

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA

TESIS PARA OBTENER

EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

**EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS
EN LA ACLIMATACIÓN DE PLANTAS OBTENIDAS *IN***

***VITRO* DE PITAHAYA AMARILLA *Selenicereus*
megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Moran.**

Autor: Bach. Roiber Francisco Malqui Ramos.

Asesora: Ligia Magali García Rosero, PhD.

Registro (...)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado salud y fuerza de voluntad para lograr mis objetivos y por haber puesto en mi camino a buenas personas lo cual me ayudaron de manera incondicional durante todo el periodo de mis estudios.

A mis hermanos, Pedro, Vicente, Miriam, Jerly, Jesenia y Jeydi por brindarme el apoyo incondicional durante todo el tiempo de estudios, a través de consejos en los momentos difíciles, dándome ánimos para seguir adelante, gracias a ustedes he superado muchos obstáculos, y he logrado cumplir una de mis metas.

A mi asesora, Ligia Magali García Rosero, PhD. por haberme brindado su tiempo y dedicación de una manera incondicional.

A mis profesores y compañeros de estudios, quienes me acompañaron durante toda mi etapa universitaria, demostrándome una amistad verdadera durante este tiempo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haber derramado su gracia y amor sobre mi vida y permitirme culminar mis estudios universitarios al iluminar mi camino mediante sabiduría, conocimiento y salud para cumplir uno de mis sueños orientando mis pasos por el sendero del éxito.

A todos mis hermanos y familiares cercanos, por el apoyo incondicional y por la paciencia, los consejos, sacrificio y amor para cumplir una meta más.

A mi asesora, Ligia Magali García Rosero, PhD. por su orientación y asesoramiento en mi trabajo de investigación que de una u otra manera hizo posible la realización de este trabajo de investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

RECTOR

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. Flor Teresa García Huamán

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER, MAESTRO O DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada "EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA ACLIMATACIÓN DE PLANTAS OBTENIDAS IN VITRO DE PITAHAYA AMARILLA *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran." del egresado Roiber Francisco Malqui Ramos, de la facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma, de esta casa superior de estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la situación.


Chachapoyas, 05 de Abril del 2021



Ligia Magali García Rosero, PhD.

Firma y nombre completo del Asesor

JURADO EVALUADOR



.....
Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

PRESIDENTE



.....
Ing. Mg. Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar

SECRETARIO



.....
Ing, Mg, Sc. Elí Pariente Mondragón

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



UNTRM

RELAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER, MAESTRO O Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos miembros del jurado evaluador de la tesis titulada: "EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA ACLIMATACIÓN DE PLANTAS OBTENIDAS IN VITRO DE PITAHAYA AMARILLA *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran." Presentada por el estudiante ()/egresado (X) Roiber Francisco Malouí Ramos, de la escuela profesional de Ingeniería Agrónoma, con correo electrónico institucional 7706083842@untrm.edu.

Después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada tesis, acordamos:

- La citada tesis tiene 18% de similitud según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada tesis tiene -----% de similitud según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su tesis para corregir la redacción de acuerdo al informe Turnitin que se adjunta a la presente debe presentar al presidente del jurado evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el Software Turnitin.



Chachapoyas 05 de Abril del 2021


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES.....

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL



Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 3-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 15 de enero del año 2021, siendo las 15:00 horas, el aspirante ROIBER MALQUIRAMOS defiende en sesión pública la tesis titulada: "EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA ACLIMATACIÓN DE PLANTAS OBTENIDAS IN VITRO DE PITAHAYA AMARILLA *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran.", para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el jurado evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. Guillermo Idego Vásquez
Secretario: Ing. Mg. SC. Walter Daniel Sánchez Aguilar
Vocal: Ing. Mg. SC. Eli Pariente Mondragón

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado Evaluador determinó la calificación concedida de la Tesis para obtener el Título Profesional en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación, se levanta la sesión.

Siendo las 16:15 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.



SECRETARIO



VOCAL



PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

INDICE O CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	v
JURADO EVALUADOR DE TESIS.....	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	vii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL.....	viii
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
2.1. Área de estudio.....	17
2.2. Población, muestra y muestreo.....	17
2.2.1. Población.....	17
2.2.2. Muestra.....	17
2.2.3. Muestreo.....	18
2.3. Diseño experimental.....	18
2.4. Características de la unidad experimental DCA.....	19

2.5. Características de la unidad experimental.....	20
2.6. Distribución de los tratamientos.....	20
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
2.8. Metodología	21
2.8.1. Primera fase: Selección del material genético.....	21
2.8.2. Segunda fase: Pre-aclimatación en condiciones de cámara húmeda.....	21
2.8.3. Tercera fase: Aclimatación en condiciones de invernadero.	24
2.9. Variables evaluadas.....	27
2.9.1. Porcentaje de sobrevivencia.	27
2.9.2. Número de brotes.	27
2.9.3. Altura de planta.	28
2.9.4. Longitud de raíces.	28
2.9.5. Peso de raíces.	28
III. RESULTADOS.....	29
3.1 Porcentaje de sobrevivencia.....	29
3.2. Número de brotes.....	30
3.3. Altura de planta (cm).	31
3.4. Longitud de raíz (cm).....	32
3.5. Peso de raíz (gr).	33
IV. DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	41
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos aplicados a plantas de pitahaya amarilla obtenidas <i>in vitro</i>	19
Tabla 2. Diseño experimental.	20
Tabla 3. Cuadro de Análisis de la Varianza.....	29
Tabla 4. Cuadro de Análisis de la Varianza.....	30
Tabla 5. Cuadro de Análisis de la Varianza.....	31
Tabla 6. Cuadro de Análisis de la Varianza.....	32
Tabla 7. Cuadro de Análisis de la Varianza.....	33
Tabla 8. Coeficiente de variación para el porcentaje de sobrevivencia.....	47
Tabla 9. Test de Duncan para el porcentaje de sobrevivencia.....	47
Tabla 10. Coeficiente de variación para el número de brotes.....	48
Tabla 11. Coeficiente de variación para altura de planta (cm).....	48
Tabla 12. Test de Duncan para altura de planta (cm).....	48
Tabla 13. Test de Duncan para altura de planta (cm).....	48
Tabla 14. Coeficiente de variación para longitud de raíz (cm).....	48
Tabla 15. Test de Duncan para longitud de raíz (cm).....	49
Tabla 16. Coeficiente de variación para el peso de la raíz (gr).....	49
Tabla 17. Test de Duncan para longitud de raíz (gr).....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	17
Figura 2. Distribución de los tratamientos	20
Figura 3. Secciones de cladodio utilizados en la pre-aclimatación. A) planta entera. B) seccion basal. C) seccion central. D) seccion apical.....	22
Figura 4. Establecimiento de las plántulas en la cámara húmeda en el proceso de pre-aclimatación.	24
Figura 5. Invernadero para el procesamiento de la aclimatación de plantas obtenidas in vitro de <i>S. megalanthus</i>	24
Figura 6. Mezclas de diferentes sustratos orgánicos: A) Compost + arena. B) Compost + tierra de bosque. C) Arena + tierra de bosque. D) Compost. E) Arena. F) Tierra de bosque.....	26
Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia de cada tratamiento.....	30
Figura 8. Número de brotes de cada tratamiento	31
Figura 9. Altura de planta de cada tratamiento.....	32
Figura 10. Longitud de raíz de cada tratamiento.....	33
Figura 11. Peso de raíz de cada tratamiento	34

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló bajo las condiciones del invernadero de climatología de la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, el cual tuvo como objetivo Evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en la aclimatación de plantas obtenidas *in vitro* del cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Para la realización de la investigación se utilizó como material; plántulas de pitahaya amarilla obtenidas *in vitro* producidas en laboratorio de “Fisiología y biotecnología vegetal” (FISIOVEG) y diferentes mezclas de sustratos orgánicos (Compost 50% + arena 50%, Compost 50% + tierra de bosque 50%, Arena 50% + tierra de bosque 50%, Compost 100%, Arena 100% y Tierra de bosque 100%). Además se realizó un diseño experimental completamente al azar con 06 tratamientos y 03 observaciones. Así mismo se realizó el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de Duncan ($P \leq 0.01$). Y como resultado final se obtuvo que; en la variable porcentaje de sobrevivencia no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo para las variables; número de brotes, altura de planta, longitud de raíz y peso de raíz si existen diferencias estadísticas significativas. Siendo las mezclas de Compost 50% + tierra de bosque 50%, y Tierra de bosque 100% que mostraron los mayores resultados en las variables antes mencionadas. En conclusión los sustratos orgánicos influyeron de manera positiva en la aclimatación de plantas obtenidas *in vitro* de pitahaya amarilla.

Palabras clave: climatología, *in vitro* y sustratos.

ABSTRACT

The research work was developed under the conditions of the climatology greenhouse of the National University Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, which aimed to evaluate the effect of different organic substrates in the acclimatization of plants obtained in vitro from the cultivation of yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). To carry out the research, it was used as material; yellow pitahaya seedlings obtained in vitro produced in the laboratory of "Plant Physiology and Biotechnology" (FISIOVEG) and different mixtures of organic substrates (Compost 50% + sand 50%, Compost 50% + forest soil 50%, Sand 50% + soil 50% Forest, 100% Compost, 100% Sand and 100% Forest Land). In addition, a completely randomized experimental design with 06 treatments and 03 observations was carried out. Likewise, the analysis of variance ($p \leq 0.05$) and Duncan's test ($P \leq 0.01$) were performed. And as a final result it was obtained that; in the survival percentage variable, there are no significant statistical differences, however for the variables; number of shoots, plant height, root length and root weight if there are statistically significant differences. Being the mixtures of Compost 50% + 50% forest land, and 100% forest land that showed the highest results in the aforementioned variables. In conclusion, organic substrates positively influenced the acclimatization of plants obtained in vitro from yellow pitahaya.

Keywords: climatology, in vitro and substrates.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran (pitahaya amarilla), pertenece a la familia de las cactáceas y suele crecer en zonas tropicales. La fruta posee una envoltura de color amarillo con aguijones y en su interior contiene una gacha blanca con semillas pequeñas de color negro (Rodríguez *et al.*, 2005). El apreciado fruto tiene una alta demanda en los mercados internos, nacionales e internacionales, gracias al gran potencial productivo y gran valor nutritivo. Los principales países productores a nivel global son; Israel, México y Nicaragua. Y en América del sur también sobresalen los países productores como: Colombia, Ecuador y Perú (Torres, 2015).

