.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Por la experiencia adquirida se recomienda utilizar para el enraizamiento de los esquejes de pitahaya el sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% estiércol de bovino ya que presento mayor efectividad en el proceso de rizogénesis de los esquejes de pitahaya y también el sustrato compuesto por 50% de suelo + 25% arena + 25% turba por que presento mayor efectividad en el desarrollo de la raíz. También debido a su capacidad de retener humedad, permitir un buen drenaje, proporciona una aireación adecuada al sustrato y que con eso se garantiza una buena estrategia para el enraizamiento de los esquejes de pitahaya.
- Se recomienda utilizar el material orgánico de origen vegetal y/o animal porque el material orgánico en buen estado de descomposición aporta nutrientes mejora la estructura del sustrato permitiendo mejor aireación y retención de humedad y estos son favorecen al enraizamiento rápido y vigoroso incrementando la tasa de supervivencia y crecimiento inicial.
- Se recomienda realizar la investigación con otro tipo de sustratos sin la necesidad de de añadir fitohormonas enraizantes esto puede representar una alternativa más económica y sostenible, especialmente para pequeños productores que no tienen acceso a estos productos químicos.
- Por otro lado, también se recomienda a orientación adecuada de los esquejes porque asegura el flujo normal de savia (agua y nutrientes) dentro del tejido de la planta. Una mala colocación puede generar estrés fisiológico, dificultar el enraizamiento, retardar el crecimiento o incluso provocar la muerte del esqueje. Por ello, identificar correctamente la base y la punta del esqueje antes de plantarlo es esencial para garantiza un buen enraizamiento de los esquejes.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bellec, F.;Vaillant, F. y Imbert, E. 2006. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*. 64 (4): 237 - 250.
- Cardoso, P. 2020. Pitaya o fruta del dragón: propiedades y beneficios. *La Vanguardia*. Disponible en <https://www.lavanguardia.com/magazine/horoscopo/20250215/10346525/horoscopo-diario-prediccion-suerte-16-febrero-ctx.html>
- Carreira, M. 2022. Beneficios nutricionales de la pitahaya o fruta del dragón. Programa de cálculo nutricional CESNID. Disponible en <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/beneficios-nutricionales-pitahaya-fruta-dragon/#:~:text=divulgaci%C3%B3n%20sobre%20alimentaci%C3%B3n.-,Composici%C3%B3n%20nutricional,comestibles%2C%20contienen%20%C3%A1cidos%20grasos%20insaturados>
- Centurión, A.;Pereira, S.;Saucedo, C.;Báez, R. y Saur, E. 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. *División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Mérida*. 31(1): 1-5.
- Corres, D. 2006. Efecto del fertirriego en la propagación sexual y asexual de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) bajo cultivo sin suelo. Tesis Ing. Ciencias. Oaxaca de Juárez. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. 107 p. Consultado 21 abril 2024. Disponible en http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROAX/19/Corres%20Antonio%2c%20D..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dallos, M.;Tirado, A. y Gutiérrez, Y. 2010. *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel)Morán (Cactáceas). *Biotecnología aplicada al mejoramiento de los cultivos de frutas como tropicales*. 109-129. Consultado 21 abril 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/257765612_Pitahaya_Selenicereus_megalanthus_K_Schum_ex_Vaupel
- Díaz, B. 2015. Biología y manejo postcosecha de Pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus* spp., y *Selenicereus* spp). *La Calera*. 5(6): 44-49. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/2266/1/ppj10d542.pdf>
- Enriquez, L. y Soto, R. 2017. Evaluación de la Producción y Composición Química de Humus de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foétida*) con el Contenido Ruminal en el Camal Municipal de Huancavelica. Tesis Ing. Zotec. Universidad Nacional de Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica. 51 p. Disponible en <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fe670cbe-00c2-41c1-bd4c-ca6b36dc7fb8/content>