El cultivo de *S. megalanthus*, es oriunda de las regiones cálidas de América, (Esquivel, 2004). Sin embargo (Montesinos *et al.*, 2015) menciona que *S. megalanthus* es originaria de México. A pesar de que la determinada fruta no es originaria del Perú crece en la selva peruana ya que cuenta con condiciones edafoclimáticas favorables para su crecimiento, desarrollo y producción, en el Perú la producción se viene incrementando, gracias a las excelentes propiedades nutricionales para la salud, que ayuda a mejorar el estilo de vida de los productores que apuestan por este cultivo. Las principales regiones productoras son: Ica, Piura, Lima, Ancash, Lambayeque y Amazonas (Red Social de Agricultura y Agronegocios, 2005).

La pitahaya producida por los agricultores de la región Amazonas es reconocida y apreciada en el exterior ya que se consume a través de ensaladas y se usa en decoraciones (Sánchez, 2017). Actualmente Amazonas produce 30 toneladas anuales de pitahaya por hectárea. Con su aspecto atractivo y sabor delicado, este singular cultivo va dejando de ser una indagación para convertirse en una fuente felidigna de sustento para muchos productores (Ramos, 2016).

La pitahaya se multiplica a través de esquejes, método que es inútil, debido a que las plantas son suspicaces a diversos estreses bióticos (plagas y enfermedades) por abundancia de humedad (Hua *et al.*, 2015). Por otra parte, la planta de pitahaya obtenida de semilla botánica, muestra un periodo de producción muy lento, dicha fase supera los cuatro años (Suarez, 2011). Ambos problemas antes mencionados, están asociados a la calidad y origen del material de siembra (falta de un paquete tecnológico) (Sánchez, 2017).

Ante ello, es importante realizar técnicas de biotecnología vegetal que garanticen y satisfagan la demanda de material vegetal, las mismas que pueden ser integradas a los esquemas de protección de los recursos filogenéticos, así como son las técnicas vinculadas con el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales (Iriondo, 2001). Dicha técnica ofrece ventajas como: sanidad vegetal (plantas sanas), homogeneidad genética (líneas clonales) y vigorización (Caamal, 2014).

La técnica *in vitro*, consta de cinco fases (obtención del material vegetal, establecimiento *in vitro*, multiplicación *in vitro*, enraizamiento y aclimatización) donde cada una de ellas es importante para asegurar plantas vigorosas en el campo definitivo (Montiel *et al.*, 2016).

Sin embargo la aclimatación considerada como el estado transitorio entre el laboratorio y el campo definitivo de siembra, cuyo objetivo es llevar las plántulas desde un cultivo *in vitro* a condiciones naturales del ambiente (Sánchez, 2012). Es considerada como la fase crítica de la propagación *in vitro*, en lo cual se presentan situaciones complejas, donde ocurren las exageradas pérdidas de plantas, debido a que las plantas no pueden soportar el cambio brusco de las condiciones del ambiente (Sandoval, 1991). Durante esta fase, las plántulas padecen un estrés a causa del cambio de las condiciones ambientales, es por ello que la transferencia debe realizarse de manera progresiva (Sotolongo, 2000).

Para tener éxito en la aclimatación existen factores indispensables como; mantener la humedad relativa, mantener una óptima temperatura, control fitosanitario eficiente y el más importante es el tipo de sustrato utilizado (Gil *et al.*, 2017). Mediante el cual la plántula desarrollará sus raíces y eventualmente crecerá, florecerá y se reproducirá, el sustrato debe ser improductivo y bien drenando, lo cual permita que el sistema radicular se desarrolle con mayor rapidez (Olivera *et al.*, 2000).

Por lo tanto se hace pertinente el presente estudio que tiene como objetivos: Evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en la aclimatación de plantas obtenidas *in vitro*, determinar el tratamiento con la mayor respuesta la sobrevivencia, evaluar la altura de planta, evaluar el número de brotes, evaluar el peso y longitud de la raíz de plántulas obtenidas *in vitro* del cultivo de pitahaya amarilla (*S. megalanthus*).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La investigación se efectuó en la Región de Amazonas, provincia de Chachapoyas, en el área del invernadero de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, lo cual se localiza a una altitud de 2350 m.s.n.m

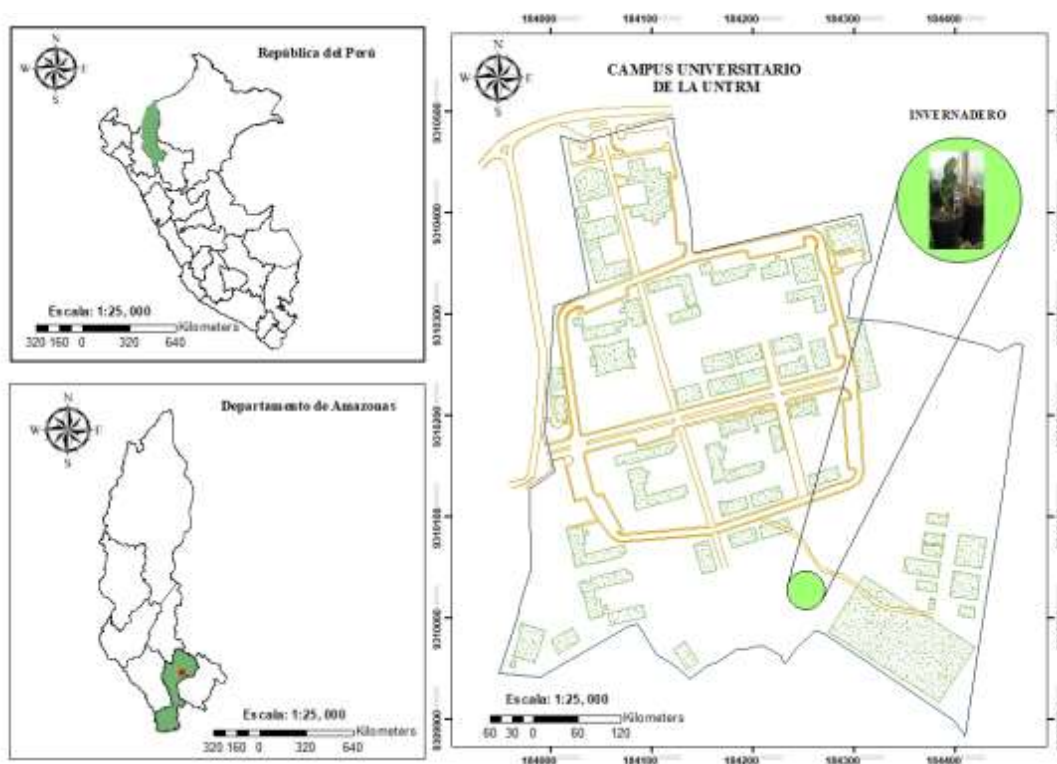


Figura 1. Localización del área de estudio.

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

La población de investigación estuvo integrada por 108 plantas de pitahaya amarilla obtenidas *in vitro*, distribuidas en 6 tratamientos y tres repeticiones de cada uno. Las cuales fueron instaladas en condiciones de invernadero en el campo de la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

2.2.2. Muestra

La muestra estuvo integrada por 09 plantas de cada tratamiento, obteniendo un total de 54 plantas que fueron evaluadas en dicho experimento.

2.2.3. Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico por selección del investigador.

2.3. Diseño experimental

En el desarrollo de la investigación se empleó el diseño experimental completamente al azar (DCA), lo cual estuvo conformado por 6 tratamientos, cada tratamiento con 3 observaciones, dando un total de 18 unidades experimentales (plantas). Las unidades experimentales estuvieron constituidas por 6 plantas, dando un total de 108 plantas que se trabajaron en esta investigación. Los datos obtenidos en las unidades experimentales fueron desarrollados en el software SPSS Statistics *versión* 19, y sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) al 5 % de significancia mediante la prueba de Duncan ($\alpha \leq 5\%$). La contrastación de hipótesis se realizó a través del análisis y procesamiento de datos recolectados durante todo el proceso de investigación.

2.4. Características de la unidad experimental DCA.

Tabla 1. Tratamientos aplicados a plantas de pitahaya amarilla obtenidas *in vitro*.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	DETALLE	N° OBSERVACIONES
T1	50% + 50%	Compost + Arena	01, 02, 03
T2	50% + 50%	Compost + T. de bosque	01, 02, 03
T3	50% + 50%	Arena + Tierra de bosque	01, 02, 03
T4	100%	Compost	01, 02, 03
T5	100%	Arena	01, 02, 03
T6	100%	Tierra de bosque	01, 02, 03

2.5. Características de la unidad experimental.

Tabla 2. Diseño experimental.

Diseño experimental	Diseño Completamente al Azar (DCA)
N° de tratamientos	6
N° de observaciones	3
N° total de observaciones por tratamiento	18
N° total de unidades experimentales	108

2.6. Distribución de los tratamientos.

TRATAMIENTO	REPETICIÓN		
T1	R1	R2	R3
T2	R2	R3	R1
T3	R3	R1	R2
T4	R2	R3	R1
T5	R1	R2	R3
T6	R3	R1	R2

Figura 2. Distribución de los tratamientos

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El método que se empleó para la recolección de datos fue a través de mediciones cualitativas y cuantitativas donde se utilizó un formato de evaluaciones correspondientes para cada variable.

2.8. Metodología

La ejecución del proyecto ha comprendido tres fases; selección del material genético producido *in vitro* de tejidos vegetales desarrollados en el centro de experimentación de Fisiología y Biotecnología Vegetal (FISIOBVEG), pre-aclimatación en condiciones de una cámara húmeda y la aclimatación en condiciones de invernadero de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

2.8.1. Primera fase: Selección del material genético.

2.8.1.1. Material genético.

El material genético evaluado fue pitahaya de la variedad amarilla (*S. megalanthus*), producida a través de la propagación *in vitro* en el centro de investigación de “Fisiología y biotecnología vegetal” (FISIOVEG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

El material genético fue producido en una magenta que contenía un medio de cultivo compuesto por Murashigue y Skoog (MS) al 100% + 2 g/L de carbón activado + 20 ml de aguas de coco + agar y sacarosa; en un ambiente climatizado de crecimiento artificial con una temperatura de 24°C, 2000 lux y un fotoperiodo de 16 luz/ocho oscuridad, en un periodo de 60 días (Mállap, 2020).

2.8.1.2. Selección del material genético.

Se seleccionaron las magentas que contenían plantas producidas *in vitro* con las mejores características agronómicas; tamaño de 2.5 a 4.5 cm, 1 brote/planta y con un promedio de 3 raíces/planta, lo cual fueron trasladadas a una cámara húmeda para iniciar con el proceso de pre-aclimatación.

2.8.2. Segunda fase: Pre-aclimatación en condiciones de cámara húmeda.

2.8.2.1. Preparación del material genético

El desarrollo del sistema de pre-aclimatación de *S. megalanthus* producidas *in vitro* fue un proceso realizado de manera cuidadosa y gradual. Primero se retiró el sello de las magentas

ya seleccionadas, luego se retiró la tapa de las mismas manteniéndolos así durante 3 días, dicha actividad antes mencionada se realizó en el mismo ambiente de propagación *in vitro* (temperatura de 24°C, 2000 lux y un fotoperiodo de 16 luz/ ocho oscuridad), posteriormente se extrajeron las plantas de las magentas, se lavaron y se enjuagaron tres veces con agua destilada para retirar los restos de agar y de los medios de cultivo, dicha actividad se realizó de manera cuidadosa con la finalidad de no dañar el sistema radicular.

Así mismo, se clasificaron las plántulas de acuerdo a la dimensión de altura, las plantas de mayor tamaño (4 a 5 cm) con la hoja del bisturí desinfectado fueron cortadas en tres segmentos (apical, central y basal) (Ruiz, 2009). Sin embargo las plantas de menor tamaño (1.5 a 2.5) fueron utilizadas como plantas enteras (Figura 03). Posteriormente fueron sumergidas en una fitohormona vegetal de ácido indolbutírico (AIB).

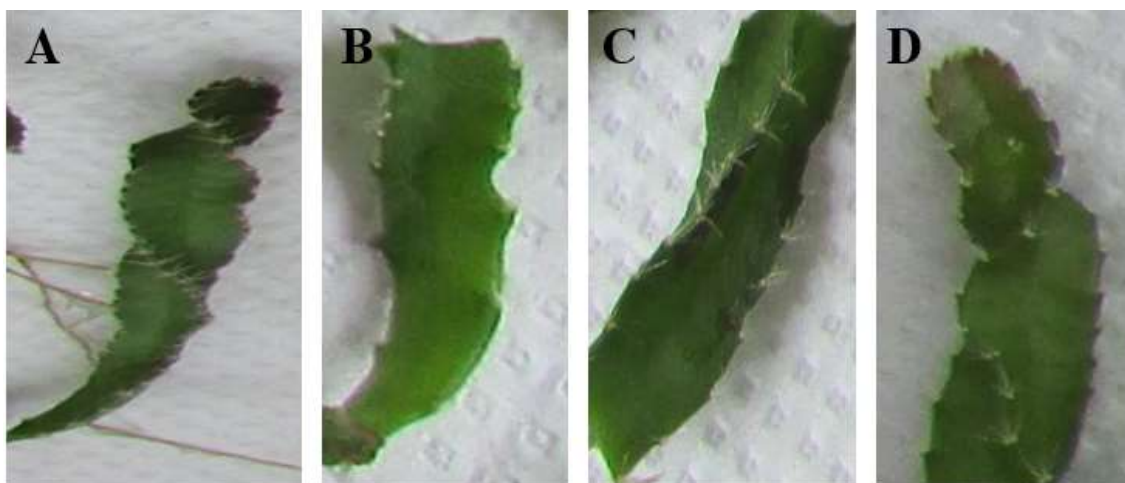


Figura 3. Secciones de cladodio utilizados en la pre-aclimatación. A) planta entera. B) sección basal. C) sección central. D) sección apical.

2.8.2.2. Preparación de ácido indolbutírico (AIB).

Las plántulas fueron sumergidas en una solución de ácido indolbutírico (AIB). Considerado sin duda la mejor fitohormona vegetal que estimula el enraizamiento de diversas especies de plantas (Veliz, 2017), el mismo que fue obtenido del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDE-CES), y preparado en el Laboratorio de “Fisiología y biotecnología vegetal” (FISIOVEG). Se utilizó una dosis de 3000mg/l. El cual fue preparado de la siguiente manera: se pesó 0.03 gr de ácido indolbutírico y se diluyó en

un recipiente con 100ml de etanol (alcohol 96%), generando una mezcla homogénea. En lo cual cada uno de los explantes de *S. megalanthus* producido *in vitro*, fueron sumergidos por un tiempo de 2 minutos, las mismas que fueron oreadas por un tiempo de 3 minutos. Posteriormente fueron establecidas en la cámara húmeda.

2.8.2.3. Establecimiento en la cámara húmeda.

Todos los explantes fueron establecidos en una cámara húmeda con el propósito de preservar una alta humedad relativa y evitar la pronta desecación de las plántulas (Delgado *et al.*, 2010). Lo cual fue construida en base a tres bandejas de plástico transparente de 3kg de capacidad, con agujeros pequeños en la base de cada bandeja (drenaje), que contenían pequeñas piedritas de río (para mejorar el drenaje) y una mezcla de sustrato preparado a base de tierra de bosque y perlita (2:1), el mismo que fue esterilizado en una autoclave a 121 °C durante 1:20 horas, y mojado a capacidad de campo.

Posteriormente los explantes fueron introducidos en el sustrato de manera rápida y cuidadosa. Los explantes se cubrieron con bandejas de plástico transparente de la misma medida de la bandeja base, lo cual cumple la función de domo transparente que permite que se genere un ambiente de alta humedad relativa. La unión de la bandeja base y el domo se cubrió con una cinta de embalaje para favorecer el proceso de pre-aclimatación (figura 04).

Los explantes se establecieron sobre las siguientes limitaciones; temperatura 21°C, humedad relativa 75% y un fotoperiodo de 14 luz / 10 oscuridad. El riego se suministró cada cuatro días o bien cada vez que lo requería el sustrato. El proceso de quitar el domo fue de manera gradual; a un par de semanas de haber empezado el proceso de pre-aclimatación se realizaron pequeños agujeros sobre el domo con la finalidad de permitir el intercambio de gases, a cuatro semanas se quitaron la cinta de embalaje que unía la bandeja base y el domo y a cinco semanas se quitó el domo hasta dejar la planta completamente expuesta al ambiente natural por dos semanas más. Las plantas permanecieron en este proceso por un periodo de siete semanas (figura 05). Posteriormente las plantas fueron trasladadas a condiciones de invernadero para iniciar el proceso de aclimatación.



Figura 4. Establecimiento de las plántulas en la cámara húmeda en el proceso de pre-aclimatación.

2.8.3. Tercera fase: Aclimatación en condiciones de invernadero.

Las plántulas fueron trasladadas al invernadero que se encuentra ubicado en el área de la UNTRM, con una temperatura de 20 °C, humedad relativa 82% y bajo la protección interior de una malla al 70 % de sombra (figura 06). Las plántulas fueron trasladadas al invernadero para seguir con el proceso de aclimatación, lo cual se realizó de manera cuidadosa debido a que las plántulas producidas in vitro son muy sensibles a los cambios ambientales (Vásquez, 2005). Las plántulas se colocaron de forma individual en embaces de polietileno color negro que incluía diferentes mezclas de sustrato para continuar con su crecimiento y desarrollo. Lo cual se realizó de la siguiente manera;



Figura 5. Invernadero para el proceso de aclimatación de plantas obtenidas in vitro de *S. megalanthus*.

2.8.3.1. Construcción de las camas en el interior del invernadero.

Se construyeron 6 camas de 1.20m de ancho por 1.50m de largo y una altura de 15 centímetros cada una, para lo cual se utilizaron estacas y cintas de madera, dentro del cual se ubicó los envases de polietileno color negro que incluían diferentes mezclas de sustrato.

2.8.3.2. Preparación de las diferentes mezclas de sustrato.

Se utilizaron diferentes mezclas de sustrato, a los cuales se les atribuía de tener características específicas como; porosos, con buen drenaje, buenas aireación y de mantener la humedad (Trinidad, 2005). Además, fueron sustratos en los cuales *S. megalanthus* normalmente se desarrolla (Del Castillo, 2015).

En tal sentido, se acondiciono los sustratos orgánicos, distribuidos de la siguiente manera (figura 07);

- Tratamiento I : Compost 50% + arena 50%
- Tratamiento II : Compost 50% + tierra de bosque 50%
- Tratamiento III : Arena 50% + tierra de bosque 50%
- Tratamiento IV : Compost 100%
- Tratamiento V : Arena 100%
- Tratamiento VI : Tierra de bosque 100%

Los mismos que fueron esterilizados con agua hervida y reposados en una bandeja de madera cubierto con un plástico por un periodo de 24 horas, con la finalidad de eliminar patógenos presentes en los sustratos. Cinco días después fueron transferidos a las bolsas de polietileno color negro.



Figura 6. Mezclas de diferentes sustratos orgánicos: A) Compost + arena. B) Compost + tierra de bosque. C) Arena + tierra de bosque. D) Compost. E) Arena. F) Tierra de bosque.

2.8.3.3. Llenado de bolsas.

Los sustratos fueron transferidos a bolsas de polietileno color negro de medidas 7*4*2 pulgadas. El número de bolsas fue igual para cada uno de los tratamientos. Luego, con una regadera, se regó de manera uniforme a todas las bolsas que contenían las diferentes mezclas de sustratos, hasta lograr que los sustratos estén a una capacidad de campo.

Posteriormente, los embolsados se distribuyeron en las camas de acuerdo a su respectivo tratamiento. Y posteriormente se realizó en trasplante.

2.8.3.4. Trasplante.

El trasplante se realizó de las bandejas de pre-aclimatación hacia los embaces de polietileno con medidas de 7*4*2 pulgadas, las mismas que contenidas los diferentes sustratos orgánicos (Compost 50% + arena 50%, Compost 50% + tierra de bosque 50%, Arena 50% + tierra de bosque 50%, Compost 100%, Arena 100% y Tierra de bosque 100%), en lo cual las plantas continuaron con el proceso de aclimatación de manera individual. En el trasplante se distribuyó de manera equitativa entre plantas enteras y esquejes para cada uno de los tratamientos en estudio (diferentes sustratos orgánicos).