- Gomez, E. 2023. Dosis de root-hor, tamaño de esquejes y sustratos en la propagación vegetativa de pitahaya (*Hylocereus spp.*) variedad physical graffiti en condiciones controladas de la irrigación majes. Tesis Ing. Agr. Arequipa - Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 80 p. Consultado 20 abril 2024. Disponible en <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/87baa3e8-f481-461b-b1a2-a95cfc4f5fc8/content>
- Gómez, I.;Fernández, L.;Olivera, Y. y Arias, R. 2007. Efecto del estiércol vacuno en el establecimiento y la producción de semillas de *Teramnus labialis* Pastos y forrajes. 30(2): 2013-2019. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6422/T18925%20GOMEZ%20%20PEREZ%2C%20LUCINA%20%2061987.pdf?sequence=1>
- Gonzales, E. y Alvarado, R. 2004. Utilización de caracteres cuantitativos y cualitativos determinantes en la variación fenotípica de pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt & Rosse), que permiten proponer una guía de descriptores. Tesis Ing. Agr. Managua - Nicaragua. Universidad nacional agraria facultad de agronomía 83 p.
- Gonzalez, J. y Mendieta, E. 2010. Efecto de diferentes dosis de compost en la época seca sobre el rendimiento y rentabilidad del nopal, Diriamba, Carazo, 2009. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía 25 p.
- Google Earth y Geografía. 2024. Centro Experimental de Kallutaca. Consultado 7 abril 2024.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1997. Propagación de Plantas; Principios y Prácticas. 6ta preimpresion ed. México, Compañía editorial Continental S. A. México. 758 p.
- Hartmann, H.;Kester, D.;Davies, J. y Geneve, R. 2011. Plant Propagation: Principles and Practices
- Hernandez, D. y Sánchez, G. 2012. Caracterización y variedades de pitahaya (*Hylocereus spp.*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 31325-1337.
- Hunt, D. 2003. A new classification of the tribe Cacteeae. 21 33-42.
- InfoAgro. 2021. El cultivo de pitahaya. Madrid – España., Especialidades en nutrición vegetal. Disponible en https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_pitahaya.asp
- INIAF. 2021. Diagnóstico preliminar sobre el cultivo de pitahaya en Bolivia Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.

- INTAGRI. 2021. Fertilización en el Cultivo de Pitahaya. Serie Nutrición Vegetal. (149): 3. Disponible en file:///C:/Users/WINDOWS/Downloads/150.%20Fertilizacion%20del%20Cultivo%20de%20Pitahaya.pdf
- Jason, C. 2005. Manual del cultivo de la pitahaya. Guatemala, Mision de Taiwan-Maga-Icta. en línea. Disponible en file:///C:/Users/WINDOWS/Desktop/Manual%20del%20cultivo%20de%20la%20Pitahaya.pdf
- Jordán, D.; Vásconez, J.; Veliz, C. y Gonzalez, V. 2009. Producción y Exportación de la Fruta Pitahaya hacia el mercado Europeo. Campus. (2): 8. Disponible en file:///C:/Users/WINDOWS/Downloads/Produccion_Y_Exportacion_De_La_Fruta_Pitahaya_Haci.pdf
- Leyton, R. 2000. Relación Beneficio Costo (B/C): ejemplo en excel. Consultado 18 de Mayo 2025. Disponible en <https://www.gestiopolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/>
- Mongalo, Y. y Lopez, O. 1996. Evaluacion de Sustratos para la Reproduccion de Pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt et Rose) en Condiciones de Vivero. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 21 p.
- Montoya, R. y Umazor, 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 Ing. Agr. Managua Nicaragua. Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía Departamento de Produccion Vegetal. 36 p.
- Mora, D. 2011. El cultivo de pitahaya. Bogota-Colombia, Linea Agricola. 23 p.
- Mordor, I. 2024. Tamaño del mercado de fruta del dragón y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029) Mordor Intelligence (1): Consultado 8 Mar. 2025. Disponible en <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/dragon-fruit-market>
- Ochoa, R. 2016. Diseños Experimentales. Segunda Edicion ed. La paz- Bolivia, 364 p.
- Ortiz, Y. y Carrillo, J. 2012. Pitahaya (*Hylocereus* spp.). Instituto Politécnico Nacional, Santa Cruz. 3(4): 220-237.
- Paco, S. 2024. Evaluación de métodos de propagación por esqueje a diferentes cortes en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus spp*) en el Municipio entre ríos, Provincia o'Conor, Tarija. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingenieria Agronómica. 68 p.