El riego de las plantas se realizó cada dos días durante los primeros quince días, luego éste estuvo sujeto al comportamiento de las plantas en los diferentes sustratos; realizándose cada cinco días, para evitar la pudrición de las mismas por exceso de humedad en los sustratos.

Se realizó aplicaciones de fertilizantes como; regulador de crecimiento de plantas Root-Hor en una dosis de 10ml/2L a los 15 días de iniciada la aclimatación y fertilizante granulado de Fosfato di amónico en una fórmula de abono (18-46-0) en una dosis de 2gr/planta cada treinta días por un periodo de tres meses. Complementario a ello, semanalmente se realizaron aplicaciones de fungicida agrícola a base del ingrediente activo Tolclofos methyl (Rhizolex-T), en una dosis de 2.3gr/2L, con la finalidad de prevenir la presencia de patógenos. Además se realizaron aplicaciones de plaguicidas agrícolas a base del ingrediente activo Metaldehyde (Molusquicida), en lo cual el cebo en trozos se aplicó alrededor de la planta.

Posteriormente se reportó los datos cada 8 días, de todas las variables estudiadas; porcentaje de sobrevivencia, numero de brotes, altura de planta, número y longitud de raíces, por un período de 14 semanas.

2.9. Variables evaluadas

2.9.1. Porcentaje de sobrevivencia.

La evaluación del variable porcentaje de sobrevivencia (%) se realizó a través de la observación visual de cada tratamiento, tomando como día uno, el día en que los explantes fueron trasplantados en los diferentes sustratos, esta evaluación se realizó a los 90 días después del trasplante en condiciones de invernadero. Para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de sobrevivencia (\%)} = \frac{\text{Número de plantas sobrevivientes} \times 100}{\text{Número inicial de plantas}}$$

2.9.2. Número de brotes.

La evaluación del número de brotes se realizó a través de la observación visual de cada tratamiento, en lo cual se realizó el conteo de los brotes emergentes de cada planta, las evaluaciones se realizaron cada 8 días en un periodo de 90 días.

2.9.3. Altura de planta.

La evaluación de la variable altura de planta se realizó con la medida (cm) de cada planta, en cada uno de los tratamientos estudiados. Las mediciones se realizaron entre el cuello de la planta y la cima de la planta, utilizando como instrumento una regla pequeña, Las evaluaciones se realizaron cada 8 días en un periodo de 90 días.

2.9.4. Longitud de raíces.

La evaluación de la variable longitud de raíces se realizó utilizando como instrumento una regla escolar para medir la longitud de cada raíz en cada tratamiento y se registró en cm. Las mediciones se realizaron desde la base del cuello radicular hasta la cofia. La Mocionada evaluación se realizó a los 90 días después del trasplante como una única medición final al terminar la evaluación.

2.9.5. Peso de raíces.

La evaluación del variable peso de raíces se realizó utilizando como instrumento una balanza analítica para pesar a cada raíz de cada tratamiento y se registró en gr.

Las evaluaciones se realizaron a los 90 días, utilizando las mismas plantas que utilizaron para medir la longitud de raíz.

III. RESULTADOS

Parámetros de evaluación

3.1 Porcentaje de sobrevivencia.

En relación al porcentaje de sobrevivencia (%), en la tabla 03 se observan los productos del análisis de varianza, los cuales indican que no hay significación estadística en los seis tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = 0.1970) es mayor al 0.05, lo cual indica que el porcentaje de sobrevivencia obtenido en cada tratamiento, no se diferenciaron una de otras.

Tabla 3. Cuadro de Análisis de la Varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
TRATAMIENTO	5	2299.32	459.86	1.75	0.1970*
Error	12	3146.30	262.19		
Total	17	5445.62			

CV= 18.41 %

En la Figura N° 07, se muestra el porcentaje de sobrevivencia y la prueba de Duncan de $P < 0.05$ donde se muestra el porcentaje de sobrevivencia obtenido con cada tratamiento. En lo cual se observa tres grupos estadísticos diferentes (A, AB y B), y los mayores resultados se encontraron en los tratamientos T6 (Tierra de bosque 100%) y T2 (Compost 50% + tierra de bosque 50%), cuyos resultados fueron de 100 % y 100 % respectivamente. El resultado menor en porcentaje de sobrevivencia fue el T5 (Arena 100%) con un 66.67 % de porcentaje de sobrevivencia. promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) por lo que se rechaza la hipótesis alternativa, ya que todos los tratamientos no tienen efecto directo.

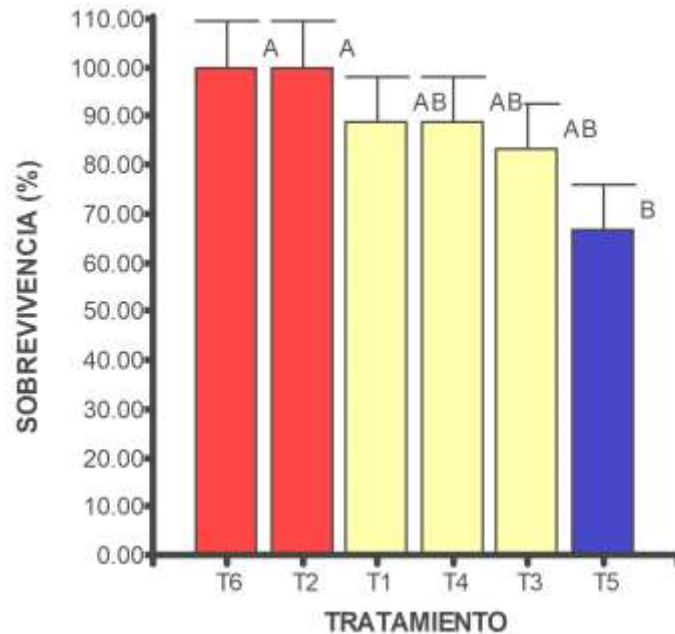


Figura 7. Porcentaje de supervivencia de cada tratamiento.

3.2. Número de brotes.

En relación al 7 de brotes, en la tabla 04, se observan los resultados del análisis de varianza, donde podemos observar que si hay significancia estadísticamente en los seis tratamientos, dado que el valor de significación (p -valor = 0.0144) es menor al 0.05.

Tabla 04. Cuadro de Análisis de la Varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
TRATAMIENTO	5	383.78	76.76	4.57	0.0144*
Error	12	201.33	16.78		
Total	17	585.11			

CV= 52.66

En la figura 8, se muestra el número de brotes y la prueba de Duncan $P < 0.05$ donde se muestra el número de brotes obtenido con cada tratamiento. En lo cual se observa cuatro grupos estadísticos diferentes (A, AB, BC y C). Además se observan que los mayores resultados fueron el T2 (Compost 50% + tierra de bosque 50%) con 15.33 brotes y T6 (Tierra

de bosque 100%) con 12.67 brotes. Y el menor número de brotes se obtuvo en el T5 (Arena 100%) con 2.67 brotes. Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Por lo que se acepta la hipótesis alternativa, ya que al menos uno de los tratamientos tiene efecto directo.

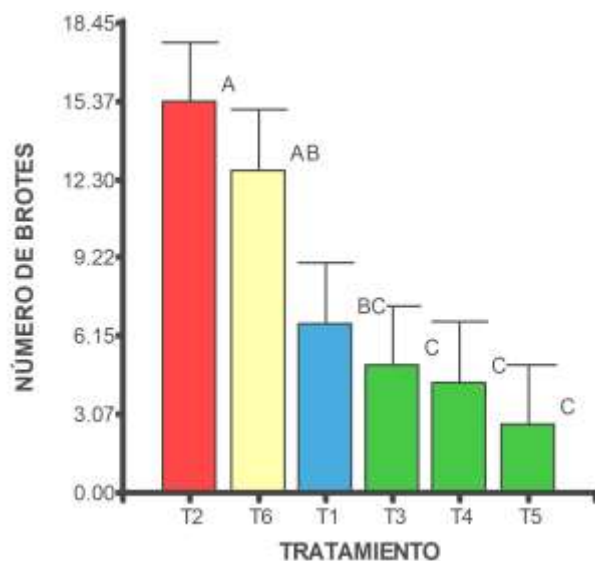


Figura 8. Número de brotes de cada tratamiento

3.3. Altura de planta (cm).

En cuanto a la altura de planta, en la tabla 05, se verifica los resultados del análisis de varianza, donde podemos observar que si hay significancia estadísticamente en los seis tratamientos, dado que el valor de significación (p -valor = 0.0003) es menor al 0.05.

Tabla 5. Cuadro de Análisis de la Varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
TRATAMIENTO	5	142.40	28.48	11.85	0.0003*
Error	12	28.83	2.40		
Total	17	171.24			

CV= 28.65 %

En la figura 9, se demuestra la altura de planta y la prueba de Duncan $P < 0.05$ donde se muestra la altura de planta obtenido en cada tratamiento, En lo cual se observa cinco grupos estadísticos diferentes (A, AB, BC, CD y D). Además se observa que los mayores resultados fueron el T2 (Compost 50% + tierra de bosque 50%) con 9.90 cm y T6 (Tierra de bosque 100%) con 8.17 cm. Sin embargo el resultado menor de altura de planta se obtuvo en el T3 (Arena 50% + tierra de bosque 50%) con 2.47 cm. Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Por lo que se acepta la hipótesis alternativa, ya que al menos uno de los tratamientos tiene efecto directo.

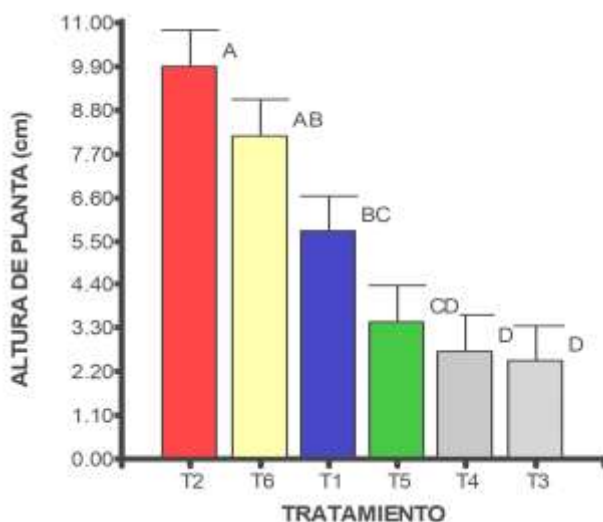


Figura 9. Altura de planta de cada tratamiento

3.4. Longitud de raíz (cm).

En relación a la longitud de raíz (cm), se observa los resultados del análisis de varianza en la tabla 6, donde podemos observar que si hay significancia estadísticamente en los seis tratamientos, dado que el valor de significación (p -valor = 0.0139) es menor al 0.05.