- Publiagro. 2023. Botánica Urbana cultiva pitahaya en la zona de Cotoca y busca expandir su producción con la elaboración de zumos. La pitahaya se ha convertido en una producción alternativa Disponible en <https://publiagro.com.bo/2023/05/la-pitahaya-se-ha-convertido-en-una-produccion-alternativa/#:~:text=La%20pitahaya%20o%20fruta%20de,plantas%20de%20pitahaya%20Max%20Toranzos>
- Robles, A. 2023. Efectos de sustratos en propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) variedad roja - Illanya - Abancay – 2021. Tesis Ing. Agr. Abancay - Apurímac – Perú. Universidad Tecnológica de los Andes Facultad de Ingeniería. 89 p.
- Rodríguez, L.; Ríos, L. y Gómez, A. 2020. Evaluación de la productividad y calidad del fruto de pitahaya en sistemas agroecológicos. Colombiana de Ciencias Hortícolas. 44.
- Ruths, R.; Tomas, T.; Tomazi, Y. y Siqueira, J. 2019. Influencia de la temperatura y la luz en la germinación de las semillas de las especies *Selenicereus setaseus*, *Hylocereus undatus* y *Hylocereus polyrhizus*. Revista de Ciências Agroveterinárias. 18(2): 194-200. Consultado 21 abril 2024. Disponible en <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/10891/pdf>
- Serrano, G. 2013. Dinámica del Agua E en Suka Kollus Bajo Condiciones de Drenaje Superficial y Subsuperficial, en la Estación Experimental de Kallutaca - Laja. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. 112 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5300/TM-1958.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Téllez, J. 2016. Análisis del sistema de producción de pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt and Rose) e identificación de riesgos potenciales a la calidad e inocuidad de fruto para exportación, La Concepción, Masaya. Tesis Maestría en Sanidad Vegetal. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía. 112 p.
- Torres, E. 2015. Propagación Asexual de Pitahaya (*Hylocereus undatus*) Mediante Estacas Empleando Enraizadores ANA y AIB en el Cantón Puerto Quito. Tesis Ing. Agropecuario. Quevedo - Los Rios - Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 61 p. Consultado 27 Ene. 2025. Disponible en <https://repositorio.uteg.edu.ec/server/api/core/bitstreams/52ea6552-8f01-4bc4-bf05-8797bca2a35a/content>
- 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 Ing. Agr. Tarapoto – Perú. Universidad Nacional de San Martín. 58 p.
- Vargas, A. y López, N. 2020. Guía técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas. 1 ed. Lima- Perú, 38 p. en línea. Consultado 19 feb. 2025. Disponible en <https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/Pitahaya.pdf>

Vélez, L. y Zambrano, G. 2022. Propagación Asexual en Pitahaya Roja (*Hylocereus undatus*) y Amarilla (*Selenicereus megalanthu*) en el Valle del Rio Carrizal. Tesis Ing. Agr. . Calceta. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. 48 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto para la producción de los esquejes de pitahaya

CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD	COST/UNIT Bs.	T1	T2	T3	T4
1	INSUMOS				174,40	191,71	201,96	326,32
	1. Esquejes de Pitahaya	Unidad	32	5,00	160,00	160,00	160,00	160,00
	2. Bolsas de polietileno	unidad	32	0,45	14,40	14,40	14,40	14,40
	3. Suelo	kg	0	0,00	0,00	0	0	0
	3. Turba	kg	0	0,00	0,00	17,31	0	0
	4. Estiercol de bovino	kg	0	0,00	0,00	0	27,56	0
	5. Humus de Lombriz	kg	0	0,00	0,00	0	0	151,92
2	PREPARACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACION				11,30	11,30	11,30	11,30
	1. Nivelacion del suelo	Hr.	0,16	10,00	1,60	1,60	1,60	1,60
	2. Preparacion del sustrato	Hr.	0,3	10,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	3. Llenado de los sustratos en bolsas de repique	Hr.	0,67	10,00	6,70	6,70	6,70	6,70
5	TRASPLANTE				10,00	10,00	10,00	10,00
	1. Trasplante de los esquejes	Hr.	1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
6	LABORES CULTURALES				17,50	17,50	17,50	17,50
	1. Riego (cada 7 días)	Hr.	1,25	10,00	12,50	12,50	12,50	12,50
	5. Toma de datos del experimento	Hr.	0,5	10,00	5,00	5,00	5,00	5,00
9	COMERCIALIZACION MERCADO				2,50	2,50	2,50	2,50
	1. Transporte (Invernadero - mercado)	un	1	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
TOTAL COSTO DIRECTO					215,70	233,01	243,26	367,62
	2. Alquiler terreno	Ciclo	1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					10,00	10,00	10,00	10,00
TOTAL C.D.+C.I.					225,70	243,01	253,26	377,62

Anexo 2. Análisis químico del suelo del lugar del experimento



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



RES: FAC.AGRO.LAB. N°162

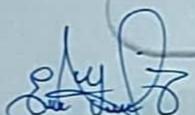
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO:
ANALISTA DE LAB.:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO:
PROCEDENCIA:

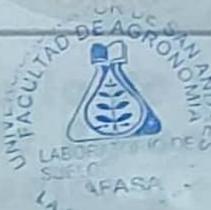
MOISES BRAYNER PALMA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAF 162_23
 26/09/2023
MOISES BRAYNER PALMA
 Departamento La Paz
 Municipio LAJA-KALLUTACA
 Provincia Los Andes
 Coordenadas X: -16,5167; Y-683167

PARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arcna	%	21	Bouyoucos
	Limo	%	45	
	Arcilla	%	34	
	Clase Textural	-	Franco arcilloso	
Densidad Aparente		g/cm ³	1.053	Probeta
Porosidad		%	55	(Probeta; Picnómetro)
pH en H₂O relación 1:25		-	8.22	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:25		mmhos/cm	4.35	Potenciometría
Potasio intercambiable		meq/100g S.	2.774	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total		%	0.48	Kjendahl
Materia orgánica		%	7.70	Walkley y Black
Fósforo disponible		ppm	88.40	Espectrofotometría UV-Visible

* El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes
 * En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
 * Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio



Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS





Ing. Roberto Miranda C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com
 Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 3. Análisis de turba

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO8/25 Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO EN MUESTRA ORGÁNICA MO 8/25

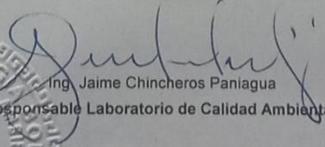
Solicitante:	Silvia Flora Quispe Gutierrez
Cliente:	UPEA
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Zongo
	Departamento: La Paz
	Zongo
Punto de muestreo:	Silvia Flora Quispe Gutierrez
Responsable del muestreo:	05 de junio de 2025
Fecha de muestreo:	09:15
Hora de muestreo:	05 de junio de 2025
Fecha de recepción de la muestra:	Del 05 al 24 de junio, 2025
Fecha de ejecución del ensayo:	Turba preparada
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	8- 1
Código LCA:	Turba preparada
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Turba preparada 8- 1
Fósforo total	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	964
Materia Organica	Calcinacion	%	5,0	79
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	2,1
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	557

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA. La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 26 de junio de 2025