Tabla 6. Cuadro de Análisis de la Varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
TRATAMIENTO	5	3.00	0.60	4.62	0.0139*
Error	12	1.56	0.13		
Total	17	4.56			

CV= **20.54 %**

En la figura 10, se muestra la longitud de la raíz y la prueba de Duncan $P < 0.05$ donde se muestra la longitud de raíz obtenido en cada tratamiento, En lo cual se observa cuatro grupos estadísticos diferentes (A, AB, BC y C). Además se observa que el mejor resultado fue el T6 (Tierra de bosque 100%) con 2.50 cm. Y el resultado menor de longitud de raíz se obtuvo en el T1 (Compost 50% + arena 50%) con 1.17 cm. Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Por lo que se acepta la hipótesis alternativa, ya que al menos uno de los tratamientos tiene efecto directo.

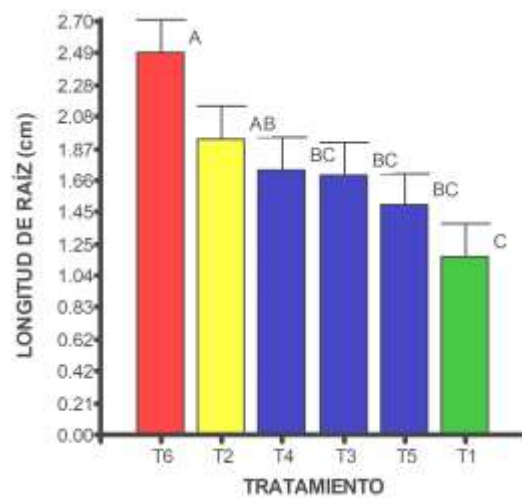


Figura 10. Longitud de raíz de cada tratamiento

3.5. Peso de raíz (gr).

En relación al peso de la raíz (gr), se observa los productos del análisis de varianza en la tabla 7, donde podemos observar que si hay significancia estadísticamente en los seis tratamientos, dado que el valor de significación (p -valor = 0.0002) es menor al 0.05.

Tabla 7. Cuadro de Análisis de la Varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
TRATAMIENTO	5	0.69	0.14	13.06	0.0002*
Error	12	0.13	0.01		
Total	17	0.82			

CV= 24.02 %

En la figura 11, se muestra el peso de la raíz y la prueba de Duncan $P < 0.05$ donde se muestra el peso de la raíz obtenido en cada tratamiento, En lo cual se observa cuatro grupos estadísticos diferentes (A, B, BC y C). Además se observa que los mejores resultados fueron el T2 (Compost 50% + tierra de bosque 50%) con 0.70 gr y T6 (Tierra de bosque 100%) con 0.67 gr. Y el resultado menor de peso de la raíz se obtuvo en el T4 (Compost 100%) con 0.20 gr. Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Por lo que se acepta la hipótesis alternativa, ya que al menos uno de los tratamientos tiene efecto directo.

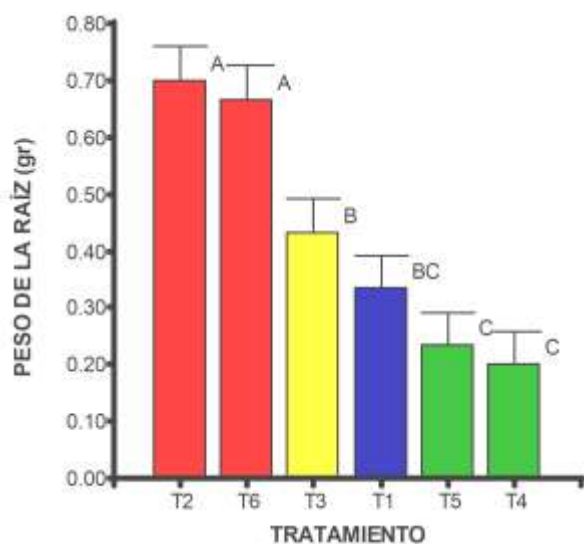


Figura 11. Peso de raíz de cada tratamiento

IV. DISCUSIÓN

Al evaluar el efecto de distintos sustratos orgánicos en la aclimatación de plantulas obtenidas *in vitro* de pitahaya amarilla (*S. megalanthus*), en condiciones de invernadero, se obtuvo que, para porcentaje de sobrevivencia no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo para N° de brotes, altura de planta, longitud de raíz (cm) y peso de raíz (gr) si existen diferencias estadísticas significativas.

Las tres primeras variables se evaluaron cada ocho días en un periodo de doce semanas y las dos últimas variables se evaluaron en la semana doce.

Evaluando el porcentaje de sobrevivencia, se determinó que no hay diferencias significativas en los tratamientos evaluados. Sin embargo, si existen diferencias numéricas. El éxito de la sobrevivencia en la aclimatación de plantas obtenidas *in vitro* en condiciones de invernadero está vinculado al sustrato empleado (Vásquez, 2005). El mismo que fue observado en el tratamientos con mayores resultados T6 (Tierra de bosque 100%) y T2 (Compost 50% + tierra de bosque 50%), cuyos resultados fueron de 100 % y 100 % respectivamente (Tabla 03, Figura 07). debido a que las plantas de pitahaya amarilla (*S. megalanthus*) producidas *in vitro* tienen raíces muy finas y sensibles, requieren de un sustrato bien aireado, drenado, liviano, con fibras finas, con amplitud en la retención de agua y que sea suculento en materia orgánica para su mejor acondicionamiento, crecimiento y desarrollo de las mismas (Gil *et al.*, 2017). Así mismo (Catillo, 2004) recomienda utilizar sustratos livianos con fibras finas como la Turba que cuentan con características específicas para obtener buenos resultados por encima del 90% de sobrevivencia en el proceso de aclimatación. Sin embargo (Trinidad *et al.*, 2005) recomienda no utilizar sustratos livianos como la turba en la aclimatación de plantas de pitahaya (*Selenicereus spp*) debido a que son sustratos que tienen alta capacidad en la retención de agua, y las plantas de pitahaya (*Selenicereus spp*) son susceptibles a la alta humedad lo que genera muerte de las plántulas hasta un 40%. Ante ello (Veliz, 2017), menciona que los sustratos livianos, esponjosos deben ser añadidos de una cierta cantidad de otros sustratos pesados como; humus, compost, lombrihumus o peat most, con la finalidad de obtener una mezcla ideal para la aclimatación de plantas producidas *in vitro* y obtener hasta un 100% de sobrevivencia.

En cuanto al resultado menor en porcentaje de sobrevivencia fue el T5 (Arena 100%) con un 66.67 %. Debido a que la arena como sustrato no atribuye ningún tipo de nutriente, no mantiene capacidad mitigadora, y además tiene una mínima conservación de agua, que favorece la pronta deshidratación y muerte de las plántulas producidas *in vitro* (Ortega *et al.*, 2010). Por ello, (Rodríguez, 2019) recomienda mezclar el sustrato arena con otros compuestos orgánicos a cierta proporción.

Con respecto al variable número de brotes, sí existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados. Donde se observan que los mayores resultados fueron el T2 (Compost 50% + tierra de bosque 50%) con 15.33 brotes y T6 (Tierra de bosque 100%) con 12.67 brotes (Tabla 05, Figura 08). La aparición de nuevos brotes en plantas de pitahaya producidas *in vitro* durante el proceso de aclimatación, se ve influenciado altamente por el tipo de sustrato utilizado en dicho proceso (Del Castillo, 2015), lo cual fue observado en esta investigación. La aparición de nuevos brotes en plantas producidas *in vitro* en proceso de aclimatación, es un indicador que la planta ya está aclimatada en condiciones de pasar a campo definitivo de siembra (Trinidad, 2005). Para obtener resultados eficientes en la aparición de brotes, es importante utilizar sustratos sueltos y con alta capacidad de retención de agua (Montesinos *et al.*, 2015), los sustratos sueltos y con capacidad de mantener la humedad, permiten un rápido crecimiento de la masa radicular, mediante el cual la planta suministrará los macro y micronutrientes disponibles para la planta, como efecto favoreciendo la producción de brotes competentes (Andrade *et al.*, 2006). Sin embargo (Vásquez, 2005) advierte que utilizar sustratos livianos para este tipo de investigaciones es ineficientes, debido a que contienen macronutrientes en cantidades mínimas, desfavorables a las necesidades de las plantas, para lo cual recomienda realizar una fertilización o realizar mezclas con ciertas cantidades de compost, para obtener un sustrato eficiente para investigaciones de esta índole. Investigaciones que tuvieron como objetivo evaluar el N° de brotes en la aclimatación de plantas obtenidas *in vitro*, utilizando sustratos con alta capacidad de retención de agua (compost + turba, fibra de coco y pajilla de arroz), llegaron a la conclusión que el desarrollo radicular es pronto y ante la presencia de macro- y micronutrientes, propicia la producción de brotes, incrementando la capacidad de carbohidratos y proteínas solubles totales, lo cual aportara a la planta a tener mejores atributos morfológicos (Gil *et al.*, 2017).

El resultado menor en número de brotes fue el T5 (Arena 100%) con 2.67 brotes. Esto se debe a tres factores principales; Primero: la arena como sustrato no tiene la capacidad de retener la humedad, provocando una pronta deshidratación y muerte de plantas. Segundo: no aporta ningún tipo de nutriente requerido por la planta para la emisión de brotes. Tercero: no tiene capacidad amortiguadora, en lo que genera una reducida masa radicular o en otros casos genera necrosis del sistema radicular. Los factores antes mencionados resultan ser una limitante en la obtención de plántulas con brotes (Vásquez, 2005). Además (Ruíz, 2009) sustenta que las plantas con reducida masa radicular no suministran las sustancias nutricionales correctamente, de esta manera afecta la evolución fisiológica de la fotosíntesis y respiración, pues esto lograría provocar la muerte de plantas obtenidas *in vitro* en el proceso de aclimatación.

En lo que respecta a la variable altura de planta, sí existen diferencias estadísticas significativas en los métodos evaluados. Donde se registra que el mayor resultado fue T2 (Compost 50% + tierra de bosque 50%) con 9.90 cm de altura de planta, (Tabla 06, Figura 09) La altura de las plántulas sobre la actividad del desarrollo de plantas obtenidas *in vitro* en proceso de aclimatación, están relacionadas al tipo de sustrato empleado. Dado que las raíces crecen entre las partículas del sustrato generando anclaje y una base firme para el soporte de la planta en posición erguida (Sandó *et al.*, 2006). Para obtener un buen soporte de la planta, es importante utilizar sustratos con capacidad de retener humedad, porosos, sueltos, oxigenados y ricos en materia orgánica. Lo cual fue observado en la mezcla de compost + tierra de bosque, dado a que este tipo de mezcla posee nutrientes idóneos, involucrados en el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Además (Ortega *et al.*, 2010) menciona que utilizar compost + turba como sustrato es favorable para incrementar la altura de las plantas, puesto que tiene la capacidad de accionar los procesos microbiológicos, mejorando constantemente su estructura, capacidad de retener de agua y aireación, por otro lado, retarda la fijación de ácidos fosfóricos minerales, el mismo que conlleva que el fósforo sea asimilado de manera rápida. Así mismo (Trinidad *et al.*, 2005), registro mayores incrementos de altura de plantas cactáceas obtenidas *in vitro* en proceso de aclimatación, utilizando como sustrato turba + agrolita y turba + suelo orgánico, lo cual fundamenta que son sustratos con espaciosidad en la retención de nutrientes y agua, reflejada en el incremento de plantas. Y (Vásquez, 2005), obtuvo los mejores resultados en altura de plantas de

Epidendrum schomburgkii obtenidas in vitro en proceso de aclimatación, utilizado como sustrato fibra de coco, lo cual insito a mencionar que el sustrato utilizado tiene características propias como retener la humedad y proveer buena ventilación a las raíces, en lo que favorece el incremento de altura de plantas.

Y los resultados menores en altura de planta fueron T4 (compost 100%) con 2.73 cm y T3 (Arena 50% + Tierra de bosque 50%) con 2.47 cm. Por el hecho de que plantas provenientes in vitro tienen raíces muy finas, necesitan sustratos sueltos, finos y livianos para poder desarrollarse con facilidad. Sin embargo el compost sin ninguna mezcla, es considerado un sustrato pesado, poco suelto, obstruyente del crecimiento radicular, reflejado en el pobre incremento de altura de plantas (Sandó *et al.*, 2006). Sin embargo el compost en mezcla con otro sustrato liviano (agrolita o turba), es considerado un sustrato ideal para este tipo de investigaciones (Ortega *et al.*, 2010). Para el resultado menor T3 (Arena 50% + Tierra de bosque 50%) con 2.47 cm, este resultado insita mencionar, que para investigaciones de aclimatación de plantas obtenidas in vitro no es recomendable utilizar arena fina sola o mezcla, dado que la arena fina no tiene la capacidad de retener humedad y a altas temperaturas genera compactación de las mismas, teniendo como efecto un reducido desarrollo radicular, reflejado en el mínimo incremento de altura de planta (Vásquez, 2005). Así mismo (Trinidad *et al.*, 2005) registro el mínimo incremento de altura de plantas cactáceas obtenidas in vitro en proceso de aclimatación, utilizando como sustrato arena fina + humus y arena fina + gravilla, lo cual menciona que tener un sustrato con arena fina, provoca una pronta pérdida de agua y nutrientes, generando compactación de las mismas, en lo que afecta la conformación de las plantas reflejada en su pobre incremento de altura.

Con respecto a la variable longitud de raíz (cm), sí existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados. Donde se observa que el mayor resultado fue el T6 (Tierra de bosque 100%) con 2.50 cm de longitud de raíz, (Tabla 07, Figura 10). El incremento de las raíces se basa fundamentalmente en factores relacionados al sustrato empleado; como la oxigenación y las alteraciones en la humedad. Lo cual fue observado en esta investigación utilizando tierra de bosque. El crecimiento del sistema radicular es una causa esencial en el desarrollo de las plantas; manifestándose en el crecimiento de las aureolas que es un organismo peculiar de las cactáceas (Rodríguez, 2019).

A nivel productivo es una variable indispensable, además es parte de uno de los elementos más importantes que constituyen en el rendimiento de la pitahaya (Gonzales *et al.*, 2010). Utilizar sustratos sueltos, livianos como las turbas, genera la presencia de porciones estandarizadas de oxígeno en el suelo para proporcionar el intercambio gaseoso de las raíces, lo cual es un factor tan importante para el crecimiento de las raíces de manera rápida (Corres, 2006). Así mismo (Montoya *et al.*, 2013) menciona que el pronto desarrollo del sistema radicular está ligado a dos factores indispensables; un sustrato poroso lo cual proporciona un medio idóneo para el desenvolvimiento de las raíces, al mismo tiempo funciona como soporte de las plantas y una adecuada humedad del suelo para ser aportada a la planta, para lo cual recomienda realizar constantes riegos livianos. Sin embargo (Ortega *et al.*, 2010) menciona que para tener resultados eficientes del crecimiento radicular, a pesar de emplear un buen sustrato, se debe tener en cuenta otros factores como la temperatura, humedad y sombra lo cual son muy influyentes en el crecimiento de la biomasa y el posterior crecimiento morfológico de la planta.

Para el resultado menor en longitud de raíces fue el T1 (Compost 50% + Arena 50%) con 1.17 cm de longitud de raíz. Esto se debe a que la arena como sustrato no tiene la capacidad de retener la humedad, provocando una pronta deshidratación (Sotolongo, 2000). Además la utilización de arena fina ante la falta de humedad siempre tiende a compactarse, a pesar de estar asociado a otro tipo de sustrato, siempre va a compactarse, ello se basa a que la tasa de respiración de la biomasa baja de manera exagerada cuando el oxígeno es escaso en la actividad radicular, ocasionando necrosis del sistema radicular en lo que limita el crecimiento de las raíces (Vásquez, 2005).

En el variable peso de raíz (gr), sí existe significancia estadística en los métodos evaluados. Donde se observa que los mejores resultados fueron el T2 (Compost 50% + Tierra de bosque 50%) con 0.70 gr y T6 (Tierra de bosque 100%) con 0.67 gr. (Tabla 08, Figura 11). Si se dispone de una buena biomasa del sistema radicular, estas cumplirán funciones eficientes como la fijación y puntal mecánico del crecimiento aéreo y además de succionar nutrientes y agua. Las mismas que enviarán indicios de carácter hormonal que engrandecerán el desarrollo foliar de cladodios y frutos (Corres, 2006). El mayor peso de raíz en esta investigación se obtuvo utilizando como sustrato tierra de bosque y compost. Una de las

probables justificaciones que podemos mencionar a la conducta obtenida los podemos ubicar en (Bonadeo *et al.*, 2017) quien sugiere que la aireación y la humedad en el sustrato son los factores esenciales en el aumento de la masa radicular, resultados que están relacionados al sustrato empleado. Así mismo (Montoya *et al.*, 2013) difiere que para el incremento de la masa radicular infieren muchos factores como; la aireación, humedad y resistencia mecánica del sustrato, añadido a ello es la temperatura y control fitosanitario preventivo.

Los resultado menores en peso de raíz se obtuvieron en el T4 (Compost 100%) con 0.20 gr y T5 (Arena 100%) con 0.23 gr. Los resultados obtenidos se deben a que las plantas provenientes in vitro tienen raíces muy finas, para lo cual necesitan sustratos livianos para poder desarrollarse con facilidad, sim embargo el compost es considerado un sustrato pesado lo que obstruye la expansión de la masa radicular (Sandó *et al.*, 2006). Y la arena fina en respuesta a su pronta deshidratación tiende a compactarse generando una limitante en la expansión de la masa radicular. Ambos sustratos deben ser mezclados con sustratos que contengan propiedades ideales para este tipo de investigaciones (Ortega *et al.*, 2010).

V. CONCLUSIONES

Mediante los resultados que se ha obtenido en la investigación, nos atrevemos a mencionar lo siguiente siguiente:

La aclimatación de plantas obtenidas in vitro de pitahayas amarilla (*S. megalanthus*) en condiciones de invernadero, se logró empleando seis sustratos diferentes según tratamiento (T1, T2, T3, T4, T5 y T6). En las condiciones de estudio, la variable porcentaje de sobrevivencia (%) no obtuvo efecto significativo, sin embargo las variables; N° de brotes, altura de planta (cm), longitud (cm) y peso de raíz (gr) si obtuvieron un efecto significativo en los tratamientos de esta investigación.

El porcentaje de sobrevivencia no obtuvo un efecto significativo para los tratamientos estudiados en las condiciones del presente estudio, la utilización de diferentes sustratos no influyó estadísticamente en el porcentaje de sobrevivencia obtenida en cada tratamiento.

Del estudio comparativo de 6 sustratos orgánicos, se ha determinado que los mejores resultados para altura de planta y número de brotes durante el proceso de aclimatación corresponde al T2 (Compost 50% + Tierra de bosque 50%), seguido por la Tierra de bosque 100% (T6), ambas mezclas poseen características como; poroso, suelto, liviano, rico en materia orgánica y alta capacidad de retener la humedad, haciendo que la aclimatación de plantas obtenidas in vitro sea eficiente. Así mismo los sustratos que lograron resultados no favorables fueron el T3 (Arena 50% + Tierra de bosque 50%) y T5 (Arena 100%) debido a que la arena fina pura o en mezcla provoca una pronta pérdida de agua y a altas temperaturas genera compactación de las mismas.