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c. Arch
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf/Fax: 2772522
La Paz - Bolivia

Anexo 4. Análisis del estiércol de bovino



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



RES: FAC.AGRO.LAB. MO-06

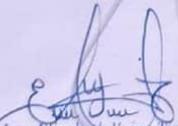
ANÁLISIS QUÍMICO MUESTRA ORGANICA

INTERESADO:
RESPONSABLE DE ANALISIS:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO:
PROCEDENCIA:

MOISES BRAYNER PALMA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAF MO-06
 02/10/2023
 MOISES BRAYNER PALMA
 Departamento La Paz
 Municipio Laja
 Provincia Los Andes
 Comunidad Kallutaca

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH en H2O relación 1:5	-	6.86	Potenciometria
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmhos/cm	2.26	Potenciometria
Potasio	%	0.054	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total	%	1.78	Kjendahl
Materia orgánica	%	73,8	Walkley y Black
Carbono Orgánico	%	41	Walkley y Black
Fósforo total	%	1.511	Espectrofotometria UV-Visible

* El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes
 * En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
 * Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio



Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS, AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA



Ing. Roberto Miranda C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
Telf. IIAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • **E-mail:** lafasa.suelos@gmail.com
Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 5. Análisis de humus de lombriz

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 16/23

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO EN HUMUS DE LOMBRIZ MO 16/23

Solicitante:	Wilson Choque Condori- Royvin Arenas Apuri
Entidad:	UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
Dirección del cliente:	Z/Villa Ingenio, C/6 de Junio
Procedencia de la muestra:	Kalluitaca
	Departamento: La Paz
	Kalamarca
Punto de muestreo:	Wilson Choque Condori- Royvin Arenas Apuri
Responsable del muestreo:	
Fecha de muestreo:	13 de septiembre de 2023
Hora de muestreo:	07:00
Fecha de recepción de la muestra:	20 de septiembre, 2023
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 20 de septiembre 4 de octubre, 2023
Caracterización de la muestra:	Humus de Lombriz
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	16- 1
Código original :	H. Lombriz

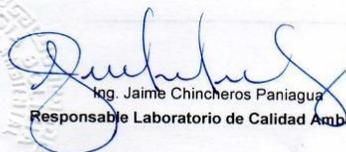
Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	H. Lombriz 16- 1
pH acuoso	ISRIC 4		1 - 4	7,6
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	1,0	3000
Fósforo total	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	4951
Materia organica	Calcinacion	%	5,0	37
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	1,3
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	5722

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 10 de octubre de 2023




Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c.: Arch
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf/Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Anexo 6. Preparación y nivelación del área para la investigación



Anexo 7. Solarización de los sustratos



Anexo 8. Preparación del sustrato



Anexo 9. Llenado de los sustratos



Anexo 10. Adquisición de los esquejes de pitahaya

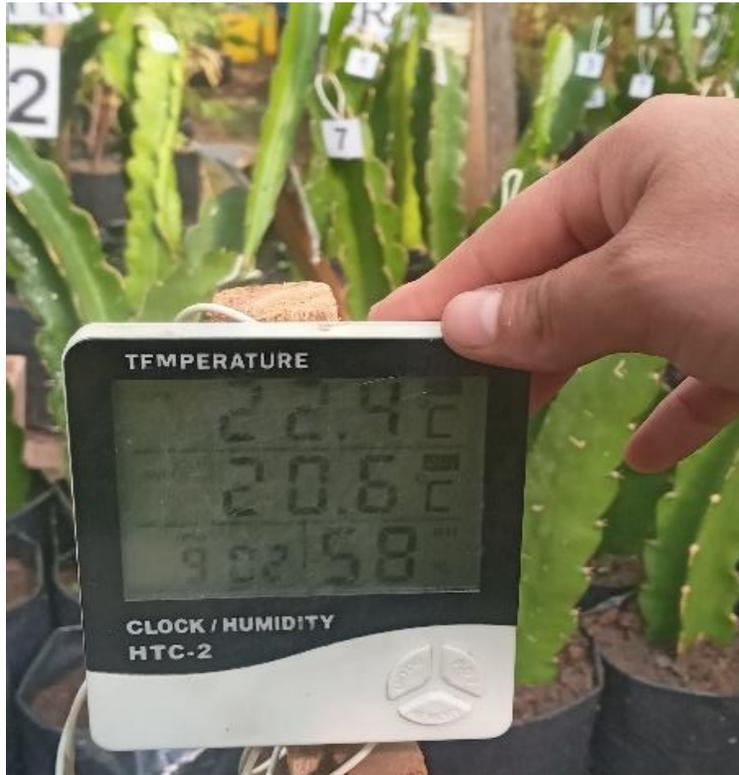


Anexo 11. Trasplante de los esquejes de pitahaya



Anexo 12. Riego a los esquejes de pitahaya**Anexo 13. Deshierbe**

Anexo 14. Monitoreo de temperatura máxima y mínima



Anexo 15. Porcentaje de prendimiento



Anexo 16. Conteo de numero de brotes



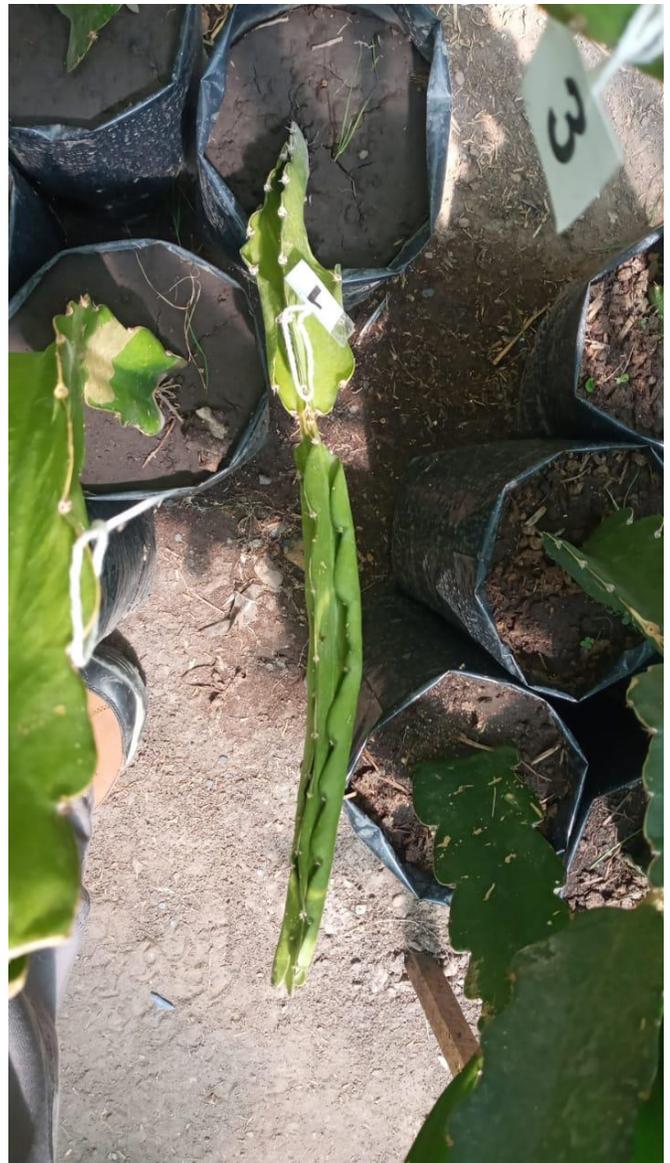
Anexo 17. Altura de brotes



Anexo 18. Diámetro del brote**Anexo 19. Longitud de la raíz**

Anexo 20. Volumen de la raíz**Anexo 21. Peso de la raíz**

Anexo 22. Porcentaje de mortalidad



Anexo 23. Final de la investigación