A nivel radicular se ha determinado que los mejores resultados en longitud y peso de raíz, durante el proceso de aclimatación corresponde al T6 (Tierra de bosque 100%), seguido por el Compost 50% + Tierra de bosque 50% (T2), ambos sustratos característicos de poseer una buena aireación y mantener la humedad en el sustrato, lo cual son características esenciales en el aumento de tamaño y peso del sistema radicular. Sin embargo los sustratos que lograron resultados no favorables fueron el T1 (Compost 50% + arena 50%) Y T4 (Compost 100%) por el mismo hecho que son sustratos pesados y tienen poca aireación y a altas temperaturas tienden a compactarse.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, J. L.; Rengifo, E.; Ricalde, M. F.; Simá, J. L.; Cervera, J. C. y Soto, G. V. (2006). “Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un agrosistema de Yucatán, México”. *Agrociencia*. 40(6), 687–697, ISSN 1405-3195
- Bonadeo, E & Cantero, A. (2017). El funcionamiento del sistema suelo-planta. *Ciencias del Suelo*. 2(6): 100 – 115, ISBN 978-987-688-230-9
- Caamal Velázquez, J. H. (2014). Micropropagación de caña de azúcar (*Sacharum* spp.). *Agroproductividad*. 9 (7): 607-715.
- Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *Unidad de biotecnología - INIA*. (1): 1 - 8.
- Corres Antonio, D (2006). *Efecto del fertirriego en la propagación sexual y asexual de la pitahaya (hylocereus undatus) bajo cultivo sin suelo*”. (Tesis de maestría). Instituto politécnico nacional centro interdisciplinario de investigación y desarrollo integral regional unidad - Oaxaca
- Delgado, H., Vásquez, J., Mas, R. (2010). Aclimatación de plántulas de piñón (*Jatropha curcas* L.) propagadas in vitro. *Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA*, 3(2), 64-74.
- Del Castillo Santillana, M. (2015). *Inducción del enraizamiento de vitro plantas de Croton lechleri muell.arg. En condiciones in vitro y ex vitro*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Esquivel, P. (2004). Los frutos de las cactaceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana*, 15 (2): 215 - 219.
- Gil Rivero, A. E., López Medina, S. E., & Zavaleta, A. L. (2017). Aclimatación de plántulas in vitro de *Saintpaulia ionantha* H. Wendl. (Gesneriaceae) “violeta africana” a condiciones de invernadero. *Arnaldoa* , 24 (1): 343 - 350.

- Gonzales, G. J., Mendieta, M. E. (2010). *Efecto de diferentes dosis de compost en la época seca sobre el rendimiento y rentabilidad del nopal*. (Tesis para obtener el título profesional). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Hua, Qingzhu; Chen, Pengkun; Liu, Wanqing; Ma, Yuewen; Liang, Ruiwei; Wang, Lu; Wang, Zehuai; Hu, Guibing; Qin, Yonghua (2015). A protocol for rapid in vitro propagation of genetically diverse pitaya. *Plant Cell Tissue and Organ Cultures* , 120 (2): 741-745.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2020). Guía técnica del cultivo de la Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región de Amazonas. Recuperado de <http://www.inia.gob.pe>
- Iriondo Alegría, J. M. (2001). Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. *Producción y protección vegetal*, 16 (1): 5 - 24.
- Mállap Detquizán, G. (2020). *Evaluación de cuatro medios de cultivo con potencial para la multiplicación in vitro de la Pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus)*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - Amazonas, Chachapoyas, Perú.
- Montesinos Cruz, J., Rodríguez Larramendi, L., Ortíz Pérez, R., Fonseca Flores, M., Ruiz Herrera, M., & Guevara Hernández, F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco Mexicano. *cultivos tropicales*, 36 (1): 67 - 76.
- Montiel Frausto, L. B., Enríquez del Valle, J. R., & Cisneros, A. (2016). Propagación in vitro de *Hylocereus monacanthus*. *Biotecnología Vegetal*, 16 (2): 113 - 123.
- Montoya Miranda. R., Umanzor Ubeda. 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.)*. (Tesis para obtener el título profesional). Universidad nacional agraria, Managua, Nicaragua.

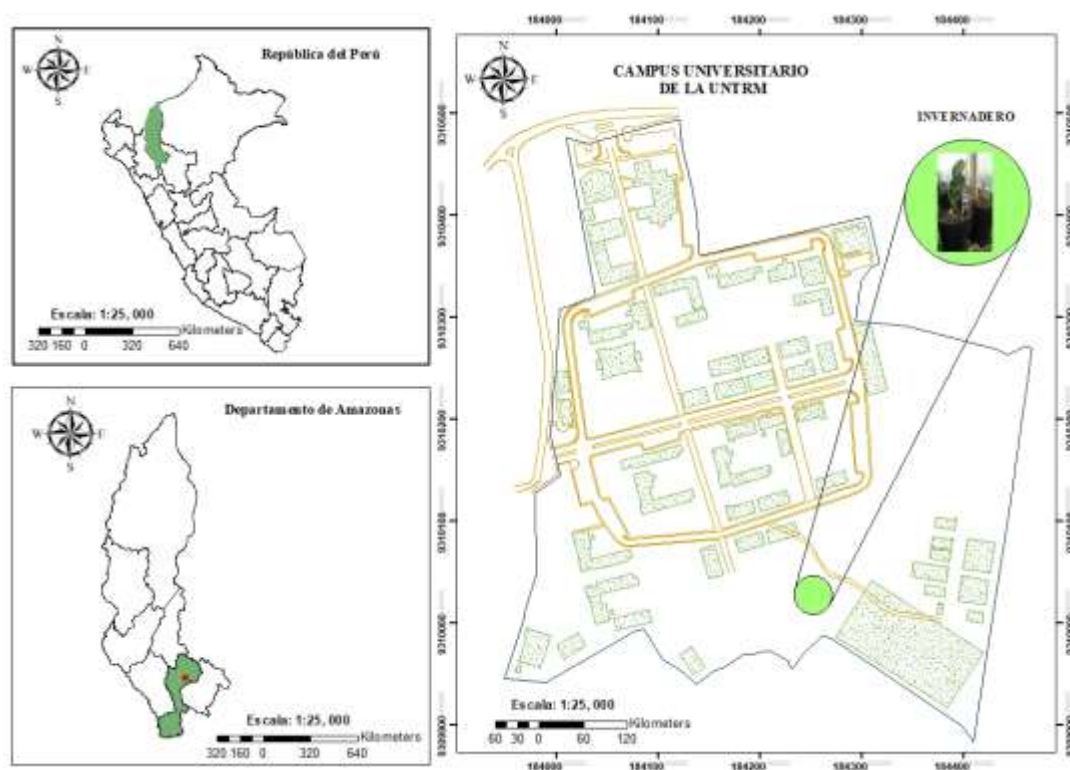
- Olivera Ortega, V., Gutiérrez Espinosa, M., Gutiérrez Espinosa, J., & Andrade Rodríguez, M. (2000). Cultivo in vitro de gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus) y su aclimatacion en invernadero. *Bioagro*, 12 (3): 75 - 80.
- Ortega Martínez, L. D., Sánchez Olarte, J., Díaz Ruiz, R & Ocampo Mendoza, J. (2010) “Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*lycopersicum esculentum* mill)”. *Ra Ximhai*. 6 (3), 365-372, ISSN: 1665-0441.
- Ramos, E. (2016). En tres años la pitahaya paso de costar s/ 70 a s/ 250 el ciento en chacra. Agencia agraria de noticias. Recuperado de: <file:///D:/archivos%20de%20tesina/agraria.html>
- Red Social de Agricultura y Agronegocios. (2005). El cultivo de pitahaya amarilla en el Peru. AgroForum. Recuperado de: <https://www.agroforum.pe/tags/pitahaya/>
- Rodríguez Portocarrero, K. (2019). *Efecto del ácido indolbutírico en la propagación vegetativa de la pitahaya amarilla (Selenicereus megalantus haw.) en diferentes sustratos bajo condiciones de vivero en Milpuc-Rodríguez de Mendoza* (tesis para obtener el título profesional). Universidad Nacional toribio Rodriguez de Mendoza - Amazonas, Chachapoyas - Peru.
- Rodríguez Rodríguez, D. A., Patiño Gutiérrez, M. d., Miranda Lasprilla, D., Fischer, G., & Galvis Vanegas, J. A. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en almacenamiento sobre el comportamiento en pos cosecha de la pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus*). . *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 58 (2): 2837-2857.
- Ruíz Obando, L. E. (2009). *Estudio de medios de cultivos, explantes, frascos y sustratos en cladodio de pitahaya (Hylocereus undatus Britton et Rose) cv. Chocoya de Nicaragua en fase de micropropagación*. (tesis de posgrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Ruiz S, (2009). *Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y tres pos de estacas en el enraizamiento de Sacha inchi (Plukenetia volubilis l.) en san Martín*. (Tesis para optar el título de ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de la Selva. Perú.

- Sanchez Herrera, J. (2017). *Efectos de la fertilizacion y aplicacion de fitohormonas de induccion floral en el rendimiento del cultivo de pitahaya (selenicereus megalantus)*. (tesis para obtener el titulo profesional). Universidad Nacional toribio Rodriguez de Mendoza - Amazonas, Chachapoyas - Peru.
- Sánchez Rodríguez, L. Á., Saavedra Hortúa, D., & Mauricio Romero, H. (2012). Aclimatación y endurecimiento de materiales de palma de aceite obtenidos mediante técnicas de cultivo de tejidos vegetales. *Palmas* , 33 (4): 41 - 52.
- Sandó, D. Soto, R. & Casanova, A. (2006). “*Contribución a la tecnología de cepellones para el cultivo protegido en plántulas de tomates (Lycopersicum esculentum Mill) en la provincia de Cienfuegos*”. (Tesis de Maestría). Universidad Agraria de La Habana.
- Sandoval, J. A., Brenes, G., & Perez Sanchez, L. (1991). Micropropagacion de Platano y Banano (Mussa AAB, AAA) en Catie. *Unidad de Biotecnologia de Catie*.(2): 1 - 20.
- Sotolongo Sospedra, R. (2000). *Micropropagación de Psidium salutare (HBK) Berg* (tesis de doctorado). Universidad de Pinar del Río, Pinar del Rio - Cuba.
- Suares Roman, R. S. (2011). *Evaluacion de metodods de propagacion en pitahaya amarilla Selenicereus megalanthus*. (tesis para obtener el titulo profesional). Universidad Nacional de Colombia, Palmira - Colombia.
- Torres Cordero, E. A. (2015). *Propagación asexual de pitahaya (hylocereus undatus) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito*. (tesis de pregrado). Universidad Tecnica estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador.
- Trinidad Garcia, R. (2005). *Multiplificación in vitro de Astrophytum myriostigma y Turbinicarpus knuthianus y Aclimatación de estas especies y T. lophophoroides*. (tesis para obtener el titulo profesional). Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Buenavista - México.
- Vasquez Pinedo, J. D. (2005). *Aclimatación de plántulas de (Epidendrum schomburgkii) (orchidaceae) propagadas in vitro*. (tesis para obtener el titulo profesional) Universidad Nacional de San Martin, Tarapoto - Peru.

Veliz Arana, C. R. (2017). *Hormonas ANA y AIB para la propagación asexual en esquejes de la pitahaya roja (hylocereos undatus)*. (tesis de posgrado). Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 1. Figuras de la ubicación del área de estudio.



ANEXO 2. Tablas de procesamiento estadístico.

Tabla 8. Coeficiente de variación para el porcentaje de sobrevivencia.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SOBREVIVENCIA (%)	18	0.42	0.18	18.41

Tabla 9. Test de Duncan para el porcentaje de sobrevivencia.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T6	100.00	3	9.35	A	
T2	100.00	3	9.35	A	
T1	88.90	3	9.35	A	B
T4	88.87	3	9.35	A	B
T3	83.33	3	9.35	A	B
T5	66.67	3	9.35		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 10. Coeficiente de variación para el número de brotes.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NÚMERO DE BROTES	18	0.66	0.51	52.66

Tabla 11. Test de Duncan para el número de brotes.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T2	15.33	3	2.36	A		
T6	12.67	3	2.36	A	B	
T1	6.67	3	2.36		B	C
T3	5.00	3	2.36			C
T4	4.33	3	2.36			C
T5	2.67	3	2.36			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 12. Coeficiente de variación para altura de planta (cm).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTA (cm)	18	0.83	0.76	28.65

Tabla 13. Test de Duncan para altura de planta (cm).

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T2	9.90	3	0.89	A		
T6	8.17	3	0.89	A	B	
T1	5.73	3	0.89		B	C
T5	3.47	3	0.89			C
T4	2.73	3	0.89			D
T3	2.47	3	0.89			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 14. Coeficiente de variación para longitud de raíz (cm).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONGITUD DE RAÍZ (cm)	18	0.66	0.52	20.54

Tabla 16. Test de Duncan para longitud de raíz (cm).

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T6	2.50	3	0.21	A		
T2	1.93	3	0.21	A	B	
T4	1.73	3	0.21		B	C
T3	1.70	3	0.21		B	C
T5	1.50	3	0.21		B	C
T1	1.17	3	0.21			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 16. Coeficiente de variación para el peso de la raíz (gr).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO DE LA RAÍZ (gr)	18	0.84	0.78	24.02

Tabla 17. Test de Duncan para longitud de raíz (gr)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T2	0.70	3	0.06	A		
T6	0.67	3	0.06	A		
T3	0.43	3	0.06		B	
T1	0.33	3	0.06		B	C
T5	0.23	3	0.06			C
T4	0.20	3	0.06			C

.Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXOS 3. Imágenes tomadas durante la ejecución del proyecto de investigación.

Imagen 1. Material genético evaluado (Pitahaya de la variedad amarilla, producida a través de la propagación *in vitro* en el Laboratorio de “Fisiología y biotecnología vegetal”).



Imagen 2. Selección del material vegetal (magentas que contenían plantas producidas *in vitro* con las mejores características agronómicas).



Imagen 3. Lavado y enjuagado de plántulas para eliminar los restos de Agar.



Imagen 4. Corte de la planta en tres segmentos (apical, central y basal).



Imagen 5. Clasificación de explantes; A: Planta entera, B: segmento basal, C: segmento central y D: segmento apical.

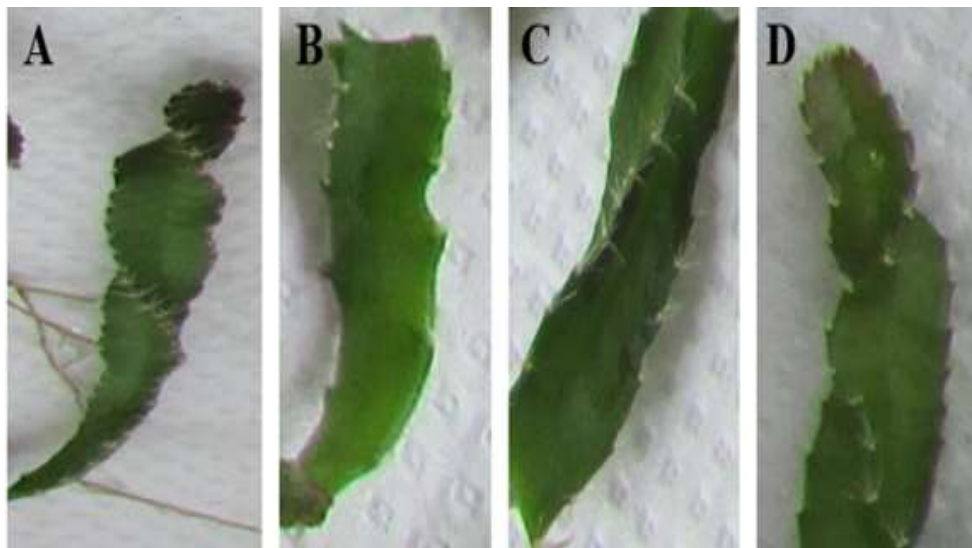


Imagen 5. Preparación de ácido indolbutírico.



Imagen 6. Introducción de los explantes en el ácido indolbutírico, durante 3 minutos.



Imagen 7. bandejas utilizadas para las cámaras húmedas en el proceso de pre-aclimatación



Imagen 8. Sustrato utilizado en la cámara húmeda en el proceso de pre-aclimatación (gravilla 50% + Tierra de bosque 50%).



Imagen 9. Trasplante de las plántulas a la cámara húmeda para iniciar el proceso de pre-aclimatación.



Imagen 10. Plántulas en el interior de la cámara húmeda, durante el proceso de pre-aclimatación.



Imagen 11. Plántulas después de siete semanas de pre-aclimatación, en condiciones de iniciar el proceso de aclimatación en condiciones de invernadero.



Imagen 12. Invernadero de climatografía.



Imagen 13. Mezcla de los diferentes sustratos (T1=A, T2=B, T3=C, T4=D, T5=E y T6=F)

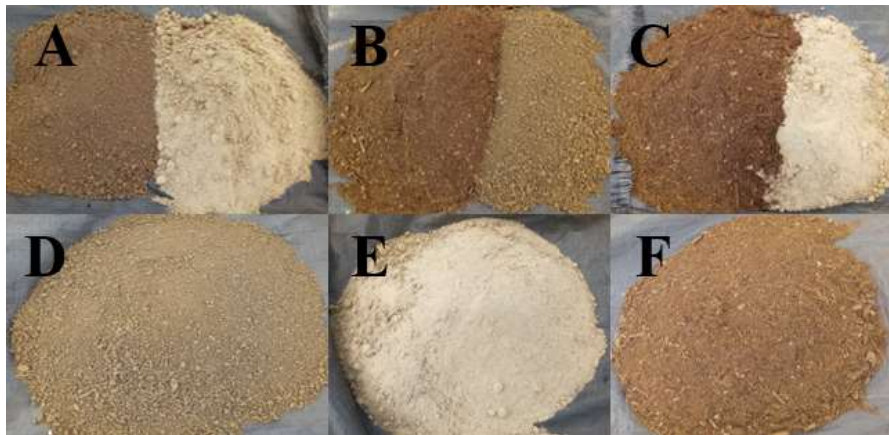


Imagen 14. Embolsado de las diferentes mezclas de sustratos



Imagen 15. Trasplante de las plántulas hacia las bolsas contenida de diferentes sustratos de manera individual en condiciones de invernadero



Imagen 16. Plántulas que obtuvieron el mayor número de brotes



Imagen 17. Plántulas que obtuvo la mayor altura de planta.



Imagen 18. Plantas que obtuvieron el mayor peso de raíz.



Imagen 19. Plantas que obtuvieron la mayor longitud de raíz.

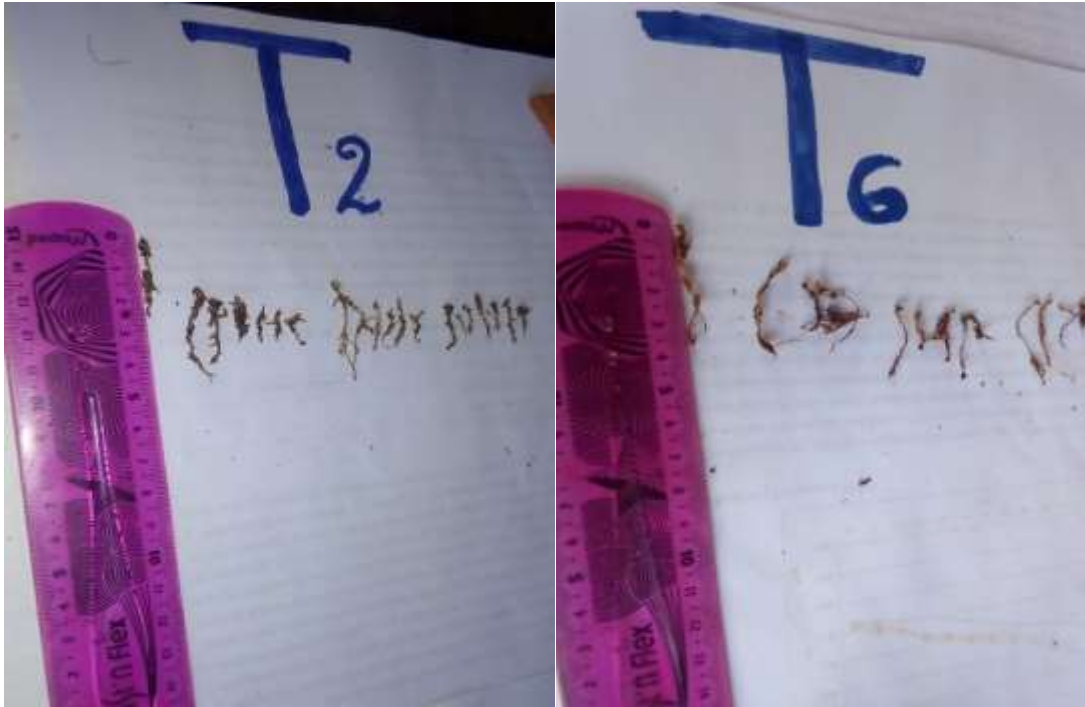


Imagen 20. Plantas al final de la evaluación

